

علم الأخشاب
ومنتجات الغابة
الجزء النظري



السنة : الرابعة
القسم: الحراج والبيئة
الاختصاص: الحراج والبيئة



منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة

علم الأخشاب ومنتجات الغابة

الجزء النظري

تأليف

الدكتور : محمود أحمد حميد

استاذ مساعد في قسم الحراج والبيئة

١٤٢٦ - ١٤٢٧ هـ
٢٠٠٦ - ٢٠٠٧ م

جامعة دمشق



الفهرس

٧مقدمة

الفصل الأول:

نمو الشجرة وإنتاج الخشب

١٣Tree growth and production of woody tissue

الفصل الثاني:

تمايز الخشب ، صفاته الظاهرية و التشريحية

Lignifications of wood, macroscopic microscopic character of
٢٧wood

الفصل الثالث:

بناء الأخشاب الطرية و القاسية

٢٧Structure of soft- and heartwood

الفصل الرابع:

سلوك الخشب العصاري و الخشب القلبي تجاه المواد اللاصقة الصناعية

١٠١ . The Behavior of sap- and heartwood towards synthetic Binder

الفصل الخامس:

ديمومة الخشب و المنتجات الخشبية و تدهورها

١٥٣Durability and deterioration of wood and wood products

الفصل السادس:

التربية و التنمية وجودة الخشب

١٦٣Silvicultural Practices and Wood quality

الفصل السابع:

المستخلصات الخشبية و منتجات الغابة

١٧٥ Wood Extractives and Forest Products

الفصل الثامن:

الصناعات الخشبية

٢١٧ Wood Industries

الفصل التاسع:

تكنولوجيا صناعة الورق

٢٦٣ Paper manufacturing technology

الفصل العاشر:

الخشب و الفحم الخشبي باعتباره طاقة

٢٨٩ Wood and charcoal for Energy

٢٩٧ المراجع

٣١١ المصطلحات

٣٣١ الجزء العملي

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

يعرف علم الأخشاب Wood Science بأنه أحد فروع علوم الغابات Forestry Science الذي يهتم بدراسة المنتجات الرئيسية للغابات ألا وهي الأخشاب من حيث صفاتها وإمكان استخدام العلم الحديث لرفع قيمتها الاقتصادية بأكثر الطرق كفاءة، إضافة إلى إمكانيات تصنيعها ومواصفات المنتج المصنع، ولهذا العلم علاقة مباشرة بعلوم الغابات الأخرى كالزراعة والتربية Silviculture وإدارة الغابات Forest management وحماية الغابات Forest protection وسياسة الغابات Forest policy وعلم قياسات الغابات Mensuration وأراضي الغابات Forest soils وتصنيف الأشجار وتوزيعها الجغرافي Dendrology وبيئة الغابات Forest ecology. هذا وتمتاز الأخشاب بأنها المادة الخام الطبيعية الوحيدة الممكن تجديدها كلما قلت مواردها وهي بهذا فريدة من نوعها باعتبارها مادة خام توجد بها الطبيعة. كما يعرف الخشب من الناحية التكنولوجية بأنه المادة الخام التي يمكن تصنيعها إلى حاجات صالحة للاستعمال والاستهلاك بشكل مناسب وبدون ملأفس (زغست، ١٩٦٦). يدخل الخشب على أنه مادة خام في عديد من الصناعات والاستعمالات بالإضافة إلى استغلاله على أنه مصدر للطاقة الحرارية. ونتيجة لهذا جاء الاهتمام بأنواع استخدامات الأخشاب والاحتياجات المقدرة منها بالعالم، ثم مقارنة هذا النمو المطرد في الطلب عليها بالعالم والمنزامن مع التزايد في النمو السكاني. يقع معظم الاستهلاك العالمي من الأخشاب في نطاق الغابات المغروطة والمتساقطة الأوراق حيث تستغل أخشابها لعدد من الأغراض إذ تعدد استعمالات الأخشاب في الصناعة من مجرد استخدامها على شكل كتل في حالة تقرب من حالتها عند الإنتاج مثل أخشاب المناجم والأخشاب المستديرة Round timber إلى الأخشاب المنشورة Lumber أو المصنعة Wood Based Panels التي تتضمن الألواح الحبيبية (الخشب المضغوط) Particle Board والخشب المعاكس Plywood والألواح الليفية Fiberboard بنوعها الألواح الليفية المتوسطة الكثافة (MDF) Medium density

Fiberboard والأكواح الليفية الصلبة Hard board أو الأخشاب المحولة كيميائياً إلى صورة أخرى مثل عجينة الورق Wood Pulp . هذا ويطلق على جميع هذه المنتجات الخشبية اسم المنتجات الحرجية Forest Products. يوضع الجدول رقم (١) استخدامات الخشب والمنتجات الخشبية العالمية من حيث الإنتاج Production والاستهلاك Consumption حسب إحصائيات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة FAO لسنة ٢٠٠٣م. تتباين استخدامات الأخشاب في العالم فالمناطق المتقدمة صناعياً تستهلك الأخشاب بصورة أكبر في صور مصنعة ، في حين أن المناطق النامية يصل فيها استهلاك الأخشاب إلى أقصاه، ويختلف استهلاك الدول من الأخشاب حسب عوامل عديدة منها مساحات الغابات ومتوسط دخل الفرد فيها وبين الجدول رقم (٢) البلدان الخمسة المنتجة الرئيسية للخشب والمنتجات الخشبية (FAO, ٢٠٠٣). تبين الاستخدامات الهائلة للأخشاب والمنتجات الخشبية على الصعيد العالمي أهمية علم تكنولوجيا الأخشاب وتطبيقاته الميدانية، لذلك وجبت أنه من الأهمية بمكان تأليف هذا الكتاب الجامعي ليكون معيناً علمياً للطالب بما سيضمه من فصول في مضممار تكنولوجيا الأخشاب والصناعات الخشبية خاصة وأن الخشب في القطر العربي السوري لا زال يحتل موقعا هاما في معيشة السكان فضلاً عن أن أغلب الأخشاب المستخدمة في الصناعات الخشبية الحديثة لازالت مستوردة .

جدول رقم (١) : استخدمات الخشب والمنتجات الخشبية العالمية من حيث الإنتاج والاستهلاك حسب إحصاءات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO, ٢٠٠٣).

الاستهلاك ٢٠٠٠م Consumption (١٠٠٠)	الإنتاج ٢٠٠٠م Production (١٠٠٠)	المنتج الخرجي
٢٣٤٥٥٢٣	٢٣٤٢٢٤٥	للخشب المستدير Round Wood
-	١٢,٧٥٢٢	الخشب المستدير (مخروطيات)
-	٢١٣٤٧٢٤	الخشب المستدير (عريصات أوراق)
١٧٥٣٦٢٦	١٧٥٤٧٨٢	حطب الوقود وحطب الفحم النباتي Wood Fuel and Wood for Charcoal
-	١٩٩,٩٥	حطب الوقود وحطب الفحم النباتي (مخروطيات)
-	١٥٥٥٦٣٧	حطب الوقود وحطب الفحم النباتي (عريصات أوراق)
١٥٩١٨٩٦	١٥٨٧٥١٤	الخشب المستدير الصناعي - الخشب الخام Industrial Round wood - Wood in the Rough
١,٠١٤٧٤	١,٠٠٨٤٢٧	الخشب المستدير الصناعي (مخروطيات)
٥٨,٤٢٣	٥٧٩,٧٨	الخشب المستدير الصناعي (عريصات أوراق)
-	٩٥,٥٣٣	كتل النشور والقشرة Saw Logs and Veneer Logs
-	٦٦٧٩٣٣	كتل النشور والقشرة (مخروطيات)
-	٢٨٢٦,٠	كتل النشور والقشرة (عريصات أوراق)
-	٤٨٩٩٤٧	خشب اللب والأخشاب المستديرة والمشقوقة Pulpwood, Round and Split
-	٢٧٦١٧٦	خشب اللب والأخشاب المستديرة والمشقوقة (مخروطيات)
-	٢١٢٩٧١	خشب اللب والأخشاب المستديرة والمشقوقة (عريصات أوراق)
*٤٣٩٥١	*٤٣٨٤٧	الفحم النباتي Wood Charcoal
٤,٢٠٣٤	٤,٢٠٣٤	الأخشاب المنشورة Sawn wood
٢٩٣٩٨١	٢٩٨٩٥٢	الأخشاب للمنشورة (مخروطيات)
١,٧٤٨٠	١,٣٣٨١	الأخشاب للمنشورة (عريصات أوراق)
٢١٤٦٩٦	٢١٣٥٩٥	الألواح الخشبية Wood-Based Panels

المنتج الخرجي	الإنتاج ٢٠٠٠م Production (٢٠٠٠)	الاستهلاك ٢٠٠٠م Consumption (٢٠٠٠)
رقائق اللشرة Veneer Sheets	١١٣.٥	١.٨١٤
الخشب المعاكس Plywood	٦٨٤.٢	٦٨٧.٨
الألواح الحبيبية (خشب مضغوط) Particle Board	٨٩٧٨٤	٨٩٤.٢
الألواح الليفية Fiberboard	٤٤١.٤	٤٥٧.٠
الألواح الصلبة Hardboard	٦٧٨٢	٨٦٢.٥
الألواح الليفية المتوسطة الكثافة Medium density Fiberboard (MDF)	٣.٨٦١	٢٩٨٢٧
الألواح العازلة Insulating Board	٦٤٦١	٧٢٤٧
لب الخشب (عجينة الورق) Wood Pulp	*١٧.٣٥٨	*١٧١٢٥٩
لب الخشب الميكانيكي Mechanical Wood Pulp	*٣٤٨٧١	*٣٤٩٣٨
لب الخشب المصنوع بوسائل نصف كيميائية Semi-Chemical Wood Pulp	*٨٣٤١	*٧٧٩٣
لب الخشب المصنوع بوسائل كيميائية Chemical Wood Pulp	*١٢٤٤٤٥	*١٢٥٦٩٨
الورق والورق المقوى Paper and Paperboard	*٣٢٨.٦٥	*٣٢٧٨٦٥
ورق الصحف Newsprint	*٣٧٧٩٨	*٣٧١٢٧
ورق الطباعة والكتابة Printing and writing Paper	*٩٧٥.٤	*٩٧٧٦٤
الورق المستخدم في المنازل والنظافة الصحية Household and Sanitary Paper	*٢١٥٢٢	*٢١١.٠

* ١٠٠٠ طن متري

جدول رقم (٢) : البلدان الخمسة المنتجة الرئيسة للخشب والمنتجات الخشبية (FAO, ٢٠٠٣)

البلدان المنتجة	المنتج الخشبي
أمريكا، كندا، روسيا، البرازيل، إندونيسيا	الخشب: المشور.
أمريكا، كندا، فنلندا، السويد، اليابان	العجينة الورقية
أمريكا، الصين، اليابان، كندا، ألمانيا	الورق والورق المقوى
أمريكا، الصين، كندا، ألمانيا، إندونيسيا	الألواح الخشبية
أمريكا، كندا، روسيا، البرازيل، الصين	الأخشاب المستعملة للصناعة

نظراً لأن غابائنا الطبيعية لازالت غير قادرة على تلبية الاحتياجات المحلية من الخشب . كما أن استعمال أخشاب الأنواع المحلية لازال محدوداً على الرغم من توفر إمكانية زراعتها بهدف إنتاج الأخشاب في مناطق متنوعة في القطر. كما أننا لازلنا نفتقر للأبحاث في مجال تكنولوجيا الأخشاب، وخاصة تلك الأبحاث التي تهتم بدراسة الخصائص التكنولوجية لخشب الأنواع المحلية، لما لها من أهمية عظيمة في توجيه عمليات التشجير بهذه الأنواع من خلال بيان تأثير عمليات التربية والتنمية على المواصفات الميكانيكية والفيزيائية والكيميائية لخشب هذه الأنواع. هذا ولا يخلو الأمر من بعض الأبحاث على أخشاب الأنواع المحلية (Rahme, ١٩٧٢)، (قباقبي، ١٩٨٧)، (كمكة، ٢٠١٣). هذا ولازالت الصناعات الخشبية في سوريا محدودة، إذ يتوفر لدينا مصنعان للقطاع العام أحدهما في دمشق ممثلاً بالشركة العامة للكبريت والخشب المضغوط وأقسام الرصاص والتي تعتمد بشكل رئيسي على جسنوع الحور المحلي والمستورد وقليل من جذوع الصنوبر، والآخر في اللاذقية لصناعة الخشب المعاكس والمضغوط واللاتيه ويعتمد على الجذوع المستوردة باعتباره مادة أولية بالإضافة إلى جذوع الصنوبر البروتي محلياً. هذا ويوجد بعض المصانع الخاصة المحدودة الإنتاج مثل مصنع الصباغ في حلب لصناعة الأثاث الخشبي من خشب الجوز والخشب المعاكس من خشب الحور، وهناك مصنع أخشاب الشمال في حلب لصناعة ألواح اللاتيه من خشب الصنوبر البروتي ومصنع معصراني لتجفيف الأخشاب. أما في ريف دمشق فيوجد بعض الورش الخاصة لصناعة الخشب المعاكس واللاتيه والورق المقوى. يشهد العالم تقدماً يومياً في مجال تكنولوجيا الأخشاب يتوجب علينا مواكبته ومعرفة ما يترتب على هذا التقدم التكنولوجي من مشاكل بيئية وهنا أخص بالذكر المشاكل الناتجة عن الإصدارات Emission من المادة الخشبية المصنعة كإصدار /الفورم ألدهيد/ (Hameed, ١٩٩٧).

يتناول هذا الكتاب في ثنايا فصوله أهم الأقسام التي يكتنفها علم تكنولوجيا الأخشاب بشيء من التفصيل يتناسب والمعرفة المطلوبة من الطالب الجامعي، إذ إن تناول هذه الأقسام بالتفصيل المطلق يتطلب أن يفرد لكل منها كتاباً خاصاً على الأقل. وأخيراً أرجو من الله أن أكون قد وفقت في تقديم الفائدة المرجوة والله ولي التوفيق.

د. محمود أحمد حميد



الفصل الأول

نمو الشجرة وإنتاج الخشب

Tree growth and production

Of woody tissue

تمتاز النباتات الخشبية بمنشئها البذري الخضري أو البذري حيث تكون رقيقة غضة القوام في بداية حياتها هذا وتختلف أُنسجتها عن أُنسجة النباتات الياضية وتتخشب بشكل تدريجي إذ تكون في مرحلة الشباب في أوج نشاطها وتضعف في مرحلة الشيخوخة لتنتهي هذه المرحلة بموت النبات وبذلك تولد هذه النباتات أثناء حياتها الخشب (Wood) . يعتبر الخشب المادة الأولية و المنتج الرئيس للنباتات لغاية الخشبية.

١ - أنواع النباتات الخشبية: Kind of woody Plants:

لا تعتبر كل النباتات خشبية وإنما لابد من توافر صفات معينة في النباتات الخشبية وهي:
أ- لابد أن تكون نباتات وعائية أي تحتوي على أنسجة توصيل وهي عبارة عن الخشب واللحاء والخشب يحدث له لغنة ليكون بعد ذلك الخشب الناضج.

ب- لابد وأن تكون معمرة Perennial أي تعيش لعدد من السنين وتعتبر النباتات ذات الحولين نباتات غير منتجة للخشب اقتصادياً.

ج- يجب أن يكون لها ساق Stem, Trunk, Bole يبقى من سنة لأخرى.

د- يجب أن يحدث بها تغلط ثانوي وذلك عن طريق طبقة الكامبيوم بتشكيل حلقات النمو

السوية وبذلك يزداد قطرها وتصبح صالحة لاستخراج الخشب المصنوع Lumber .

وأنواع النباتات الخشبية ثلاثة وهي:

١- الشجرة Tree: وهي نبات خشبي ذو ساق واضحة وحيدة مرتفعة عن سطح الأرض لغاية سبعة أمتار على الأقل.

٢- الشجيرة Shrub: وهي نبات خشبي لا يزيد ارتفاعها عن سبعة أمتار، وقد يكون لها سوقاً متعددة.

٣-المتسلق الخشبي Woody Liana: وهي عبارة عن نبات خشبي متسلق على غيره بالمحاليق أو الجذور الهوائية أو الالتفاف.

٢-تصنيف النباتات الخشبية Classification of woody plants:

تقسم المملكة النباتية vegetable kingdom إلى أربعة أقسام هي:

- أ- النباتات الثلاوية Thalophytes: وهي نباتات لا تحتوي على أوراق أو سوق أو جذور حقيقية كما أن تكاثرها جنسي وهي غير منتجة للخشب كالفطريات والبكتريا والطحالب.
- ب-النباتات الحزازية Bryophytes: وهي نباتات لها جذور وسوق وأوراق غير حقيقية، تكاثرها غير جنسي وهي غير منتجة للخشب.
- ج-النباتات السرخسية Pteridophytes: وهي نباتات لها جذور وسوق وأوراق حقيقية، تكاثرها جنسي ولا جنسي كما تظهر فيها تراكيب وعائية إلا أنها لا تعتبر منتجة للأخشاب اقتصادياً نظراً لصغر سوقها.

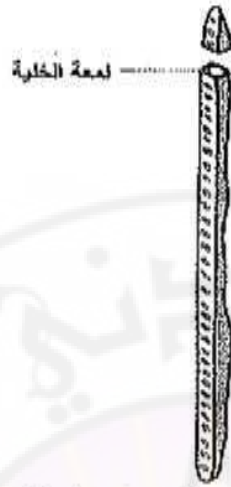
د- النباتات البذرية (الزهرية) Spermatophytes : ينتمي لهذا القسم جميع النباتات الخشبية التي تصنف في مجموعتين هما: مجموعة الأشجار ذات الخشب القاسي Hardwoods ومجموعة الأشجار ذات الخشب الطري Softwoods إلا أن كلاً من هاتين المجموعتين ينتمي إلى صف نباتي حيث تنتمي مجموعة الأشجار ذات الأخشاب القاسية إلى صف مستورات البذور Angiosperm حيث سميت بمستورات البذور لأن بذورها مغلقة ضمن المبيض بينما تنتمي مجموعة الأشجار ذات الأخشاب الطرية إلى صف عريانات البذور Gymnosperm إذ تتميز ببذورها العارية المتوضعة على حراشف وتتصف مجموعة عريانات البذور بكون أوراقها إبرية أو حرشفية ذات اخضرار دائم عموماً كما تحمل مخاريط تتوضع البذور على حراشفها وتعرف هذه المجموعة عموماً باسم المخروطيات وتضم الأجناس التالية: الصنوبر Pinus والكتوب Picea والاركس Larix والشوح Abies والأرز Cedrus والهملوك Tsuga والميكويا Sequoia والطقسوس Taxus والتاكسوديوم Taxodium والسرويات Cupressus وغيرها.

تحتوي مستورات البذور أوراقاً عريضة وتنتج بذوراً ضمن بلوطات أو قروناً أو ثماراً مختلفة الأشكال وتقسم هذه المجموعة النباتية إلى وحيدات الفلقة Monocotyledons وثنائيات الفلقة Dicotyledons التي تنتمي إليها الأشجار المنتجة للخشب ومن أهم أجناس هذه

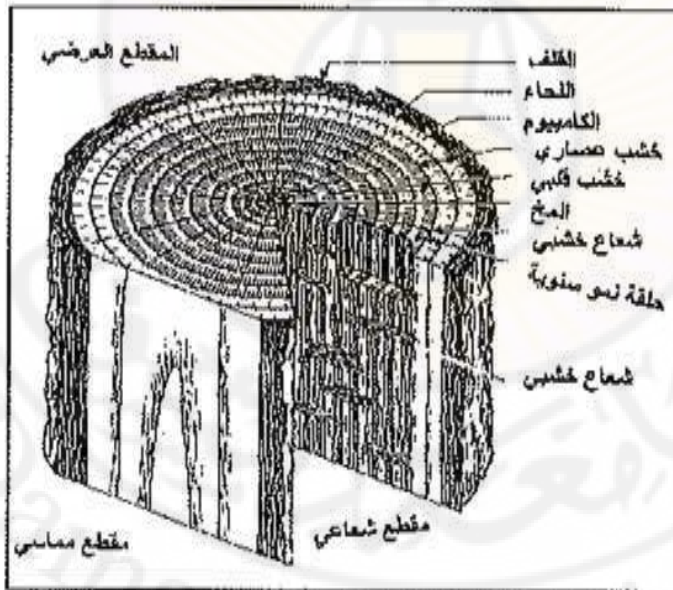
المجموعة السنديانيات Quercus والوردان Fraxinus والألم Ulmus والأسر (القيقب) Acer والبتولا Betula والزان Fagus والهور Populus ومن مجموعة النباتات ذات الفلقة الواحدة النخيل واليوكا . وتجدر الإشارة إلى أن هناك مايلوف عن ٢٥٠٠ نوع في العالم من النخيل منتجة لسوق ليفية fibrous متينة فيما لو تركت دون نشر إلا أنها تنفتت إلى قطع متناثرة عند نشرها، كما يمكن صناعة الورق منها بسهولة. تختلف الأشجار ذات الأخشاب القاسية عن تلك ذات الأخشاب الطرية في طبيعة الخشب شكلاً وتركيباً حيث تحتوي الأخشاب القاسية على أوعية vessel بينما تغيب في الخشب الطري. تجدر الإشارة إلى أنه لا تلتج الأشجار المصنفة بذات الخشب القاسي دوماً خشباً قاسياً فالعديد من الأشجار ذات الخشب الطري تلتج أخشاباً أقصى من الأولى.

٣- طبيعة الخشب The nature of wood :

يتألف الخشب من خلايا غاية في الصغر small cells أو ألياف fibers لا يمكن رؤيتها إلا باستعمال مكبرة أو مجهر ، ويبين الشكل رقم (١) خلية خشبية نموذجية في المخروطيات حيث يلاحظ أنها ذات مركز فارغ (لمعة) مغلقة الطرفين (الرأسين) ذات ثغور أو فتحات على جدارها الخلوي. كما ويتألف الخشب من أشعة Rays تتألف بدورها من اجتماع عدد كبير من الخلايا الشعاعية وتعمل على نقل المواد في عرض الساق ويوضح الشكل رقم (٢) السطوح الثلاثة للمقطع الخشبي وهي المقطع العرضي الذي ينتج عن قطع الجذع الخشبي عرضياً (عمودياً على محور الساق) ويتكون المقطع الشعاعي بقطع الخشب طولياً باتجاه الحبيبات مع نصف قطر المقطع العرضي ، بينما يتكون المقطع المماسي من نشر الخشب بصورة متعامدة مع نصف قطر المقطع العرضي ومماسية مع حلقة نمو سنوية.



الشكل رقم (١): خلية خشبية نموذجية في المعروطات

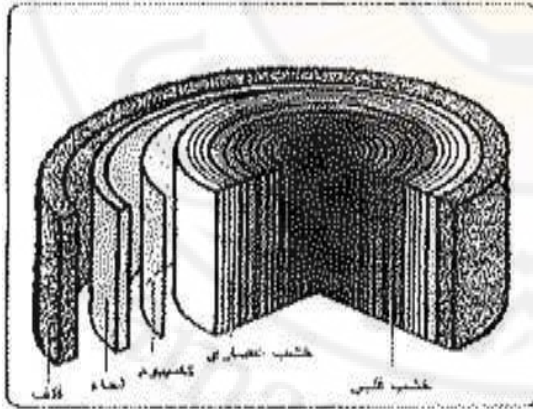


الشكل رقم (٢): السطوح الثلاثة للمقطع الخشبي (Barge et. al., ١٩٩٨)

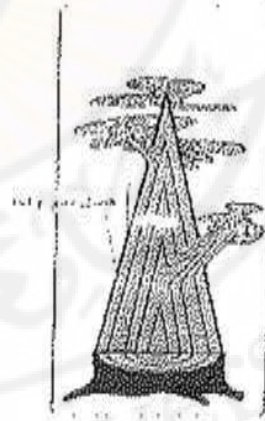
٤- العمليات الأساسية لنمو الشجرة Basic processes in tree growth :

٤-١- إنتاج الخشب والقلب Production of wood and Bark :

يوجد الخشب في الشجرة محاطاً بالقلب الذي يتألف بدوره من طبقة داخلية وأخرى خارجية وأقية ومع نمو الشجرة سنوياً يضاف خلايا خشبية جديدة في فروع الشجرة وسوقها وجذورها ، كذلك خلايا قلبية Bark جديدة لتعويض الفاقد من الخلايا المنسلخة flakes off الساق قطرياً. تحول الأشجار طاقة الشمس بوجود الماء وثاني أكسيد الكربون والعناصر الغذائية إلى طاقة كيميائية مخزنة في منتجات التركيب الضوئي وتستعمل هذه الطاقة في عمليات الإستقلاب المختلفة وفي نمو الشجرة بمختلف أجزائها ، ويخزن الفائض من هذه المواد في الخشب والجذور وينقل النسغ الناقص (الماء والأملاح المعدنية) عبر الخشب ، بينما ينقل النسغ الكامل (الكربوهيدرات والمواد المصنعة الأخرى) عبر الغربال. تنمو الشجرة عبر الكامبيوم حيث تقوم خلايا الكامبيوم بالانقسام لتعطي خلايا خشبية إلى الداخل وغربالاً إلى الخارج الذي لا يلبث أن يتحول إلى قلب ويغطي الكامبيوم كامل أجزاء الشجرة على شكل قميص ، فنموه السنوي يعني إضافة خلايا جديدة أو قميص جديد على كامل أجزاء الشجرة وتقوم الأشعة الخشبية بنقل المواد عرضياً ضمن الساق وتقوم أيضاً بخزن الكربوهيدرات انظر الشكل رقم (٣) الذي يوضح كيفية نمو الشجرة سنوياً. كما يوضح الشكل رقم (٤) الأجزاء المختلفة لساق الشجرة.



الشكل رقم (٤): الأجزاء المختلفة لساق الشجرة



الشكل رقم (٣): كيفية نمو الشجرة سنوياً

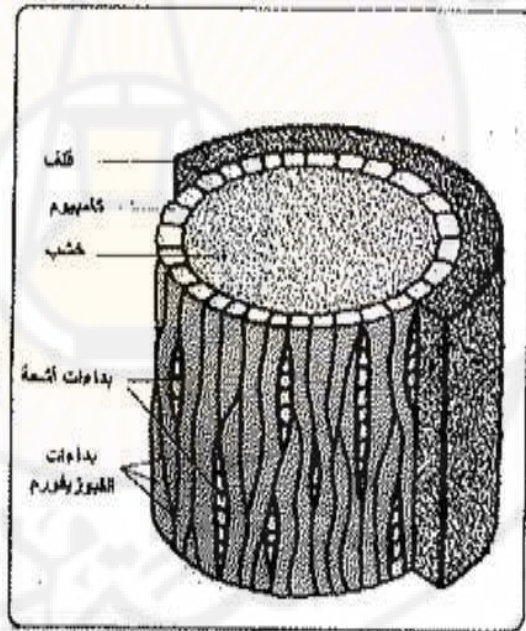
٤-٢- تطور الساق الفتى Development of a young stem :

لفهم آلية النمو للنبات الخشبي نأخذ غرسة صنوبر بافعة موضحة في الشكل رقم (٥) حيث تمتلك الغرسة مجموعاً جنزياً جيداً ومجموعاً خضرياً يتناسب وعمر نحو أربع سنوات. تنتفخ البراعم القمية في الأغصان مع بداية الربيع نتيجة تشكيل الخلايا فيه و انقسامها ، وتدعى مناطق النشاط المستمر في قمم الفروع بالمناطق للمريستمية meristematic regions وتدعى منطقة البرعم القمي بالمريستم القمي apical meristem حيث يؤدي انقسام هذه الخلايا واستطالتها إلى استطالة الساق وابتعد الميريستم القمي شيئاً فشيئاً إلى الأعلى تاركاً خلفه الخلايا التي تأخذ في التمايز والنمو وبمعنى آخر لو وضعنا ممساراً في شجرة على ارتفاع مترين سيبقى في مكانه بغض النظر عما تصله للشجرة من ارتفاع ويوضح الشكل رقم (٦) آلية تمايز الخلايا في الساق ونموها أثناء نموه طولياً حيث يوضح الشكل بقسمه (I) وجود خلايا قمية ميريستمية تليها المنطقة للثانية (II) من الشكل وهي منطقة تمايز الخلايا حيث تتغير الخلايا في الحجم والشكل والوظيفة فتتشكل طبقة الأدمة الخارجية Epidermis من الخلايا المؤلفة للنسيج المحيطي ، وتتألف من طبقة من الخلايا بجدران سميكة شمعية الحافة كي تحفظ الرطوبة ، وقرب المركز يتشكل ما يعرف بالبروكامبيوم Procambium الذي سيصبح طبقة الكامبيوم أما في مركز الساق فتتشكل الخلايا ما يعرف بالمخ Pith وفي الجزء الثالث (III) من الشكل تأخذ الأنسجة بالتمايز أكثر فأكثر حيث تتشكل الأدمة الداخلية Endodermis وتكون مجاورة للأدمة الخارجية ويصل البروكامبيوم إلى أقصى حجم له وتتمايز خلاياه فتتشكل الخلايا الداخلية منه طلائع الخشب أو ما يعرف بالخشب الأولي Primary xylem وتعطي الخلايا الخارجية منه طلائع الغربال أو ما يعرف بالغربال الأولي Primary phloem ويستمر البروكامبيوم في تمايزه هذا حتى لا يبقى منه إلا حلقة واحدة من الخلايا أو أكثر تعرف بالكامبيوم Cambium أنظر الجزء الرابع (IV) والخامس (V) من الشكل والتي تستمر بشكل دائم في إعطاء خشب وغربال سنوياً، ويعتقد بعض العلماء أن الكامبيوم مؤلف من حلقة ذات خلية واحدة بينما يعتقد آخرون أنها حلقة بعرض خليتين. يمكن القول إن الكامبيوم الوعائي Vascular cambium ذو منشأ ثانوي لأنه تشكل خلف الميريستم القمي لذلك يسمى الخشب المتشكل عنه وكشلك الغربال بالخشب الثانوي Secondary xylem والغربال الثانوي Secondary phloem ومما تجدر الإشارة إليه أنه في جميع وحيدات الفتحة يتمايز البروكامبيوم كلياً إلى خشب وغربال ولا يترك أي أثر للكامبيوم

٤-٣-الكامبيوم الوعالي Vascular cambium:

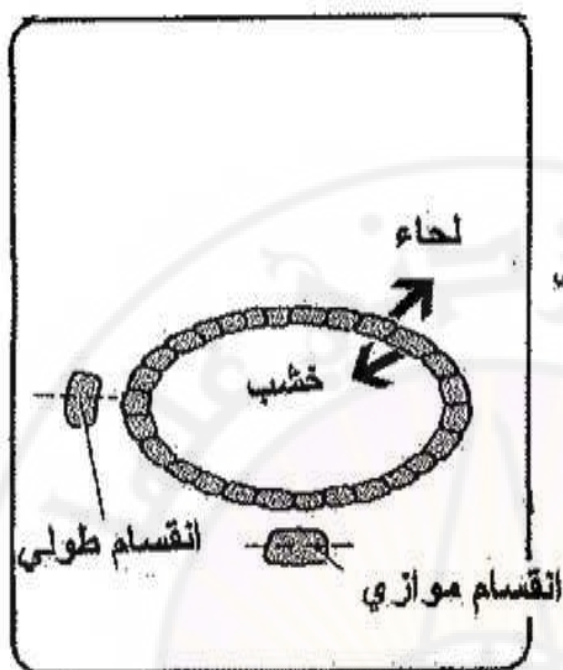
٤-٣-١- التركيب (البنية) Composition:

يبين الشكل رقم (٧) نوعين من الخلايا الموجودة في الكامبيوم إذ تدعى الخلايا الطويلة واللحيفة بداءات الفيوزيفورم fusiform initials حيث تنقسم دورياً لتعطي إما بداءة خلية كامبيوم جديدة أو خلايا خشب أو غريال، أما الخلايا القصيرة الدائرية الشكل فهي بداءات أشعة ray initials حيث ينتج عن انقسامها أشعة خشبية جديدة أو أشعة غريال أو بداءات خلايا أشعة جديدة ويعرف الانقسام الموازي للمقطع العرضي للمناق فسي الكامبيوم بالانقسام الموازي Periclinal ويمطي خلايا خشب أو غريالاً ويسودي الانقسام الطولي للكامبيوم Anticlinal العمودي على المقطع العرضي للمناق إلى تشكيل بداءات جديدة new initial ويوضح الشكل رقم (٨) كلا الانقسامين.



الشكل رقم (٧):

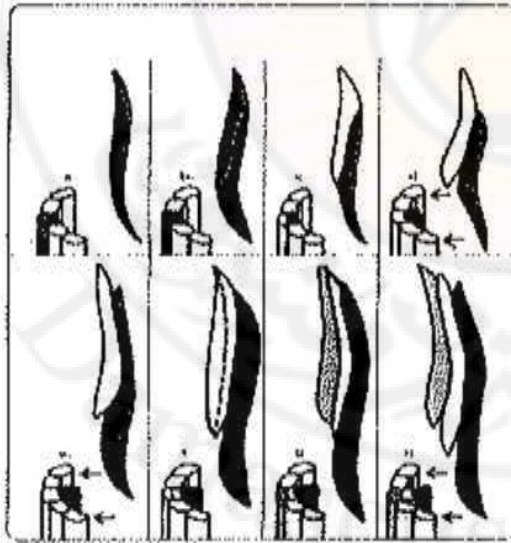
أنواع الخلايا الموجودة في الكامبيوم الوعالي



الشكل رقم (٨):
انقسام خلايا الكامبيوم الوعائي

٤-٤-٤ تطور الخشب والغربال ونموه Development and growth of xylem and phloem

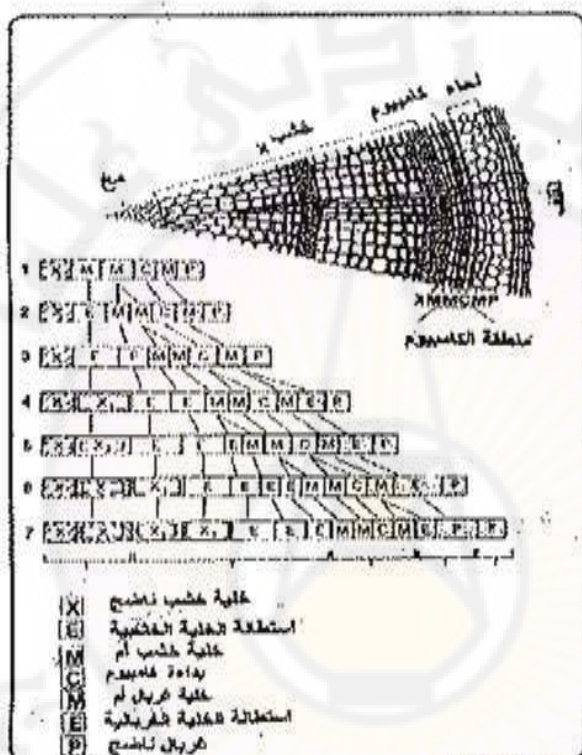
نتيجة الانقسام الموازي لبداءات الفيوزيفورم تتشكل خليتين تبقى إحدهما ميرستيمية على أنها جزء من الكامبيوم وتصبح الخلية الثانية خشباً أو غربالاً وتبدأ بعدها الخلية الأم بالاستطالة مباشرة قطرياً ويمكن أن تنقسم مرة أو أكثر قبل أن تتطور إلى عنصر خشب أو غربال ناضج، هذا وإن نضج الخلايا الخشبية الجديدة يتضمن نمواً في القطر والطول وتصلباً في الجدران (سماكة ولغنة)، كما أنه لا بد من الإشارة إلى أن ليس جميع أنواع الخلايا لا تنمو في القطر والطول معاً فمثلاً تنمو الخلايا الطولية المتشكلة في نهاية الصيف في الصنوبريات والتوب وغيرها طولياً لكن نموها القطري يكون قليلاً جداً وتنمو الأوعية الخشبية في عريضات الأوراق قليلاً أو قد تنكمش طولياً قليلاً إلا أنها تنمو قطرياً حتى الخمسين مرة من قطرها. يوضح الشكل رقم (٩) انقسامين موازيين متتاليين لبداءات الفيوزيفورم حيث يلاحظ بدء الخلية بالاستعداد للانقسام كما في الجزء b/ من الشكل حيث تتشكل صفحة وسطى بين الخليتين لتصبحا اثنتين كما هو واضح في الجزء c/ من الشكل وتنمو الخليتان بعدئذ طولاً وقطراً كما هو موضح في جزئي الشكل e/ و d/ وتصبح الخلية الداخلية المتشكلة جزءاً من الخشب دافعة بالخلية الأخرى الخارج لتبقى جزءاً من الكامبيوم وتبدأ العملية من جديد في الجزء f/ من الشكل. يحدث انقسام الخلايا الميرستيمية القمية بسرعة كبيرة في بداية موسم



النمو ، ويكون الفاصل بين انقسام وآخر من ٨-١٨ ساعة في النويا Thuya ويتناقص هذا المعدل مع التقدم في موسم النمو ويبدأ عادة انقسام بداءات الكامبيوم متأخراً عن انقسام خلايا الميرستيم القمي ويحدث ببطم أيضاً. يوضح الشكل رقم (١٠) عمليات الانقسام الموازي لخلايا الكامبيوم وتطور الخلايا الناشئة عن هذا الانقسام حيث يلاحظ في الجزء ١ من الشكل

الشكل رقم (٩): انقسامان موازيان متتاليان لبداءات الفيوزيفورم

وجود خلية كامبيوم C محاطة بخلاية غريبالية أم وأخرى خشبية أم وتكثر الخلايا خلال عملية الانقسام الخلوي حيث يلاحظ في الجزء ٢ انقسام الخلية الخشبية الأم المجاورة للكامبيوم إلى اثنتين مع استطالة الخلية الأم السابقة الأخرى وتميزها إلى خلية خشبية وهكذا، كما أنه تتولد خلايا غريبال جديدة بانقسام الخلايا الغريبالية الأم وتميزها أيضاً بنفس الطريقة.



الشكل رقم (١٠): صيغ الانقسام الموازي لخلايا الكامبيوم وتطور الخلايا الناشئة عن هذا الانقسام (Zimmermann and Brown, ١٩٧١)

٤-٥- توسع طبقة الكامبيوم Expansion of the cambial layer

نتيجة للانقسام الطولي (الأنتي كلينال) لبداءات الفيوزيفورم تنفع طبقة الكامبيوم إلى الخارج بتوسع قطر الشجرة حيث تتشكل خلايا كامبيوم جديدة تأخذ في النمو الطولي لتصبح بطول الخلايا الناشئة عنها وبعد استراحة قصيرة تبدأ الخلايا الميرستيمية الجديدة بالانقسام

إلى انقسام مواز Periclinal أو طولي Anticlinal، هذا ويعتمد نجاح الخلايا المتشكلة حديثاً (الفيزوفورم) بالانقسام الأنتي كلينالي واستمراريتها كغيرها من الخلايا الناتجة عن الانقسام الموازي على وفرة الغذاء الذي يعتمد على قربها من الأشعة حيث إنه قد تموت الخلايا التي ليست تماس مع الأشعة أو يمكن أن تنقسم لتشكل بداءة خلية شعاعية أو أكثر، كما تشمل الخلايا ضعيفة التغذية في الانقسام فتصبح خلايا خشبية أو غربالية، وتعرف بداءات الأشعة التي تشمل في الانقسام بالأشعة المتراجعة (المندهورة) declining initials ولقد قدر Bauman (١٩٦٠) نسبة بداءات الكامبيوم المشكلة في الربيع والتي تبقى على أنها جزء من الكامبيوم بنحو ٢٠% في النوع *Thuja occidentalis* وترتفع هذه النسبة في الأنواع بطيئة النمو إلى ٥٠%، ويمكن القول أن الخلايا الطويلة تكون عموماً على اتصال مع الأشعة في حين تخفق الخلايا القصيرة في ذلك، ويعتقد البعض بأن مصير الخلايا صغيرة القد الموت حتى ولو كانت على تماس كاف مع الأشعة. وتضمن هذه الآلية حفظ بداءات الفيزوفورم بشكل دائم حتى في فترات النمو السريع، إضافة إلى توسع الكامبيوم بألية الانقسام هذه ويزداد توسعه باستطالة هذه الخلايا أيضاً كما يزداد طول البداءات مع تقدم الشجرة بالعمر، فقد وجد أن طول البداءات في الصنوبر الأبيض بعمر ستين عاماً كان أطول بخمس مرات من مثيلاتها فسي السنة الأولى. إن نمو بداءات خلايا الفيزوفورم والأشعة قطعياً إضافة إلى زيادة بداءات الأشعة يعطي الكامبيوم توسعاً وكبراً أكثر مع الزمن كقطار (١٩٢٣) Bailey.

٤-٦- مدة استمرار نشاط الكامبيوم Duration of cambial activity:

يستأنف الكامبيوم نشاطه مع بداية الربيع بعد سكونه في فصل الشتاء البارد مستجيباً لبدء إنتاج الهرمونات في القمم النامية وفي الجذور أيضاً، وتبدأ الخلايا عموماً بالنشاط بمجرد ارتفاع درجة الحرارة عن سبع مئوية، وبدء النمو يبدأ إنتاج أكسين الإندول-٣-أسيتيك أسيد (IAA) وحمض الجبرلين GA حيث يعمل هذان الأكسينان باعتبارهما محرضين لنشاط الكامبيوم، وبما أن إنتاجهما يتم في القمم النامية وينتقلان إلى أسفل حيث يبدأ نشاط الكامبيوم في أعلى الشجرة أولاً ويسير باتجاه أسفلها ويصل الفارق الزمني بين عمل الكامبيوم في أعلى الشجرة وأسفلها في المخروطيات بين ٢-٦ أسابيع كذلك الحال فسي الأشجار ذات الأخشاب المنتشرة الأوعية، إلا أن نشاط الكامبيوم يمكن أن يبدأ بوقت واحد في كامل أجزاء الشجرة في الأشجار ذات الأوعية الحزمية. تصنف الأشجار على أنها ذات أوعية حزمية عندما تشكل في الربيع أوعية كبيرة القطر تليها أوعية صغيرة في الصيف وتكون ذات أوعية

منتشرة إذا كانت الأوعية الخشبية ذات قطر واحد تقريباً خلال موسم النمو. يستمر النمو القطري في الأشجار لفترة بعد أن يتوقف نموها الطولي، وفي الواقع يستمر النمو طويلاً بسرعة في الربيع لفترة ٧-١٠ أسابيع ثم يتوقف، وهناك استثناءات بالطبع من استئناف للنمو وتوقفه خلال هذه الفترة بينما يستمر النمو قطرياً ببطء وبندوب لفترة أطول وقد يمتد أحياناً إلى أوائل الخريف ويطول نهاية الصيف وأوائل الخريف بتباطؤ انقسام الخلايا في الكامبيوم ثم يتوقف تماماً وتسكن الخلايا ولا تعرف آلية التوقف هذه إلا أنه يعتقد أن تراكم مثبطات النمو Growth inhibitor في نهاية الموسم أو قلة إنتاج محفزات النمو أو كليهما معاً يؤدي إلى حالة السكون هذه. يبدأ السكون في الأشجار المنفردة في أعالي الفروع أولاً ويسير باتجاه الجذور وبسبب ذلك يعتقد بأن سبب السكون هو تراكم مثبطات النمو التي تستجيب في الأوراق الناضجة (Phillips and Wareing, ١٩٥٨)، إلا أنه من الملاحظ أن النمو يتوقف أولاً في أسفل الأشجار وذلك في الغابة الكثيفة وفي الأشجار الهرمة والضعيفة (Zimmermann and Brown, ١٩٧١) ومن العوامل الفاعلة في بدء سكون الأشجار قصر الفترة الضوئية وقلة الشدة الضوئية وقلة الماء والعناصر الغذائية ودرجة الحرارة العالية صيفاً والانخفاض الشديد فيها بنهاية موسم النمو، إلا أنه من المعروف أن الفروع تتوقف عن النمو قبل وقت انخفاض درجة الحرارة وقصر طول النهار (Kramer and Klotzowski, ١٩٧٩) حيث تبسدي أشجار المناطق المعتدلة حالة السكون نفسها حتى ولو زرعت في المناطق الاستوائية مما يوضح أنه ليس للضوء أو الحرارة من أثر في سكون الأشجار وأن الأثر الفاعل يعزى إلى آلية سيطرة في الأوراق والميرستيم القمي أو في أحدهما. يؤثر عمر العضو النباتي نفسه وعمر الشجرة في فترة نشاط الكامبيوم حيث تقل فترة نشاط الكامبيوم بتقدم الشجرة فسي العمر تدريجياً (Farnes and Mac Daniels ١٩٤٧) ويستمر نشاط الكامبيوم في الأشجار الاستوائية على مدار العام بخلاف فترات تقطع مختلفة وفي المناطق التي تهطل فيها الأمطار على مدار العام وذات درجة حرارة معتدلة نسبياً يبدي الكامبيوم فترات سكون حيث تتكرر فترات السكون والنمو من مرتين إلى خمس مرات خلال العام، وقد لوحظت هذه الظاهرة في أشجار المناطق المعتدلة عندما نقلت إلى الاستواء.



الفصل الثاني

تمايز الخشب، صفاته الظاهرية والتشريحية

Lignifications of wood, macroscopic and microscopic character of wood

1- تمايز الخشب Lignifications of wood

يبيد عدد كبير من الأنواع الخشبية المنتشرة على سطح الكرة الأرضية مع تقدسها في العمر تغيرات كبيرة أو صغيرة في خشبها الداخلي . نسمي هذه التغيرات عملية تمايز الخشب التي بموجبها تميز منطقتين من الخشب مختلفتين في اللون ، منطقة محيطية ذات محتوى مائي عالي فاتحة اللون يطلق عليها اسم : الخشب العصاري ، ومنطقة داخلية مركزية ذات محتوى مائي قليل و لون داكن يطلق عليها اسم : الخشب القلبي Knigge and Schulz, ١٩٦٦ ، يعتبر التمايز عملية هامة في حياة الأشجار مع ملاحظة أن هذه العملية تتم بشكل بطيء كما تفقد الخلايا حيويتها بالتدريج بالإبتعاد عن الخشب العصاري Knigge and Schulz, ١٩٦٦ .

١- الخشب القلبي

حسب تعريف إتحاد جمعيات المصطلحات العالمية لتشريح الأخشاب IAWA يعرف الخشب القلبي (الخشب الميت) بأنه المنطقة الداخلية من خشب الساق التي تحتوي على خلايا ميتة كما أن المواد الإذخارية فيها كالنشاء متحللة أو متحولة إلى مواد الخشب القلبي Kucera, ١٩٩٥ ; Lelis, ١٩٩٠ . هذا و يختلف بدء تكون الخشب القلبي من نوع خشبي إلى آخر حيث يبدأ اللاركس الياباني بتكوين الخشب القلبي بعمر خمس سنوات بينما يبدأ في الصنوبر و البلوط بعمر ٢٠-٤٠ سنة Mette, et. al., ١٩٨٣ . هذا ويؤثر بناء الخشب القلبي بعوامل المناخ كالحرارة و على الأغلب يبدأ تكوين الخشب القلبي في الصيف و يستمر حتى الشتاء Mette et. al., ١٩٨٣ . هذا ولقد درست عملية تمايز الخشب منذ سنوات عديدة من قبل عدد من الباحثين : Bamher, ١٩٧٦; Hillis, ١٩٦٨a,b; ١٩٧١; chataway, ١٩٥٧ و هنالك تغيرات تطرأ على مكونات خلايا الخشب العصاري لتتحول إلى مواد الخشب القلبي التي تخزن في

جدران الخلايا و الفجوات الخلوية كما تقوم هذه المواد بسد الأوعية الناقلة لخشب عريضات الأوراق و التراكيدات في خشب المخروطيات . وهناك علامات مميزة لعملية التمايز مثل تلون الخشب و انخفاض محتواه من النشاء و الرطوبة كذلك نشوء زوائد داخل الأنابيب الناقلة (التيلوزات) Dietrich, ١٩٦٤b . ويظهر الخشب القلبي متمركزاً بكمية قليلة أو كبيرة حول مخ الساق محيطاً به حلقات الخشب العصاري الشاحبة اللون Dietrich, ١٩٦٤b . هذا وتقل نفاذية الخشب القلبي نتيجة نمو زوائد في الأوعية الناقلة لخشب عريضات الأوراق (التيلوزات) و في تراكيدات خشب المخروطيات كما تزداد كثافة الخشب القلبي نتيجة تحول المواد و تخزينها Noack, ١٩٦٦ . إن محتوى الخشب القلبي من المستخلصات الخشبية أكبر من محتوى الخشب العصاري . إن احتواء بعض الأنواع الخشبية على مستخلصات خشبية مثل البينوسولفين و الثورابايسين يكسبه نوعاً من المقاومة الحيوية للفطريات المهدمة للخشب . و يتميز الخشب القلبي عن العصاري بلونه وبمحتواه العالي من الراتنجيات الذوابة في الكحول و الإيثر . تتخلق خلال عملية التمايز المجاري الراتنجية و ينفذ الراتنج إلى الفجوات مابين جذر الخلايا Knigge and Schulz, ١٩٦٦ .

٢- الخشب العصاري

يعرف الخشب العصاري بأنه الخشب الذي يحتوي على خلايا خشبية حية و نشيطة فزيولوجياً . حسب تعريف إتحاد جمعيات المصطلحات العالمية لتشريح الأخشاب IAWA يعرف الخشب العصاري أنه عبارة عن الخشب الذي يقوم بوظيفة نقل الماء أو بوظيفة تخزينية Ziegler, ١٩٦٨ . هذا ويحتوي الخشب العصاري إضافة إلى النشاء و الدهون على كمية قليلة من المركبات متعددة الفينول Hillis, ١٩٦٨ .

٣- أنواع تمايز الخشب

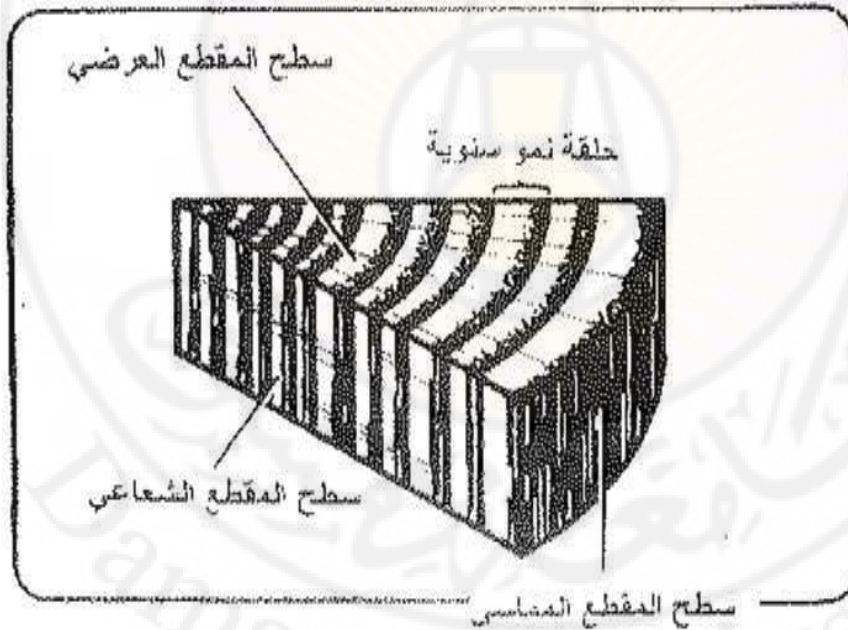
تقسم الأنواع الخشبية وفقاً لطريقة تمايزها وبناءً على الخشب الداخلي فيها إلى (Dietrichs, ١٩٦٦; Knigge and Schulz, ١٩٦٤) :

- أشجار إجبارية التمايز حيث يكون الخشب القلبي فيها ملوناً و الخشب العصاري يشغل مساحة عريضة نسبياً كما هو الحال في الصنوبر ، أو رفيعة كما هو الحال في البلوط و اللاركس .
- أشجار إختيارية التمايز أي غالباً ما يكون الخشب القلبي ملوناً مثل السنديان ، الزان .
- أشجار ناضجة الخشب يكون الخشب القلبي عديم اللون ولكن نميز فيها منطقة خشب داخلية جافة مثل السدر و التتوب .
- أشجار ذات خشب عصاري حيث لا تحتوي على خشب قلبي و يكون خشب المنطقة الداخلية يمتلكاً نفس خواص خشب المنطقة المحيطة حيث يحتوي الخشب على خلايا حية و على النشاء من المحيط و حتى مخ الساق مثل الزيزفون و السنديان الأسود ، كما يحتوي النوع الخشبي للزان *Fagus sylvatica L.* على نوع آخر إختياري من الخشب القلبي الأحمر حيث يسمى الخشب القلبي المحققن ، كما يحتوي أيضاً على نوع آخر يسمى الخشب القلبي الناتج عن الجروح Seeling, 1992; Sachsse, 1991a . حيث يكون الخشب القلبي للزان في الأشجار السليمة أحمر بنياً ، بينما قد يتعرض هذا النوع من الخشب لتحور تحت تأثير عوامل مختلفة Sachsse, 1991a ، حيث ينشأ نتيجة لذلك الخشب القلبي المحققن حيث يبدو في المقطع العرضي للساق على شكل قرص مسنن الحواف . كذلك بنتيجة تعرض الشجرة للجروح يتحول لون الخشب القلبي إلى أحمر رمادي باهت ويمتاز الخشب القلبي السليم بعد قطع الشجرة بقليل عن الخشب المحققن بلونه الأسود الداكن في المنطقة المحيطة Seeling, 1992 ، هذا وإن أسباب نشوء هذا النوع من الخشب القلبي لا تزال مجهولة . كما تكون الرطوبة في المنطقة المحيطة الداكنة اللون عالية بشكل متطرف Aufmann et al., 1980; Sachsse and Frechland, 1988; Walter et al., 1991 . هذا ويصدر عن هذه المنطقة المحيطة الداكنة الرطبة للخشب القلبي على الغالب رائحة حمض الزبدة كما تحتوي الأوعية الناقلة فيها على كمية كبيرة من التيلوزات وعلى كمية كبيرة من متعددات الفينول حيث تعتبر هذه الصفات مميزة لهذه المنطقة . إن محتويات الخشب القلبي لا يقتصر وجودها على البرانشيم فحسب و إنما يمتد إلى لمحة الألياف و الأوعية Mehringer, et al., 1988 .

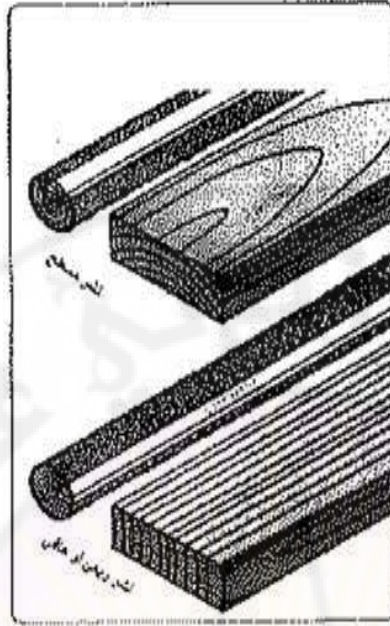
II-الصفات الظاهرية و التشريحية للخشب

Macroscopic and macroscopic character of wood

الصفات الظاهرية للخشب هي الانطباع الأول عن بنية الخشب لدى مشاهدته بالعين المجردة حيث يعطي هذا الانطباع فكرة عن ظروف نمو الشجرة وخواص الخشب وتصنيفه. يبين الشكل رقم (١١) الصفات الظاهرية لقطعة خشبية تمثلت فيها سطوح المقاطع الخشبية: المقطع العرضي Cross-Section والمقطع الشعاعي Radial-Section والمقطع المماسي Tangential-Section. حيث يلاحظ الاختلاف في مظهر هذه السطوح ويبين الشكل رقم (١٢) تقسيم الخشب المنشور Lumber حسب طريقة نشره سواء أكان نشرأ مسطحاً Flat-Sawn أو نشرأ حافياً (رباعي) Quarter-Sawn أو Edge-Grain (التصنيف هنا حسب السطح الأكبر). أما الصفات التشريحية فيقصد بها المشاهدة المجهرية لبنية الخشب .



الشكل رقم (١١): الصفات الظاهرية لسطوح المقاطع الخشبية الثلاث



الشكل رقم (١٢): تقسيم الخشب المنشور حسب طريقة نشره

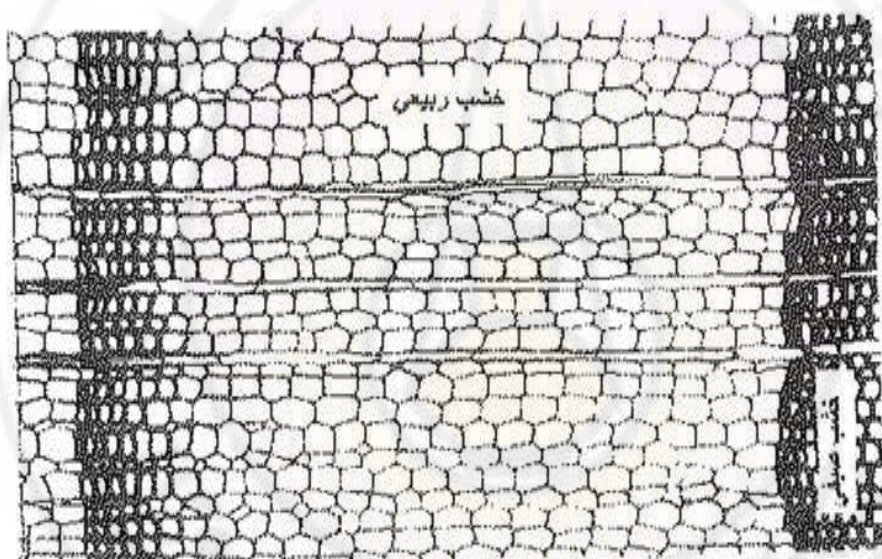
١- حلقات النمو Growth rings

١-١- حلقات النمو السنوية Annual rings

١-٢- الشكل (المظهر) Appearance

تبدأ الأنواع الخشبية في النمو في غابات المناطق المعتدلة في الربيع الباكر بسرعة كبيرة ويتباطأ نحو أواخر الصيف قبل توقفه تماماً في الخريف، وينجم عن طبيعة النمو هذه نموذج بناء خشبي يختلف من موسم لآخر خلال السنة حيث تتشكل حزم متناوبة من الخشب المتشكل سنوياً خلال فصلي الربيع والصيف، وتتشكل حزم النمو هذه حدود النمو السنوي للشجرة، ويوضح الشكل رقم (١٣) مقطعاً عرضياً في خشب السيكويا حيث يلاحظ اختلاف طبيعة النمو في خشب الربيع عن خشب الصيف، إذ يتصف خشب الصيف بكثافة أعلى حيث الخلايا صغيرة القطر سمكة الجدران وصغيرة اللمعة لتعطي الخشب لوناً داكناً في تلك

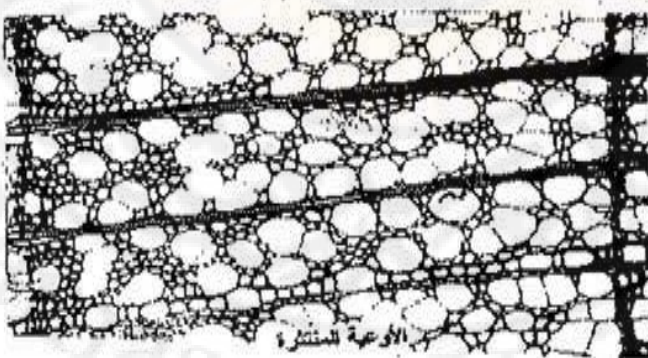
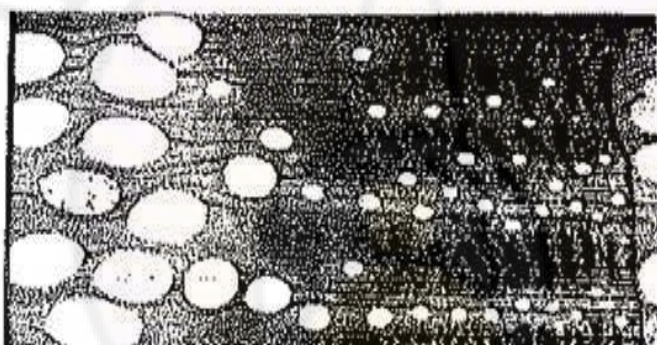
المنطقة. ويوضح الشكل رقم (١٤) أشكال كل من خلايا الربيع والصيف. لا تفسد حلقات النمو واضحة أو مميزة ضمن حزم متتالية من خشب الربيع والصيف فقد تسطيع الحدود الفاصلة بينهما في بعض الأخشاب عريضة الأوراق حيث تتشكل أوعية ذات أقطار كبيرة في بداية موسم النمو وأخرى صغيرة في نهايته انظر الشكل رقم (١٥) ويعرف هذا النوع من النمو بالأخشاب ذات الأوعية الحزمية (الشراطبية) Ring porous بينما تكون أشجاراً أخرى أوعية ذات أقطار متجانسة تقريباً موزعة على كامل حلقة النمو حيث تعرف هذه بالأخشاب ذات الأوعية المنتثرة Diffuse porous وتكون ذات حلقات غير مميزة تقريباً.



الشكل رقم (١٣): مقطع عرضي ميكروسكوبي في خشب السيكويا تكبير ٨٥ مرة
(*Sequoia sempervirens*)



الشكل رقم (١٤): أشكال كل من خلايا خشب الربيع وخشب الصيف



الشكل رقم (١٥): مقطع عرضي ميكروميكوبي لخشب البلوط الأحمر *Q. falcate* بين الأوعية الحزامية تكبير ٣٠ مرة ومقطع عرضي ميكروميكوبي لخشب الجوز الأصفر *Saxifar albidum* بين الأوعية المنتشرة تكبير ٨٠ مرة

١-٣- التشكل Formation

إن تشكل كل من خشب الربيع وخشب الصيف يتعلق بمدى وفرة منتجات التمثيل الضوئي ووجود الأوكسينات ، ويعتقد بعض الباحثين أن تشكل خلايا ذات أقطار صغيرة وجدران سميكة عمليتان منفصلتان عن بعضهما البعض، ويعتقد أيضاً أن تشكل خلايا ذات أقطار كبيرة (خشب ربيع) يتعلق بوفرة الأوكسينات وكذلك يظن أن تشكيل خلايا ذات جدران سميكة يتعلق بوفرة منتجات التمثيل الضوئي. ونسوق النموذج التالي لطبيعة نمو الأشجار متباعدة الأوراق ذات الخشب الطري كاللاركس Larix حيث يبدأ النمو في الربيع على حساب المخزون الغذائي الكربوهيدراتي للشجرة حيث تبدأ الأوراق بالظهور وتبدأ معها عملية التركيب الضوئي كما تستمر الأوراق في النمو حجماً ، وتتم الفروع القمية في الشجرة بكثرة لوفرة الأوكسينات ، وبذلك تستهلك معظم السكريات في بناء نسج جديدة كالأوراق والفروع بينما يتحول القليل منها لبناء الجذر الثانوية في الخلايا المتشكلة من الكامبيوم ومع نهاية موسم النمو تصبح ظروف النمو غير مناسبة بسبب الجفاف أو انخفاض درجة الحرارة أو قسور عدد ساعات الإضاءة مما ينجم عنه قلة إنتاج الأوكسينات مما يؤدي إلى إنتاج خلايا ذات أقطار صغيرة، ويحد تراكم مثبطات النمو Growth inhibitor من معدل إنتاج خلايا جديدة فتصبح كمية الكربوهيدرات المتوفرة للنمو كبيرة جداً وتذهب إلى نمو الجدران الثانوية للخلايا وبذلك تتشكل خلايا ذات أقطار صغيرة وجدران سميكة، وفي الحقيقة أن أثر وفرة منتجات التركيب الضوئي في آخر موسم النمو ليست واضحة تماماً في الأنواع ذات الأخشاب القاسية مقارنة بالمخروطيات. ففي الأخشاب ذات الأوعية الحزمية يتو تشكل الأوعية ذات الأقطار الكبيرة خلايا متزايدة ذات أقطار صغيرة سميكة الجدران في نهاية موسم النمو. هذا وتنتج الأشجار ذات الأخشاب المنتثرة الأوعية نسبة كبيرة من الألياف في نهاية موسم النمو وتنتج هذه العناصر شعاعياً.

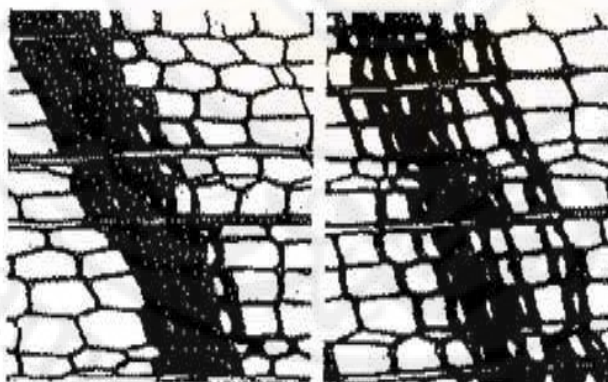
١-٤- حلقات النمو غير التامة Discontinuous rings

تنجم هذه الحالة عن استمرارية سكون خلايا الكامبيوم في جهة معينة أو أكثر من مناق الشجرة وقد تعود أسباب السكون أحياناً لتأخير توفر الأوكسينات إلى ذلك الجزء من الكامبيوم وإلى قلة الغذاء في مكان ما أو عوزه ، الأمر الذي يؤدي إلى تشكل حلقة نمو سلوية غير تامة على محيط جذع الشجرة . وغالباً ما تشاهد هذه الحالة في الأشجار ذات التاج وحيد الجانب (التاج النصفى) One sided crown وفي الأشجار الهرمة والمكبوتة وتلك التي تتعري

من الأوراق خلال موسم نموها (Kramer and Kozlowski, ١٩٧٩) ويجب الحذر هنا عند تقدير عمر للشجرة بالمسبار حيث تسير الشجرة في أكثر من موضع عند الشك بوجود حلقات نمو غير تامة.

١-٥- حلقات النمو الكاذبة False rings

وتلجم عن توقف النمو بسبب تعرض الشجرة لظروف غير ملائمة كالجفاف أو السقيع أو تعري الشجرة من أوراقها مما يؤثر في معدل تشكل الأوكسينات فيما لو تأثر النمو القمي للشجرة وينجم عن ذلك تشكل خشب صيفي ولو تلا هذه الظروف السيئة ظروف نمو ملائمة في نفس فصل النمو تستأنف الشجرة نموها بإنتاج خلايا ذات أقطار كبيرة وجدران قليلة السماكة وتظهر هذه الحالة في المقطع العرضي للشجرة بوجود ما يشبه حلقتي نمو فصل واحد (سنة واحدة) حيث تعرف الحلقة المشكلة بالحلقة الكاذبة ، وقد تتشكل عدة حلقات كاذبة في سنة واحدة (Essau, ١٩٦٥) في جذع شجرة *Taxodium* ، وعادة ما يكثر تشكل هذه الحلقات في الأجزاء العليا من الشجرة ويمكن تمييز حلقات النمو الكاذبة في المخروطيات عن الحلقات العادية بفحص المنطقة الانتقالية بين الخشب الربيعي والخشب الصيفي (Panshin and de Zeeuw, ١٩٨٠) حيث تتصف هذه المنطقة الانتقالية بالتغير الحاد والمفاجئ في حجم الخلايا ومساكة جدرانها ضمن حلقة النمو للسوية الواحدة في الحلقات العادية بينما تبدي الحلقات الكاذبة تدرجاً في هذه الصفات بين الخشب الصيفي والكاذب والخشب التالي وبين الشكل رقم (١٦) حلقة نمو طبيعية وأخرى كاذبة.



حلقة نمو طبيعية

حلقة نمو كاذبة

الشكل رقم (١٦) حلقة نمو طبيعية وأخرى كاذبة في خشب التاكسوديوم *Taxodium*

٢- خشب القلب (الصادق) وخشب المحيط (العصاري الكاذب)

Heartwood and sapwood :

تستمر الشجرة بإنتاج الأنسجة الحية الجديدة سنوياً ، بينما يتوقف صمل أنسجة أخرى أكثر تقدماً بالعمر و هذا ما يفسر عدم قدرة النسيج النباتية على العيش لأكثر من بضع سنوات على الرغم من وصول بعض الأشجار أحياناً لعمر ثلاثة آلاف سنة أو أكثر ويقدر مجموع الخلايا الحية في شجرة ما بنسبة ١% من حجمها الكلي (Mirov and Hasbrouck, ١٩٧٦).

يتضح عند فحص مقطع عرضي في جذع خشبي منطقة ومسطى ذات لون داكن محاطة بمنطقة فاتحة اللون حيث تعرف المنطقة الداكنة بخشب القلب أو الخشب القاسي بينما تعرف المنطقة المحيطة بها (الفاتحة اللون) بالخشب الطري العصاري أو خشب المحيط هذا ويتكون خشب القلب من خلايا ميتة داعمة لجذع الشجرة ، في حين يتكون خشب المحيط في معظمه من خلايا حية وظيفتها نقل النسغ الناقص ويتصف خشب القلب بكثافته العالية ومتانته ومقاومته للتدهور مقارنة بالخشب الطري (خشب المحيط) ، وفي الحقيقة أن جزءاً من هذه الصفات صحيح والآخر ليس كذلك. يبدأ تشكل خشب القلب بعد فترة من نمو الأشجار في مركز الشجرة وقد تقصر الفترة اللازمة لبدء تشكل خشب القلب أو تطول حسب الأنواع فمثلاً تبدأ هذه العملية في الصنوبر بعمر ١٥-٢٠ سنة (Kuch, ١٩٧٢) ويميز معدل التشكل بمعدل ينوف عن النمو القطري إلى أن يثبت التشكل بمعدل النمو السنوي فيما بعد ولا يلي خشب القلب الحدود الفاصلة بين حلقات النمو. تموت خلايا العناصر الخشبية بعد اكتمال نمو جدرانها الثانوية وتتميز هذه المرحلة باختفاء النواة و السيتوبلازم وفقدانها (Esau, ١٩٦٥) إلا أنه يحتفظ نحو ٥-٤٠% من خلايا الخشب العصاري بالبروتوبلازم وتعرف هذه الخلايا بالخلايا البرانشيمية ، وهي خلايا متخصصة في تخزين الغذاء وتوجد على شكل خلايا طويلة Longitudinal وخلايا شعاعية Ray. تقوم للخلايا الحية في الخشب العصاري بعمليات الاستقلاب كاملة وتخفض للفعالية الاستقلابية للخلايا بالاتجاه نحو مركز الشجرة وتبدأ مكونات بعضها الآخر بالتهدم ، حيث تبدأ السيتوبلازما بالتبدل كيميائياً فتتخفف نسبة النشاء والمبكر والمواد الليتروحيوية وتصبح نواة الخلية دائرية وتبدأ بالتهدم ثم تختفي نهائياً معلنة موت الخلية، وكما أشرنا سابقاً تكون جميع خلايا الخشب القاسي ميتة. ويعزى موت الخلايا هذا إلى تراكم أنواع عدة من المواد ذات الطبيعة الفينولية في جدران الخلايا وفي لمعتها وإلى نقص محتواها المائي. يعتقد البعض بأنها تراكم لتهدم المنتجات الوسطية لنشاط خلايا

الكاسبيوم وقد أوضح (Stewart ١٩٦٦) أن المواد المتبقية المتشكلة خلال تكون الخلايا وتطورها تتجه إلى داخل ساق الشجرة عبر أشعتها حيث تتراكم لدرجة السمية في مركز الشجرة وفور قتل خلايا مركز الشجرة يستمر تراكم المواد بتماس خلايا الخشب المحيطي والقلبي حيث تتسع الدائرة ، وقد أوضح Rudman (١٩٦٦) أنه عندما يزداد إنتاج الغذاء عن حاجة الشجرة الآتية تنتشر هذه المواد نحو الداخل عبر الأشعة لتتراكم وتتحلل مما يسبب موت خلايا منطقة التركيز هذه وتبدو هذه النظرية مقبولة وخاصة في أواخر موسم للنمو حيث يزداد الفائض من الغذاء. كذلك ينقص المحتوى المائي للخلايا الداخلية حيث ينفصل الماء في الأوعية عن بعضه بفعل فقاعات الهواء ونقصانه هذا هو إشارة لبدائية تحول الخشب العصاري إلى خشب قلب حيث يعمل نقص الماء على تحويل النشاء إلى سكر وهذا ما ينقص المحتوى الأكسجيني للخلايا ويزيد من تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ويزيد من ضغط الغاز أيضاً مما يؤدي إلى موت الخلايا خاصة وأن تحلل السكر يقود إلى تشكل مركبات فيولوجية تسد قنوات اتصال الخلايا ببعضها البعض حيث يزداد تراكم المواد بفعل الانسداد، وفي الخلاصة يكمن التغير في المحتوى الكيميائي للخلية دون أن يتغير تكوين الخلية نفسها وتركيبها عند التحول إلى خشب قلب ما عدا السداد الثغور بين الخلايا (التراكيدات) في حالة المخروطيات. يحتوي خشب القلب على مركبات كيميائية وهي منتجات تهدم النشاء والسكر (Koch, ١٩٧٢) وهي الدهون والشموع والزيوت والريزن (الراتنج) والصمغ والتانين ومواد عطرية وأخرى ملونة، ويستخلص معظمها من الخشب بغلي الخشب في الماء أو في الكحول أو الإيثانول سيكلوهكسان أو بطرق أخرى. وتعرف هذه المواد جميعاً بمستخلص الخشب Extractives، ويبدو مما سبق أن الفرق الوحيد بين خشب القلب وخشب المحيط هو فرق كيميائي فقط كما أن وجود هذه المركبات يكسب خشب القلب صفات معينة أهمها:

- ١- دكالة اللون فيما لو كانت المواد المترسبة فيه ذات لون غامق حيث إنه لا يوجد فروق في اللون بين الخشب العصاري والخشب القلبي في بعض الأنواع وهذا لا يعني غياب الخشب القلبي بل يعني عدم وجود مواد ذات لون غامق فيه وتبدي الأنواع عريضة الأوراق تنوعاً كبيراً في لون خشب القلب.
- ٢- يعد خشب القلب مقاوماً جداً للفطور والحشرات بسبب احتوائه على مواد سامة أو طاردة على الأكل للحشرات والفطور كما هو الحال في أخشاب الأرز والسيكيا والصنوبر ومن

المهم التأكيد أن مقاومة الخشب للفطور والحشرات يرتبط بوجود هذه المواد وعندما تنغيب من الخشب يصبح عرضة لهذه العوامل خاصة الخشب العصاري.

٣- قد يكون خشب القلب صعب التشرب أو النفاذ للموائيل حيث يعزى ذلك إلى وجود الزيوت والشموع والصمغ التي يمكن أن تسد ثغور الخلايا البيئية أو انغلاق الغشاء النقطي بسبب الترتيب العشوائي للخليتين وذلك في المخروطيات أو انسداد الفتحات البيئية بين الخلايا بسبب هجرة أكياس خلوية من خلية برانشيمية أو عاء ناقل مجاور لها ، وهذا ما يعرف بتشكيل التيلوسات Tyloses وعندما يكون الخشب عرضة للتهدم وصعب لنفاذ السوائل يجعل استعماله محدودة ويعد الدوغلاس *Pseudotsuga menziesii* مثلاً جيداً لهذه الحالة.

٤- قد يكون من الصعب تجفيف خشب القلب ويعود سبب ذلك إلى ما ورد في الفقرة الثالثة.

٥- قد يكون لخشب القلب رائحة مميزة ويعود ذلك إلى وجود مركبات عطرية فيه كخشب الأرز.

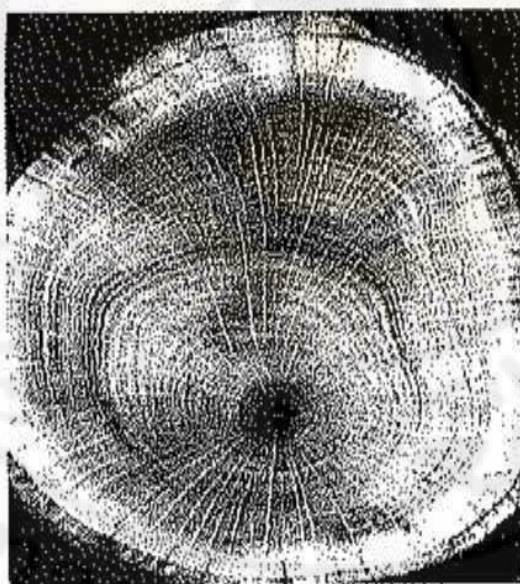
٦- قد يكون لخشب القلب كثافة أعلى من الخشب العصاري ويمزى ذلك لكثرة المواد الكيماوية فيه. كما يتصف خشب القلب بضعف امتصاصه للماء وانخفاض نقطة تشبع الألياف وبشكل عام يمكن القول بأنه ليس هناك من فروق في متانة خشب القلب وخشب المحيط مع وجود بعض الاستثناءات.

٣- الأشعة Rays

تعرف الأشعة بأنها خلايا تجتمع معاً لتشكل قنوات عرضية تنقل السغ أفقياً في كلا الاتجاهين من الغربال وتحثوي جميع الأخشاب أشعة خشبية تكون كبيرة وواضحة للعين المجردة وذلك في المقطع العرضي لبعض الأنواع كالمستديانيات ، بينما تكون دقيقة (ضسيقة) وصعبة الملاحظة في المخروطيات وفي عدد من عريضات الأوراق حتى باستعمال مكبرة (X10) وتستعمل الكثير من الأخشاب في أعمال الموبيليا وصناعة القشور لجمال ترتيب أشعتها في المقاطع ذات السطوح الشعاعية والمماسية وبداعتها. وللأشعة تأثير في صفات الخشب حيث تحد من التغير الحجمي (في الأبعاد) في اتجاهها وبفضلها ينكمش الخشب قليلاً شعاعياً مقارنة مع انكماشه مماسياً. وتكون الأشعة نقاط ضعف في متانة الخشب في الاتجاه الموازي للمقطع العرضي حيث يحدث تشققاً Splitting على طول الأشعة في الرقائق

الخشبية إن لم يراع الاتجاه الصحيح لسكين الكشط، وكذلك أثناء تجفيف الخشب. وتمتد الأشعة من خلايا الكامبيوم والغلف إلى الداخل ويمكن أحياناً متابعتها إلى مركز الساق وتبقى المسافة بين الأشعة ثابتة تقريباً على كل المسافات من المخ Pith . هذا وتتكون الأشعة الخشبية من انقسام بداءات الأشعة

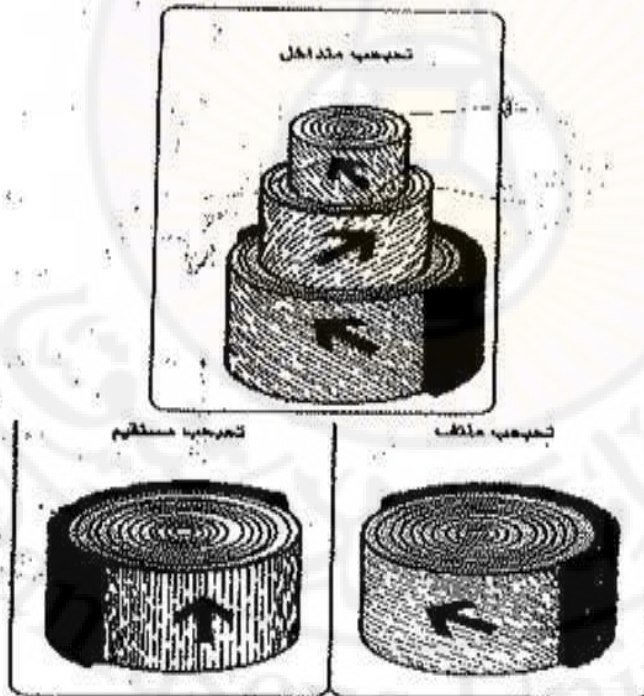
Ray initials في الكامبيوم وتتأ الأخيرة بدورها إما من انقسام خلية بداءة أشعة أخرى أو من الانقسام غير المتساوي لبداءات الفيوزيفورم fusiform initial حيث إن الخلية الضعيفة التغذية أو الصغيرة القد تخفق في الانقسام والتطور لتصبح خلية خشب أو غربال أو تختزل إلى بداءة شعاع وبما أن نقص التغذية غير موجود بالقرب من الأشعة فإن ذلك يضمن توزع مصافات منتظمة بينها، ويمكن تتبع الأشعة من الغربال للكامبيوم إلى داخل الخشب بسبب ديمومة الكامبيوم حيث إنه بمجرد تشكل البداءات تستمر بالانقسام بلما يبتعد الكامبيوم إلى الخارج وينقطع اتصال الشعاع مع الكامبيوم وينتهي امتداده إذا فقدت أو ضمرت الخلايا البدائية المولدة له ولم تستبدل بجديد ويظهر الشكل رقم (١٧) الأشعة الخشبية في المقطع العرضي لساق البلوط.



الشكل رقم (١٧): الأشعة الخشبية في المقطع العرضي لساق البلوط

٤- اتجاه التحجيب Grain orientation

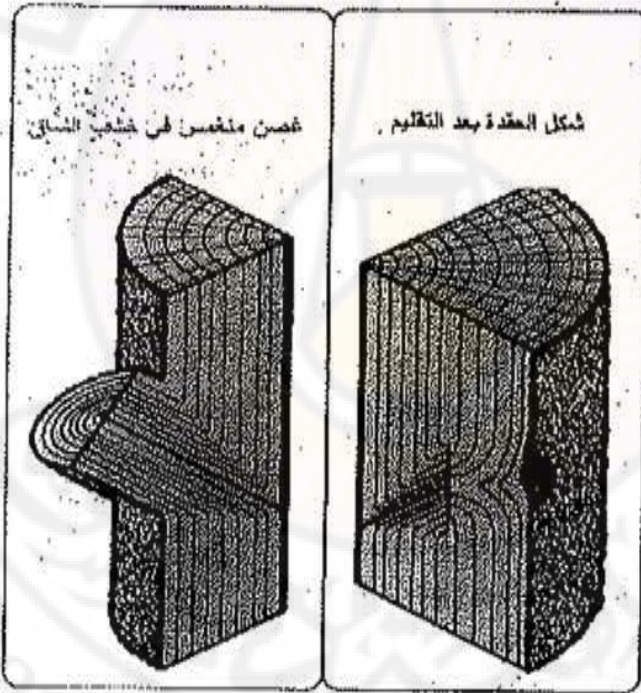
يعرف اتجاه التحجيب بأنه الاتجاه الموازي للمحور الطولي لمعظم الألياف الخشبية ويوضح الشكل رقم (١٨) نماذج التحجيب حيث التحجيب المستقيم Straight grain orientation وفيه تتوضع الألياف بشكل مواز لمحور المساق، والتحجيب الملفف Spiral grain orientation حيث يشكل اتجاه الألياف زاوية مع المحور الطولي للمساق، وتكجم هذه الحالة عن الانقسام الطولي Anticlinal حيث تكون خلية الكامبيوم المتشكلة في اتجاه وحيد فقط، ويكون للخشب المنشور الناتج عن مثل هذه الأخشاب ضعيف المتانة و القساوة Stiffness وقابلاً للالتواء بجفافه. ويتشكل في بعض الأخشاب تحجيب متداخل و متشابك Interlocked grain حيث تتوضع الألياف لعدة سنوات في اتجاه مائل لتعاكسه في سنوات أخرى وتعد هذه الحالة صفة وراثية تحدث في بعض الأصناف ويندر حدوثها في أصناف أخرى وتكثر في الأولم Ulmus ويكون الخشب في هذه الحالة صعب الفلق Split ويصلح حطباً للوقود. ويتقلص الخشب هذا عند جفافه ويلتف بصورة غريبة.



الشكل رقم (١٨): نماذج التحجيب في لموق الخشبية

٥- العقد Knots

العقدة الخشبية عبارة عن قاعدة غصن مغموسة في الخشب. وتعتبر العقد الخشبية عيباً في الخشب أثناء استعماله لأنها تقلل من قيمته وقوته ومتانته ومظهره، هذا وتختلف العقد بالنسبة لعددتها وحجمها في الخشب وقد تكون صغيرة أو كبيرة، مدورة أو بيضوية. ويسمى قسم العقد المغموس في الخشب عندما يكون الغصن حياً بالعقدة الحمرء وعندما يكون الغصن ميتاً بالعقدة السوداء. هذا ويكون الخشب حول العقد الخمرء مثلياً ومرتبكاً مع العقد، أما الخشب حول العقد السوداء فيكون غير متين وغير مرتبط بها، الأمر الذي يدعو إلى وقوع العقد أثناء الاستعمال (قدح، ١٩٩٤). ويبين الشكل رقم (١٩) نموذجين للعقد أحدهما يمثل تركيب غصن مغموس في خشب الساق والآخر شكل العقد بعد متابعة الساق للعقد بعد متابعته الساق لنموه إثر عملية تقليم للغصن.



الشكل رقم (١٩) نموذجان للعقد أحدهما يمثل تركيب غصن مغموس في خشب الساق والآخر شكل العقد بعد متابعته الساق لنموه إثر عملية تقليم للغصن.

٦- الخشب اليافع Juvenile wood :

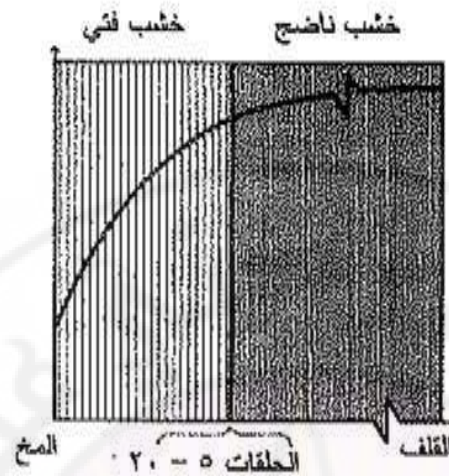
يعرف الخشب اليافع على أنه الخشب الثانوي المتشكل من قبل الكامبيوم المتأثر بفعل المرسيم القمي في المراحل الأولى من نمو الشجرة (Rendle, ١٩٦٠) ويخدم هذا التعريف في توضيح وجود التدرج في صفات الخشب بين الخشب اليافع والناضج. ولا يتشكل الخشب اليافع عموماً في محيط ساق الأشجار بسبب النمو المستمر للكامبيوم والنمو العرضي المرافق ويتعد تدريجياً عن تأثير المرسيم القمي. ويعد الخشب اليافع ذا نوعية منخفضة عندما يقارن بالخشب الناضج خاصة في المخروطيات. وتكون خلايا الخشب اليافع (الفتي) أقصر من خلايا الخشب الناضج في المخروطيات وعريضات الأوراق على السواء حيث تكون الخلايا أطول من ٣-٤ مرات في الخشب الناضج منها في الخشب الفتى في المخروطيات وتكون أيضاً ألياف الخشب الناضج ضعف طول ألياف الخشب الفتى في عريضات الأوراق. كما يختلف تركيب الخلايا حيث تكون خلايا الصيف قليلة في الخشب الفتى وتكون الخلايا ذات جدران رقيقة مما يلجم عنه انخفاض في الكثافة يقابلها ضعف في المتانة مقارنة مع الخشب الناضج حيث تكون كثافة الخشب الفتى أقل بنحو ١٠-١٥ % في المخروطيات ويقابل ذلك انخفاض في المتانة من ١٥-٣٠ % وحتى ٥٠ % منها في الخشب الناضج ، وتخفض أحياناً الكثافة إلى نحو ٥٠ % للأشجار المغروسة (المشجرة) منها في الأشجار النامية في الغابة. يميل الخشب الفتى إلى تكوين تحجب ملتف Spiral grain حيث تكون زاوية توضع اللييفات في طبقة S٢ كبيرة وهذه سفة للخشب المفل الذي غالباً ما يتشكل في مناطق تشكل خشب الطفولة. وكما أشرنا سابقاً أن كبر زاوية توضع اللييفات في الجدار الثانوي يؤدي إلى زيادة في تقلص الخشب طولياً وتناقص مماثل في التقلص العرضي Transverse وعادة ما يترافق كبر زاوية توضع اللييفات في نقص قوى الشد Tensile strength . وفي الخلاصة إن انخفاض المتانة ووجود التحجب الملتف والتقلص الطولي الكبير في الخشب الفتى يجعله غير مرغوب وأقل ملاءمة لأعمال النجارة Solid wood products ويوضح الجدول رقم (٣) بعض الفروق بين الخشب اليافع والخشب الناضج.

جدول رقم (٣) : بعض خواص خشب اليافع والخشب الناضج.

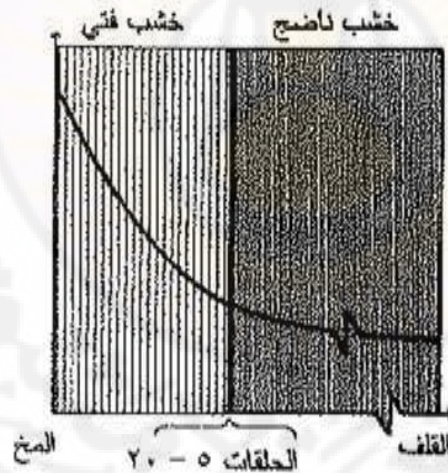
الصفة	خشب الطفولة (الخشب اللين)	الخشب الناضج
الكثافة النوعية (أخضر)	٠,٤٢	٠,٤٨
الكثافة (كغ/م ^٣)	٤٢٧,٢	٩٨٩,٢
طول الألياف (مم)	٢,٩٨	٩,٢٨
سمائة الجدار الخلوي (ميكرومتر)	٣,٨٨	٨,٠٤
قطر لمعة الخلية (ميكرومتر)	٤٢,٢٥	٣٢,٧٨
قطر الخلية (ميكرومتر)	٥٠,٠١	٤٨,٨٦
زاوية توضع الليبقات في S _٢ ((	55°	20°
التقلص الطولي (أخضر-١٢%)	٠,٥٧	< ٠,١
قوة للكسر	١٠٠	١١٣
دليل الخشونة	١٠٠	١١٦
مئانة الانضغاط الموازية لدليل التحجب	١٠٠	١٢٤

كما ويعد خشب الطفولة رديناً جداً لصناعة الورق بسبب احتوائه على كميات أعلى من اللغنين ونصف السللوز ونسبة أقل من السللوز مقارنة مع الخشب الناضج. ويعمل ارتفاع نسبة اللغنين على خفض كمية عجينة Pulp الناتجة على اعتبار أن معالجة الخشب كيميائياً تهدف إلى إزالة اللغنين الرابط بين الخلايا، ويعطي خشب الطفولة عموماً عجينة ذات متانة ضعيفة. وقد دلت الأبحاث على أن عجينة خشب الطفولة تعطي ورقاً له قوة تمزق منخفضة Low tear strength لكن مقاومته عالية للخرق Burst وأخرى للطوي Folding ويعتقد العديد من الباحثين بأن الصفات السيئة لورق خشب الطفولة ناتجة أساساً عن تطبيق شروط التصنيع الخاصة بالخشب الناضج من حيث جميع المعاملات حيث إن طبخ خشب الطفولة في شروط معدة للخشب الناضج تؤثر في الإنتاج ومتانة الناتج وعندما يطبخ وحده في شروط خاصة به

سيتم تحسين الإنتاج ومثانة المنتج، والشروط الخاصة به هي حرارة أقل ومدة طبخ أقصر لكونه رقيقاً ويكون زمن عملية الضرب Beating أقل. ويصعب ملاحظة الخشب الفتي بنظرة عابرة خاصة في المخروطيات، وتكون أوعية هذا الخشب صغيرة ذات تركيب خاص في خشب عريضات الأوراق. ولا يوجد حد فاصل بين الخشب اليافع والناضج في الشجرة بل هناك تدرج في صفات الخشب من مركز الساق لمحيطه حيث تكون الكثافة النوعية أقل والألياف أقصر وزاوية توضع اللبقات أكبر في حلقات النمو السنوية الأولى وتزداد الكثافة النوعية وتطول الألياف في الحلقات التالية باتجاه محيط الساق ويوضح الشكل رقم (٢٠) الزيادة التدريجية في بعض الصفات (الكثافة النوعية، طول الخلية، سماكة جدار الخلية، التقلص العرضي، نسبة خشب الصيف) عند الانتقال التدريجي من الخشب اليافع إلى الخشب الناضج. كما يوضح الشكل رقم (٢١) التناقض التدريجي في بعض الصفات (زاوية توضع الألياف في S٢، التقلص الطولي، المحتوى الرطوبي) عند الانتقال التدريجي من الخشب اليافع إلى الخشب الناضج (Bendisen, ١٩٧٨). حيث يكون معدل التغير في بعض الصفات سريعاً في المراحل الأولى من عمر الخشب الفتي ويتباطأ في المراحل الأخيرة منه حيث يكتسب صفات الخشب الناضج تدريجياً. وتؤدي كثرة كمية الخشب المفعّل في الخشب الفتي إلى عدم وجود منطقة محددة للخشب الفتي. وتشير إحدى الدراسات إلى وجود ٤٢ % خشب مفعّل في الخشب الفتي مقارنة مع ٧ % فقط في الخشب الناضج للصلوبر الجنوبي الأصفر. هذا ويصعب تحديد منطقة انتهاء الخشب الفتي في ساق الشجرة وبدء الخشب الناضج إلا أنه من المنفق عليه وجود الخشب اليافع في الحلقات الأولى لنمو الشجرة وبالتحديد من ٥-٢٠ من أولى حلقات النمو السنوية ويعتمد تشكله على النوع وعلى المعاملات كالتمديد والري اللذين يزيدان مدة تشكله.



شكل رقم (٢٠) : الزيادة التدريجية في بعض الصفات (الكثافة النوعية، طول الخلية، سمادة جدار الخلية، التقلص العرضي، نسبة خشب الصيف) عند الانتقال التدريجي من الخشب النافع إلى الخشب الناضج (Bendtsen, ١٩٧٨).



شكل رقم (٢١) التناقص التدريجي في بعض الصفات (زاوية توضع الألياف في S٢، التقلص الطولي، المحتوى الرطوبي) عند الانتقال التدريجي من الخشب النافع إلى الخشب الناضج (Bendtsen, ١٩٧٨).

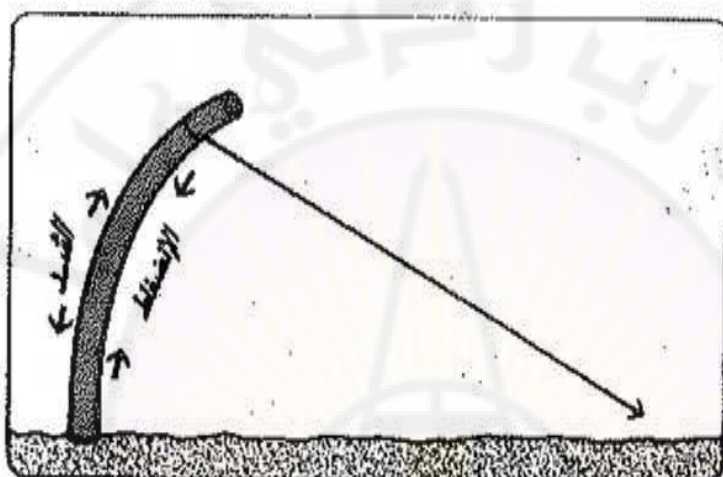
٧- الخشب المفعل (خشب رد الفعل) Reaction wood

يتشكل هذا الخشب على أنه رد فعل من الشجرة لعامل ما ويتشكل في الأشجار التي تنحرف عن الشاقول أو عند انحراف غصن ألقي عن اتجاهه الطبيعي ويختلف الخشب المفعل في المخروطيات عنه في عريضات الأوراق فيسمى في المخروطيات بالخشب المنضغط Compression wood وفي عريضات الأوراق بالخشب المشدود Tension wood ووظيفة الخشب المفعل في كلتا الحالتين إعادة الشجرة إلى وضعها الصحيح.

٧-١- الخشب المنضغط Compression wood

عندما ينحني قصيب أو غصن ما فإن جهة انحناء الغصن تصبح أقصر من جهته الأخرى التي تصبح مشدودة بسبب الضغط الممارس على الغصن. ويتشكل الخشب المفعل في المخروطيات في الجهة الأقصر أو المنضغطة من الغصن Underside (شكل رقم ٢٢) ويتشكل الخشب المنضغط بشكل واسع في الأغصان والفروع حيث يعمل على الحفاظ على زاوية الغصن ماعدا حالة الأشجار ذات الأغصان المتهذلة إلى أسفل كالتوب. ويختلف الخشب المنضغط في صفاته عن الخشب العادي فتراكيداته على سبيل المثال أقصر بنحو ٣٠ % من التراكيدات العادية ويحتوي ١٠ % أقل من السلولوز ومن ٨-٩ % لغنين ونصف السلولوز مقارنة بالخشب العادي مما يقلل من قيمته في صناعة عجينة الورق حيث يعطي إنتاجاً Yield أقل وعجينة ذات متانة أقل خاصة عند تعريضه لمحلول السلفيت Sulfite أثناء التصنيع ويكون عيبه أقل باستعمال السلفات Sulfate (كرافت). ولا ينصح باستعمال الخشب المنضغط في الصناعات الخشبية حيث الانكماش الطولي الكبير عند تجفيفه ١-٢ % مقارنة مع ٠,٢-٠,٥ % في الخشب العادي ويمكن أن يصل الانكماش حتى ٦-٧ % ويعتادل الخشب المنضغط في متانته الخشب العادي في النوع الواحد. ولا يصلح الخشب المنضغط في الصناعات التي تتطلب متانة وخفة في الوزن كمقايض المعاول والفؤوس والمجاديف والسيوف. ويمكن التعرف على الخشب المنضغط بالنظر إلى المقطع العرضي ذي الملمس الناعم للجذع الخشبي حيث حلقات النمو العريضة في جهة ميل الساق أو الغصن (جهة الانحناء) Leaning stem ووجود حلقات نمو ضيقة في الجهة المقابلة لها من مركز الساق حيث يكون المركز Pith قريباً من الجهة العلوية Upper side للساق ويكون المقطع العرضي حينئذ غير متناظر. وتحتوي حلقات النمو العريضة عادة على لمبة كبيرة من الخشب النهائي (خشب الصيف) ويصعب تمييز خشب الربيع عن الصيف فيه خاصة في الوجه القطري

والمماسي للخشب المنشور - ومجهرياً تبدو رؤوس تراكيدات الخشب المنضغط منحنية أو مطوية في المقطع الطولي وتبدو دائرية بذل أن تكون مستطيلة ذات فراغات خلوية مميزة فيها وذلك في المقطع العرضي للساق. كما تبين من تحليل بناء الجدار الخلوي لتراكيدات الخشب المنضغط أن S₁ و S₂ تقع إلى داخل الغلاف الخلوي الأولي بميل اللييفات في S₂ نحو 45° من الوضع العمودي مما ينجم عنه انكماش كبير في المحور الطولي للخشب.

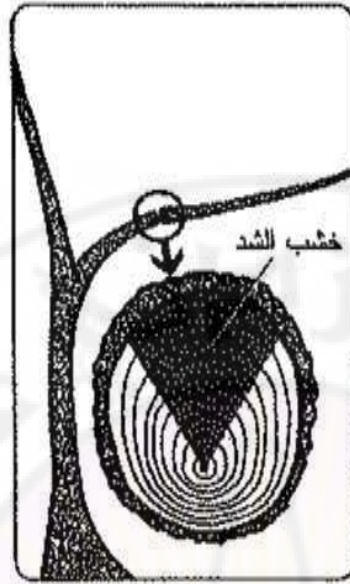


شكل رقم (٢٢) : قوى الشد والاضغط الناتجة عن انحاء خشن خشبي

٧-٢- الخشب المشدود Tension wood

يسمى الخشب المفعل في عريضات الأوراق (بالخشب المشدود)، ويتشكل في جهة الشد (الجهة العلوية للساق المائل) وكما هي الحال في الخشب المنضغط يتمتع الخشب المشدود بصفات خاصة مختلفة عن الخشب العادي وبعد غير مرغوب في صناعات عجينة الورق إذ إنه يتطلب عناية خاصة ويعطي أساساً عجينة ضعيفة وتتاثر في السورق صفات الخرق والشد بوجود الخشب المشدود إلا أن محتواه من السللوز أعلى من الخشب العادي. فمحتواه السللوزي العالي وكثافته العالية بنحو ٥-١٠ % عن الخشب العادي يؤدي إلى تحسين مردوده من عجينة الورق، وغالباً ما يستعمل في صناعات الورق الكيميائية لأنه يعطي مردوداً جيداً حيث تعتمد هذه الصناعة على إذابة بقايا اللغين ونصف السللوز من العجينة كما يستعمل في صناعة مشتقات السللوز من السلوفان و Rayon والنيتروسللول حيث لا

بهم في هذه الصناعات متانة الألياف وتعطي الطريقة الميكانيكية في صناعة الورق عجيبة
 ذات قوة جيدة أعلى مقارنة مع الخشب العادي حيث إن نسبة اللغنين فيه أقل. لاحظ أن
 الخشب المنضغط يصعب عجنه ميكانيكياً بسبب محتواه العالي من اللغنين. ويعمل الخشب
 المشدود منطحاً خشناً Fuzzy عند نشره أو تنعيمه خاصة عند نشره أخضر، مما يجعل
 المناشير تحمي ويصعب من عملية الإنهاء ويعمل الخشب المشدود عقب تجفيفه إلى التهدم
 عكسياً Collapse irreversibly كذلك ينقلص الخشب المشدود بكثرة على محوره الطولي ولكن
 بدرجة أقل من الخشب المنضغط إذ يبلغ انكماشه حوالي ١% أو أقل. وقد يبدو هذا الانكماش
 غير مهم فمثلاً إن انكماشاً قدره ٥,٥% يعني ٠,٦ سم في ٨٠ سم طول ويحدث الالتواء
 Twist أو اللف Wrap في حال وجود الخشب المشدود على جانب واحد أو حلقة واحدة من
 اللوح الخشبي. وبعد الخشب المشدود أقل متانة من الخشب العادي لأخشاب ذات كثافة واحدة.
 وليس من السهل معرفة وجود الخشب المشدود مما يقلل من احتمال استبعاده خلال التصنيع
 لكن يستدل على وجوده بشكل المقطع العرضي للجذع الخشبي أو ترتيب الحلقات ضمن
 المقطع حيث الجزء من الحلقات العرضية مقابل الحلقات الضيقة في الجزء المقابل من الساق
 الإهليلجي الشكل Elliptical shape (شكل رقم ٢٣) وكذلك يستدل على وجوده من السطح
 المخشوش (الخشن) للوح الخشبي خلال عملية النشر، ويبدو الخشب المشدود تحت المجهر
 محتوياً على عناصر أقل من الأوعية وذات حجم صغير مقارنة مع الخشب العادي وتبدو
 جدران أليافه سميكة وخلاياه ذات نعمة صغيرة وتلتصق الجدران الثانوية فيها بالأولية بصورة
 هشة Loosely هذا ويؤدي وجود الجدران الثانوية السميكة هشة الاتصال في الألياف إلى
 ارتفاع حرارة المناشير خلال عملية النشر و إلى ظهور السطوح الخشنة Fuzzy. ويصعب
 أحياناً نشر الجدران الطرية بنظافة Cleanly وتؤدي عمليات القطع إلى تمزق Tear out حزم
 الألياف من أسفل السطح المنشور. كذلك تؤدي جدران الألياف السميكة إلى ضعف في متانة
 الورق المصنوع من الخشب المشدود.



شكل رقم (٢٢) : الخشب المشدود في المقطع العرضي الإميلجي للساق

٨- خشب الأغصان والجذور Branch wood and Root wood

٨-١- خشب الأغصان Branch wood

تحتوي الأغصان بطبيعتها نسبة أعلى من القلف مقارنة بالساق خاصة تلك الأغصان ذات القطر الأقل من ٥, ٢ سم وهذا يشكل مشكلة تصنيعية كبيرة حيث إن صفات القلف سفيرة لصفات الخشب كذلك يلتصق بالقلف العديد من الشوائب. وأساساً يختلف خشب الأغصان عن خشب الساق ففي أغصان عريضات الأوراق تكثر نسبة الأوعية والأشعة عنها في الساق الرئيسية وتقل فيها الألياف أيضاً، وتكثر القنوات المفردة في خشب أغصان المخروطيات وتكون صغيرة القطر كما تحوي أيضاً أشعة أكثر من الساق. وتكون حلقات النمو السنوية ضيقة في خشب أغصان المخروطيات وعريضات الأوراق على السواء كما تكون الخلايا الحلولية قصيرة وصغيرة القطر مقارنة بتلك في خشب الساق. ففي عريضات الأوراق والمخروطيات يكون طول الألياف في الأغصان أقل بـ ٢٥-٣٥ % من مثيلتها في خشب الساق. وتشير الدراسات القديمة إلى كون الكثافة النوعية في خشب الأغصان أعلى

منها في الساق إلا أن الدراسات الحديثة وجدت أن العلاقة ترتبط بالنوع . وبشكل عام فإن الكثافة النوعية لخشب أغصان المخروطيات تكون أقل بـ ٥-٢٠ % منها في الساق ، بينما تكون الكثافة النوعية لخشب أغصان عريضات الأوراق متباينة في كونها أعلى إلى أدنى منها في الساق. وتكون منتجات خشب الأغصان ذات صفات مختلفة عن منتجات خشب الساق فتتصف مثلاً ألواح الخشب المضغوط Particle board المصنعة من خشب أغصان شوح نوغلاس بضعف متانتها Stiffness وضعف قوة انكسارها في الالتصاق وضعف قوتها بتقدمها في العمر مقارنة بالألواح المصنعة من خشب الساق ، وقد بلغت متانتها وقوتها نحو ٣٠-٦٠ % من الألواح المصنعة من خشب الساق. يتطلب خشب الأغصان وقت ضرب أقل ويعطي عجينة ذات متانة ضعيفة مقارنة بالعجينة الناتجة عن خشب الساق بطريقة كرافت (Kraft). ويستبعد خشب الأغصان عن صناعات الورق بسبب عدم التجانس في حجم قطعه المعدة للتصنيع وارتفاع نسبة القلف فيه. حيث يؤدي ارتفاع القلف إلى ضعف المردود ومشاكل في خط الإنتاج (مرتجعات) ويعزى انخفاض المردود في الورق المصنع من خشب أغصان المخروطيات ليس لارتفاع نسبة القلف فحسب بل إلى ارتفاع محتوى اللغنين في الخشب المنضغط فيه. ويتساوى خشب عريضات الأوراق مع خشب أغصانها من حيث المردود في صناعة الورق على أساس وزن للعجينة مقسوماً على وزن القطع الداخلة إلى الهاضم Digester لكن المردود يقل كثيراً إذا قدر على أساس المرتجع من الأجزاء الخشبية حيث تصل كمية المرتجعات إلى حوالي ٥٠ % من خشب الأغصان مقارنة مع ٢٢ % للأجزاء الساقية. ويصلح خشب الأغصان نظراً لمتانته وقساوته لصناعة الألواح الليفية المتوسطة الكثافة MDF والعالية الكثافة HDF التي تصنع بفصل الألياف الخشبية وضغطها بالحرارة بوجود مادة لاصقة. وفي الخلاصة يمكن القول إن خشب الأغصان مقبول صناعياً باعتباره مادة أولية لبعض المنتجات الخشبية دون أخرى.

٨-٢- خشب الجذور Root wood

على الرغم من احتواء المجموع الجذري على نسبة ألياف تعادل ٢٠-٢٥ % من الحجم الكلي للألياف في الساق الخشبية تبقى الجذور صعبة التنظيف حيث تخرب وتبلد حبيبات الرمل والطين المناشير وسكاكين القطع وتعطل آلات صنع عجينة الورق ، إضافة لذلك تأتي نسبة القلف الكبيرة في الجذور ولاسيما الصغيرة منها. يختلف تركيب خشب الجذور عن خشب الساق أو الأغصان فيكون خشب جذور المخروطيات محتوياً على قنوات

راتنجية أقل وحجم أصغر من الأشعة الخشبية مقارنة بخشب الساق. وتكون الخلايا ذات أقطار كبيرة وتكون أطوال الخلايا مختلفة ويقال إنها تماثل خلايا الساق طويلاً أو تنوفها أو أقصر منها. وقد وجد Manwiller, ١٩٧٢ أن تراكيدات خشب الجذور في الصنوبريات الجنوبية أكبر بـ ٣/١ قطراً وأطول بـ ٣/١ من تراكيدات خشب الساق. ووجد أيضاً أن جدران التراكيدات في خشب الجذور أرق. بينما وجد Davis and Hurley, ١٩٧٨ بالمقابل أن تراكيدات جذور الصنوبريات الجنوبية أقصر بنحو ١٠% من تراكيدات خشب الساق. كما يوجد خشب منضغط وتحتجب ملتف (لولبي) وغياب المنطقة المخية أو عدم وضوح حدودها. إضافة إلى كبر زاوية توضع اللييفات في الجدار الثانوي لخشب الجذور. وتكون الأوعية والخلايا البارانشيمية في جذور عريضات الأوراق كثيرة (أكثر من العادي) بينما يكون حجم الألياف أقل مقارنة بخشب الساق. كما يختلف حجم الخلايا حيث القطر الكبير وطول الخلايا الكبير أيضاً وتكون الأوعية أكبر قطراً مقارنة بأوعية خشب الساق أو أقل قطراً وتغيب صفة انتشار الأوعية والتيلوزات في الجذور وتكون الكثافة النوعية في خشب جذور عريضات الأوراق أقل مقارنة بمثلثاتها في الساق. وقد أوضح التحليل الكيميائي لجذور الصنوبر Slash pine محتوى منخفضاً من السيلولز ونسبة أعلى من اللغنين والمواد المستخلصة الأخرى مقارنة بخشب الساق، وبمبب ضعف محتواها من السيلولز وارتفاع محتواها من اللغنين، تعطي أخشاب الجذور في المخروطيات مردوداً أقل من العجينة الورقية بطريقة Kraft وعجينة ذات خواص رديئة بسبب كبر زاوية توضع اللييفات في الجدر الخلوية، حيث يقل الناتج بمعدل ٢,٧% وكانت قوة الانفجار Burst والشد Tensile في الورق المصنوع من خشب الجذور والقلم Stump أعلى بـ ٣% بينما كانت قوة التمزق Tear أقل بنحو ١٩% وقد أعطت طريقة كرافت في صناعة عجينة الورق من أخشاب الجذور والقلم لمخروطيات أخرى منتجات ذات متانة ضعيفة مقارنة مع خشب الساق. حيث وجد أن قيم قوى التمزق والخرق والشد والطي الورق المصنوع منها كانت أقل بـ ٣-٢٠% و ١٠-١٧% و ١٥% و ١٨% على التوالي في خشب الجذور مقارنة مع خشب الساق. ويبين الجدول رقم (٤) التركيب الكيميائي للأجزاء المختلفة للصنوبر Slash pine.

جدول رقم (٤) : التركيب الكيميائي للأجزاء المختلفة للصنوبر *Pinus elliotii*

الجزء	السيللوز	نصف السيللوز	اللغنين	المستخلص	الرماد
القلف	٢٣,٧	٢٤,٩	٥٠	١٣	٠,٩
الأوراق	٤٢,٦	٢٢,٣	٣٧,٧	٢٦,٢	٢,٤
الأغصان	٣٦,٩	٣٣,٧	٣٥	١٣,٦	١,٢
القمة	٤١,٥	٣١,٢	٣٢,٥	١١	٠,٨
الجذور	٤٤,٦	٢٥,٦	٣١,٣	١١,٧	١,٦
الساق	٥١,١	٢٦,٨	٢٧,٨	٩,١	٠,٣

٩- المكونات الكيميائية للخشب Chemical components of wood

يتألف الخشب أساساً من الكربوهيدرات التي تتألف بدورها من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين حيث يشكل الكربون العنصر الأكثر وفرة في تركيب الخشب كذلك يتكون الخشب من مواد لاعضوية Inorganic يتحصل عليها بعد احتراق الخشب بوجود الهواء بدرجات حرارة عالية وتعرف هذه المواد بالرماد Ash ويعود أساس هذا الرماد إلى وجود مواد غير قابلة للاحتراق حاوية على عنصر الكالسيوم Ca والبوتاسيوم K والمغنيزيوم Mg والمغنيز Mn والسيليكون Si ويعد الخشب أكثر مهيولة للنشر Sawing إذا انخفضت محتوياته من العناصر المعدنية وخاصة السيليكون حيث إن الخشب الذي يحوي على أكثر من ٠,٣% من السيليكون على أساس الوزن الجاف يبلد Dull أدوات القطع المستعملة في نشره وعادة ما يكون محتوى الخشب من السيليكون أكثر من ٠,٥% في الأخشاب الاستوائية وقد تزيد نسبته عن ٢% وزناً. ويبين الجدول رقم (٥) محتوى الخشب من العناصر على أساس الوزن الجاف.

الجدول رقم (٥): محتوى الخشب من العناصر على أساس الوزن الجاف.

العنصر المعطى	الوزن الجاف %
الكربون	٤٩
الهيدروجين	٦
الأكسجين	٤٤
النيتروجين	طفيف
الرماد	٠,١

وتتخلط العناصر المعدنية هذه في مركبات عضوية كالسيللوز ونسحف السيللوز واللغنين ويعد السيللوز من أهم المكونات الخشبية إذ يولف نحو ٤٠-٤٤% من تركيب الأخشاب عامة ، بينما يشكل نصف السيللوز ١٥-٣٥% وزناً جافاً في خشب عريضات الأوراق و ٢٠-٣٢% في خشب الأنواع ذات الأوراق الإبرية (المخروطيات) وبشكل اللغنين ١٨-٢٥% في خشب عريضات الأوراق في حين تبلغ نسبته ٢٥-٣٥% في خشب المخروطيات ويبين الجدول رقم (٦) التركيب العضوي للخشب.

جدول رقم (٦) التركيب العضوي للخشب.

النظير	نسبة السيللوز	السيللوز	النموذج
٢٥-١٨	٣٥-١٥	٤٤-٤٠	أخشاب قلبية
٣٥-٢٥	٣٢-٢٠	٤٤-٤٠	أخشاب طرية

وفيما يلي شرح موجز لطبيعة المواد العضوية المكونة للخشب:

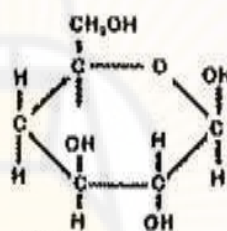
١-٩- السيللوز Cellulose

يتألف السيللوز من وحدات السكر المداسي الغلوكوز الناتج الأساسي في عملية التركيب الضوئي حيث ينزع جزيء ماء من الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ ليتشكل الغلوكوز منقوص الماء $C_6H_{10}O_5$ anhydride of Glucose من ثم تتحد هذه الوحدات مع بعضها طرفاً لطرف لتعطي سلسلة طويلة من السيللوز Long chain $(C_6H_{10}O_5)_n$ يتراوح عدد وحدات مكوناتها الأساسي من ٥٠٠٠-١٠٠٠٠ ويربط هذه الوحدات رابطة كيميائية من النوع β صعبة التفكك (الكسر) على عكس النشاء الذي يتكون بنفس الطريقة ولكن برابطة من النوع α سهلة التفكك ، ولا يمكن هضم السيللوز من قبل الإنسان نظراً لغياب الأنزيمات المفككة لهذه الرابطة إلا أن بعض الحيوانات وخاصة المجتررة منها يمكنها هضم السيللوز بوساطة الأحياء الدقيقة الموجودة في كرشها. هذا ويبلغ طول أطول جزيء من السيللوز نحو ٥ ميكرون وأكبر قطر له ٨ أنغستروم (شكل رقم ٢٤) .

عملية التمثيل الضوئي

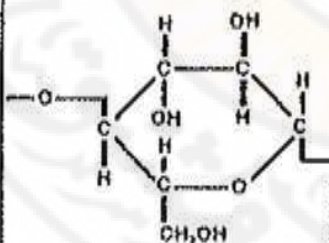


تشكل السلولوز من الغلوكوز

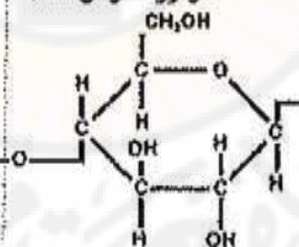


غلوكوز

غلوكوز منقوص الماء



غلوكوز منقوص الماء



Cellulose (n = 5,000 - 10,000)

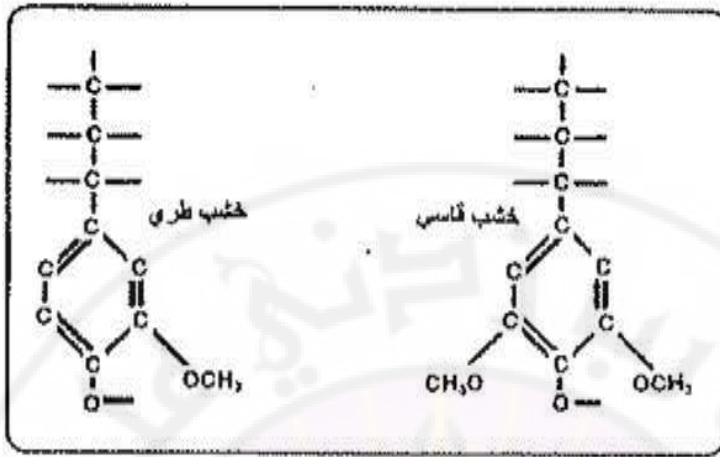
شكل رقم (٢٤): عملية التمثيل الضوئي و التركيب الكيميائي للسلولوز

٢-٩- نصف السيلولوز Hemicellulose

ينتج عن عملية التركيب الضوئي مجموعة من السكريات السداسية كالألكتوز Galactose والمانوز Manose والخماسية كالزايروز Xylose والأرابينوز Arabinose وتستهلك مجموعة السكريات هذه إضافة إلى الغلوكوز في اصطناع مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة Low molecular weight تدعى بالهيميسيلولوز أو نصف السيلولوز وهي مركبات قصيرة السلسلة متشعبة (متفرعة) مقارنة بالسيلولوز ويكون عدد وحداتها أقل من ١٥٠.

٣-٩- اللغنين Lignin

اللغنين مادة معقدة ذات وزن جزيئي كبير أساسه وحدات الفينيل برويين Phenyl propane ولا يعد اللغنين من المواد الكربوهيدراتية على الرغم من تكوينه من الكربون والهيدروجين والأكسجين بل يعتبر مادة فينولية Phenolic وهو مركب ثابت صعب العزل يوجد بعدة أشكال Forms وبذلك يبقى تركيبه الدقيق ضمن الخلايا لغزاً. حيث يوجد اللغنين بين الخلايا لاصقاً إياها بعضها بعضاً ويكون في الجدر الخلوية مرافقاً للسيلولوز معطياً جدار الخلية قساوة معينة مقللاً من انكماش الخلايا حال تذبذب رطوبتها وتركيبه الفينولي يكسب الخشب سمية Toxicity مما يجعله مقاوماً لغزو الفطور ومهاجمة الحشرات المتهكة للخشب. هذا ويكون اللغنين عديم اللون Colorless كجزء من الخشب كما يصفر بتعرضه للهواء بوجود أشعة الشمس ، ويلاحظ ذلك بشكل جلي في أوراق الجرائد News print المصنوعة من ألياف خشبية ثم الحصول عليها بالطريقة الميكانيكية حيث يبقى اللغنين فيها كما تكون صفحات الجرائد خشنة أيضاً Coarse وضعيفة المتانة low strength بسبب عدم تلاصق الألياف ببعضها البعض. ويعتبر اللغنين مركباً لدناً Thermoplastic أي يصبح طرياً Soft ومرناً قابلاً للتشكيل Pliable تحت تأثير درجات الحرارة العالية كما يتصلب بدرجات الحرارة المنخفضة ويوضح الشكل رقم (٢٥) الأشكال الشائعة للغنين.



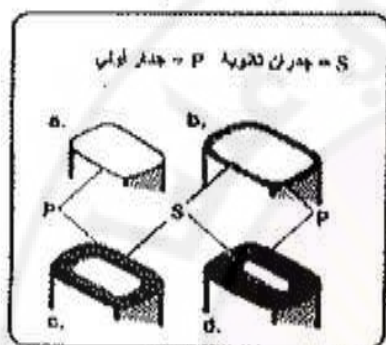
شكل رقم (٢٥): الأشكال الشائعة للغلين.

١٠- الجدار الخلوي Cell wall

١٠-١- التركيب الكيميائي Chemical structure

يتكون الجدار الخلوي في الخلايا الفتية من طبقة رقيقة غنية بالبكتين Pectin تعرف بالصفيحة الوسطى التي تكون أساس الجدار الخلوي الأولي ، ومع تطور الخلية ونموها يصبح الجدار سميكاً نتيجة تراكم مواد عليه من جهة الخلية Lumen side ومع تقدم الخلية بالعمر وهرمها تجف مكوناتها الداخلية لتصبح مؤلفة أساساً من جدران خلوية مميكة تحيط بفراغ يعرف بفراغ الخلية (شكل رقم ٢٦) هذا وتتألف الترسبات في الجدر الخلوية أساساً من السلولز ونصف السلولز والغلين حيث يتوضع هذه المواد بنظام دقيق. تتجمع سلاسل السلولز الطويلة قبل توصلها في الجدر الخلوية مع بعضها البعض لتشكل حزماً متوازية من السلولز Bundles حيث تغلف هذه الحزم بجزئيات نصف السلولز لتشكل ما يعرف بالشعيرات الدقيقة Microfibrils وهكذا يتوضع السلولز إذاً في الجدر الخلوية على شكل طبقات عديدة من الشعيرات الدقيقة وتقوم الروابط الهيدروجينية (OH^- , H^+) الموجودة بين جزئيات السلولز

بتدعيم بنية الشعيرات الدقيقة. وضمن الحزم نفسها تعرف منطقة التماثل في ترتيب جزيئات السلولز للسلاسل المتوازية بالمناطق البلورية Crystals وتعرف المناطق المتوازية السلاسل بالكريستالين Crystallites أو Micelles وتعرف مناطق عدم التوازي (حيث لا يوجد ترتيب معين لجزيئات السلولز) بمناطق اللاشكل Amorphous ويكون نحو ٦٠-٧٠% من السلولز في الجدران الخلوية بالشكل البلوري Crystalline form ويوضح ذلك الشكل رقم (٢٧). يقوم نصف السلولز بدور لاصق للشعيرات الدقيقة مع بعضها البعض حيث يتوضع في الفراغات البينية للشعيرات وفي داخلها أحياناً. وهناك جدل حول كيفية توضع اللغنين في الجدر الخلوية

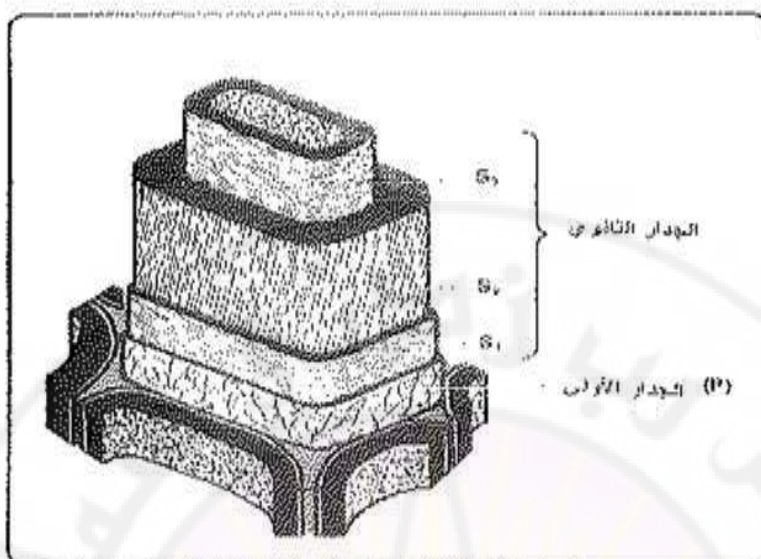


إذ يعتقد بعضهم أنه يرتبط كيميائياً بالمواد الكربوهيدراتية في حين يعتقد آخرون أن اللغنين مادة مغلفة فقط غير بنائية Encrusting، ويتوضع اللغنين عموماً في كامل الجدار الخلوي بين الشعيرات الدقيقة وضمنها خلال تطور الجدار. وفي الخلاصة تتكون الشعيرات الدقيقة من سلاسل السلولز المتوازية التي بتطبيقاتها على السطحية الأولى تشكل الجدر الثانوية.

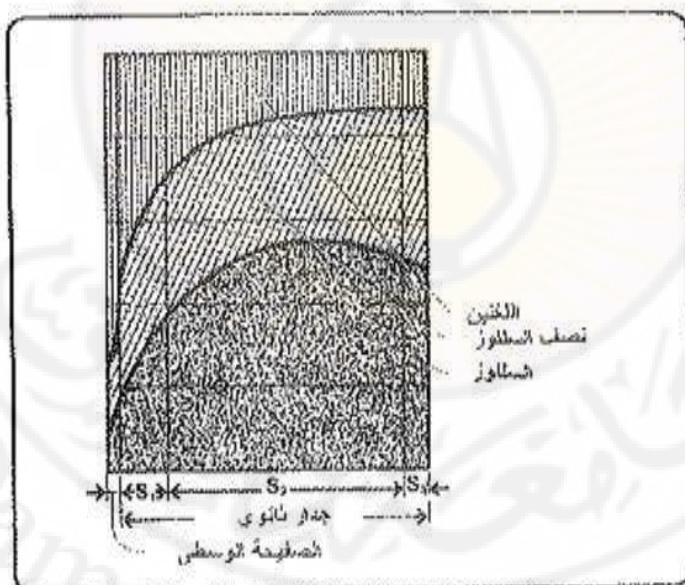
شكل رقم (٢٦): مراحل تطور الخلية الخشبية



شكل رقم (٢٧): تركيب الشعيرة الدقيقة



شكل (٧٨): تطبيق جدار خلوية لاضحية (Cote, ١٩٦٧)



شكل رقم (٧٩) توزيع المواد المصفوية في طبقات الجدار الخلوي المختلفة لاضحية من المخروطيات (Panshin und de Zeeuw, ١٩٨٠)

١٠-٣- هندسة الجدار الخلوي Cell wall sculpturing

تعرف الخلايا الخشبية التي تقوم بشكل أساسي بوظيفة نقل المواد الغذائية وتخزينها بالخلايا البرانشيمية Parenchyma وتشكل هذه الخلايا بشكل رئيس جدراناً خلوية ثانوية رقيقة thin وهي الأخيرة من عناصر الخشب التي تبقى حية لحين تكون خشب القلب Heartwood وتقوم خلايا أخرى بدور النقل avenues في الأشجار الحية وتشكل هذه الأخيرة جدراناً ثانوية سمكية وبالتالي تعد هامة في عملية دعم جذوع الأشجار ميكانيكياً.

١٠-٤- النقر Pitting

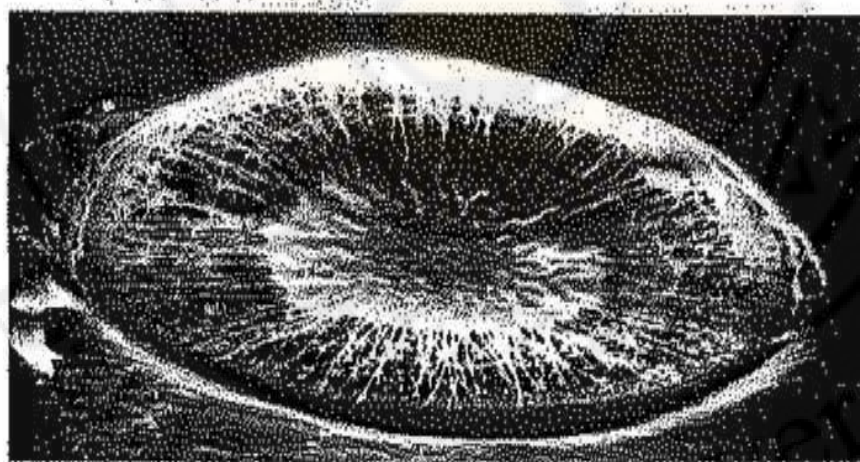
لا يكون الجدار الثانوي في جميع الخلايا مستمراً ، بل يعترضه أو تتوضع فيه مناطق رقيقة تعرف بالنقط الهالية Pits حيث تغيب في هذه المواقع السماكة الثانوية وتبدو هذه المناطق مميزاً في الخشب حيث تصل هذه النقط بين الخلايا المتجاورة ، إذ توجد على شكل أشفاغ متلاصقة تعمل على السماح بحركة الغازات والمواد من خلية لأخرى (النقل العرضي من خلية لأخرى). هذا وتسمى النقط الهالية الموجودة على جدران الخلايا البرانشيمية بالنقط البسيطة Simple pits ويوضح الشكل رقم (٣٠) طبيعة التفتيح بين الخلايا المختلفة، حيث تعرف النقط الهالية في الخلايا غير البرانشيمية بالنقط المتجاورة Bordered pits وسميت كذلك لأن فتحة النقطة تبدو وكأنها محاطة بحاجز Border عندما ينظر إليها من الأسام وتحدد حواف النقطة الهالية باتجاه مركزها حيث للفتحة التي تصل بين الخلايا المتجاورة، ويفصل الخليتين عن بعضهما في مكان النقط المتجاورة الغلاف الأولي إضافة إلى مواد غير خلوية تفصل أغشية كل من النقطتين عن بعضهما البعض ويظهر الشكل رقم (٣١) نقرات متجاورة في التراكيدات الطولية لخشب الصنوبر. هذا وتعمل الجدران الأولية للخلايا المتجاورة على تشكيل غشاء النقطة وذلك في النقط البسيطة. وعندما تتلاقى الخلايا البرانشيمية والخلايا الناقلة كل مع نوعه تشكل كل خلية نقطاً بسيطة ومتجاورة على التوالي وينجم عن ذلك تشكل النقط نصف المتجاورة Half bordered pits ويبين الشكل (٣٢) مقاطع لأشفاغ النقط الهالية المختلفة. هذا ويختلف غشاء النقط الهالية الموجود بين الخلايا ذات النقط المتجاورة عن الغشاء الموجود في النقط البسيطة أو نصف المتجاورة وذلك في المخروطيات حيث لا يبدل أو يغير من طبيعة الجدران الخلوية المدعمة بالشعيرات الدقيقة والغنية بالبكتين ضمن منطقة الهالة ، بينما تتميز طبيعة الأغلفة الأولية الفاصلة بين النقط المتجاورة عند

تكوين النقط نفسها. وبدأ تشكيل النقط المتجاورة قبل البدء بتشكيل الطبقة S1 وعند توضيح وحدة من السيلولز على شكل حلقة على الجدار الأولي للخلية حيث تحدد هذه الحلقة الحدود الخارجية للنقطة ، ومع استمرار تشكل الجدار الثانوي يحدث تحول في طبيعة الغشاء الهالي حيث يصبح مركز الغشاء سميكاً بتراكم الشعيرات الدقيقة التي تلتف على شكل دوائر ويعرف ناتج هذا الترسيب بالتوروس Torus ، وتعرف المنطقة المحيطة به بالمارجو Margo (الشكل ٣٢ و ٣٣) وتصبح هذه الأخيرة بدورها مختلفة عن الغشاء الأولي للخلية، وقد تتشكل شبكة من الشعيرات الدقيقة فوق الجدار الأولي تصله بالتوروس من خلال الترسيبات المتتالية من الشعيرات الدقيقة مشكلة قوساً أو مخروطاً. وتكون طبيعة النقط الهالية المتجاورة متماثلة في عريضات الأوراق والمخروطيات ما عدا الأعشبية حيث تختلف، وتكون أعشبية للنقط الهالية في عريضات الأوراق مماثلة لتلك في النقط البسيطة ونصف المتجاورة في المخروطيات وبذلك لا يتشكل توروس ولا يوجد انحلال Dissolution في أجزاء من الغلاف الأولي للخلايا، ولا يمكن مشاهدة الفتحاح في هذه الحالة حتى بتكبير ١٠٠٠٠٠ مرة وبالمقارنة فقد أوضحت تجارب الارتشاح بين الخلايا في المخروطيات على النقط المتجاورة وجود فتحات بحجم ٠,٢ نانوميتر في شبكة الشعيرات الدقيقة الداعمة للغلاف الأولي. ويعتقد أن مناطق النقط الهالية تغل من مائة الألياف إلا أنه لا يوجد إثبات علمي لذلك ، حيث يعتقد أن وجود مناطق النقط الهالية قد تم بأقل ضرر ممكن لقوة الألياف كما يعتقد أيضاً أن توضيح الشعيرات الدقيقة حول مناطق النقط يمكن أن يساعد في تخفيف أثر وجود النقط على متانة الجدار. وتجدر الإشارة أن وجود هذه النقط يغير قليلاً من اتجاه توضيح الشعيرات الدقيقة في طبقات S1 و S2 و S3 مما قد يؤثر في خواص الخشب أنظر للشكل رقم (٣٤).

شكل رقم (٣١) : نقر متجاورة في التراكيدات الطولية لخشب الصنوبر.

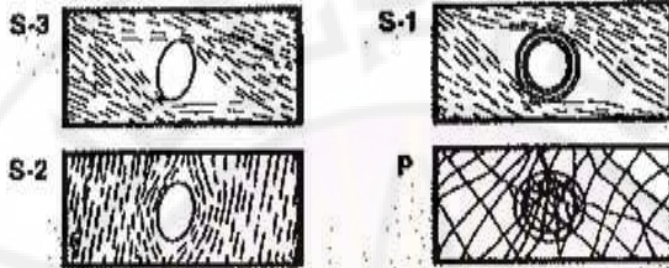


شكل (٣٢) : مقاطع لأشعاع النقط الهالبة المختلفة (Mark, ١٩٦٧).



شكل (٣٣) : غشاء لنقطة هالبة متجاورة

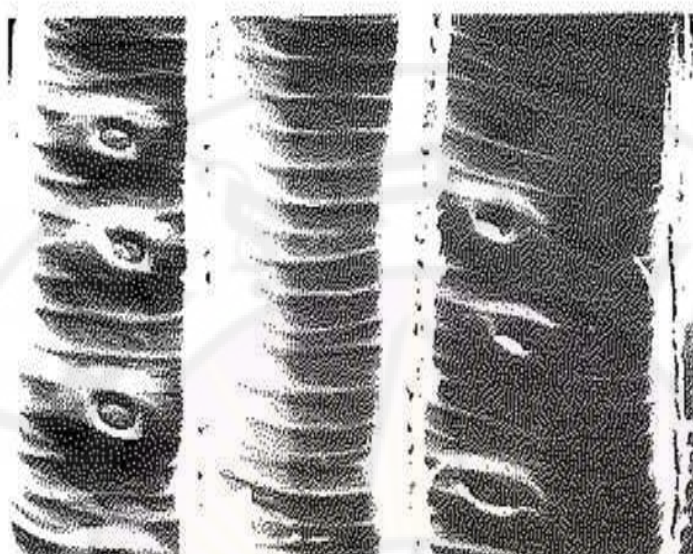
الجدار الأولي = P طبقات الجدار الثانوي = S1 + S2 + S3



شكل رقم (٣٤): كيفية توزيع الشعيرات الدقيقة حول للنقط الهائلة في الجدار الأولي وفي طبقات الجدار الثانوي (Mark, ١٩١٧).

٢-٥- التبخانة الملتفة Spiral thickening

قد يلي تشكيل طبقة S٢ في بعض الأخشاب تطور أو توضع حواف ملتفة من الشعيرات الدقيقة على الجدار الداخلي للخلية وتكون هذه الحواف Ridges مفصولة عن طبقة S٢ حيث يسهل فصلها عن هذه الطبقة وغالباً ما تكون هذه الحواف غير متوازية مع توضع الشعيرات الدقيقة في طبقة S٢ وتعرف هذه الحواف بالتبخانة الملتفة التي توجد في خلايا بعض الأنواع المخروطية ولها أهمية تعريفية بينما تكون شائعة في عريضات الأوراق وتتحصر هذه التبخانات في قسم الخلايا أو وسطها وقد تشمل جميع أجزاء الخلايا ويوضح الشكل رقم (٣٥) التبخانة الملتفة في التراكيدات الطولية لخشب الدوغلاس (*Pseudotsuga menziesii*).



شكل رقم (٣٥): النخلة المانعة في التراكيب الطولية لخشب الدوغلاس
(*Pseudotsuga menziesii*).



الفصل الثالث

بناء الأخشاب الطرية و القاسية

Structure of soft- and hardwood

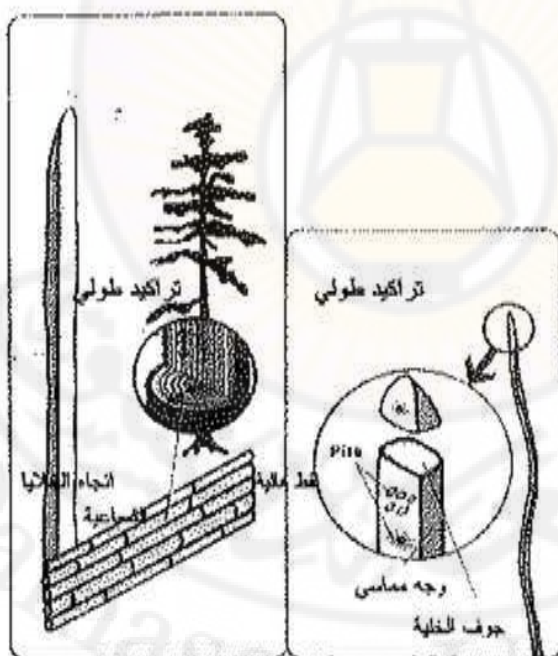
I- بناء الأخشاب الطرية Structure of softwood

نظراً للصفات التي يمتلكها الخشب الطري (خشب المخروطيات) يعدد بسذلك خشباً أساسياً في صناعة الخشب المنشور والخشب المضغوط وصناعة الورق وصناعات أخرى حيث يتألف هذا الخشب من أربعة إلى خمسة عناصر من الخلايا الخشبية وواحد أو اثنين من هذه العناصر يوجد بكميات كبيرة في الخشب ونظراً لبساطة التركيب هذه تبدو الأخشاب الطرية متجانسة في التركيب ومتشابهة في المظهر وتتكون بشكل عام من العناصر التالية :

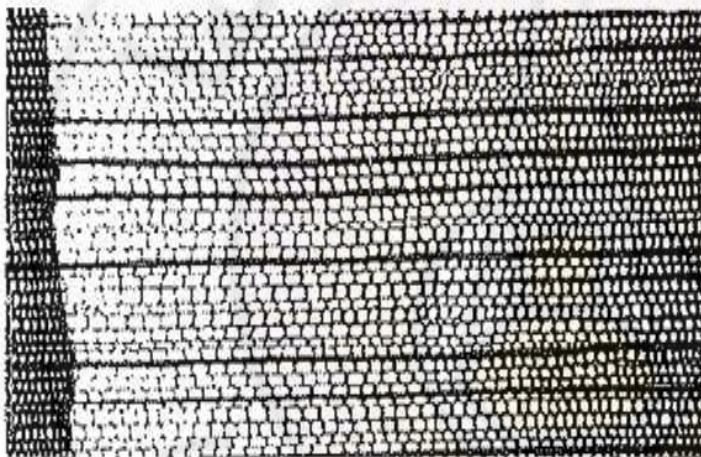
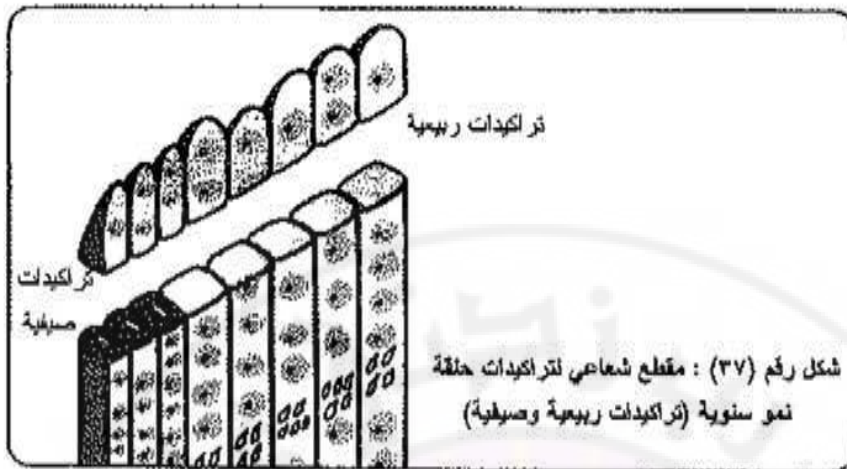
١- التراكيدات الطولية Longitudinal tracheids

التراكيدات الطولية هي خلايا طولية نحيفة القذ تتوضع موازية للاتجاه الطولي لساق الشجرة (الشكل ٣٦) وهي أطول بمائة مرة من قطرها وتبدو مستطيلة في المقطع العرضي ذات لمة فارغة مغلقة الطرفين ذات شكل غير دائري في المقطع الشعاعي ومدبب في المقطع المماسي هذا وتتصل التراكيدات مع بعضها البعض بنقط هالية متجاورة ويبلغ طولها في المتوسط ٣-٤ ملم ، أما قطرها فيتراوح بين ٢٥-٤٥ ميكرومتر. تشكل التراكيدات الطولية نسبة ٩٠-٩٥% من البناء الخشبي للمخروطيات وتكون التراكيدات المشكلة في الربيع أكبر قطراً وذات جدران رقيقة مقارنة بتراكيدات الصيف حيث القطر الأصغر والجدران السمكة (شكل رقم ٣٧) وتكون المنطقة الانتقالية بينهما مميزة (ذات انتقال حاد) كما في أنواع الصنوبر واللاكس وتكون متدرجة الحدود كما في الشوح والهملوك. ويوضح الشكلان رقم (٣٨) و(٣٩) طبيعة كل من تراكيدات الربيع والصيف، ويتوضع على جدران التراكيدات في الاتجاه الشعاعي لها عدد كبير من النقط المتجاورة التي تصل هذه الخلايا ببعضها البعض وتعد طبيعة الغشاء الموجود في النقط الهالية هامة من حيث تحديدها لبعض استعمالات الخشب ، وانحراف الغشاء Shift من مكانه الأساسي يتسبب بصعوبات تقنية في عمليات التجفيف ومعاملة الخشب بسبب كون الغشاء مرناً فيتحرك إلى جانب واحد من

الحجرة الهالية مما يسبب سد الفتحة بوساطة التوروس غير المنفذة وتعرف النقط الهالية التي تحدث في هذه الحالة بالانسدادية Aspirated pits ، حيث يصعب تجفيف الخشب ومعالجته بالسوائل الحافظة وقد يكون التجفيف أحد أسباب نشوء هذه الحالة بسبب الاختلاف في الضغط الذي يقع على جانبي الغشاء وهي حالة إن حدثت مستديمة. يحدث انسداد النقط الهالية بسبب ضغط السوائل في الأشجار أو أثناء تجفيف أخشابها ويكثر حدوث الانسدادات في المنطقة الانتقالية بين الخشب العصاري والخشب القلبي وتفسر الحالة الأخيرة سهولة معالجة قطعة خشبية تحوي خشباً عصارياً وصعوبة معالجة أخرى تحوي خشباً قلبياً. وتنتهي أحياناً عدم النفاذية في خشب القلب من تراكم المواد في المارجو Margo مما يضعف من نفاذية الغشاء. وتكثر الحالة أيضاً في خشب الربيع عن خشب الصيف حيث الثغور الكبيرة في الأول و الصغيرة في الثاني. وتعرف منطقة تلاقي التراكيدات الطولية بالأشعة البرانشيمية بالكروس فيلد Crossfields وتكون النقط في مناطق التلاقي هذه نصف متجاورة شكل رقم (٤٠).

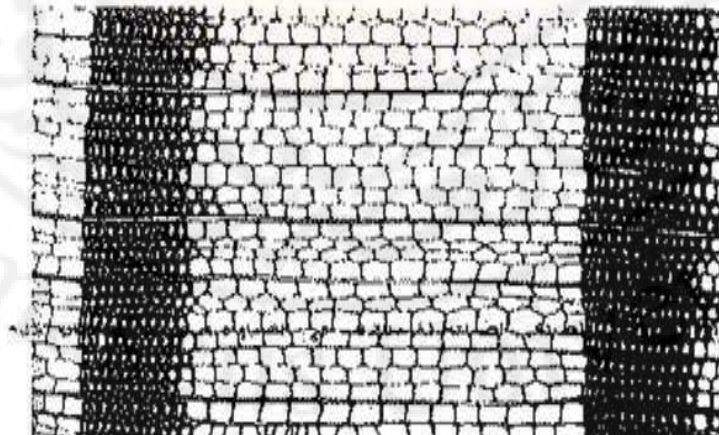


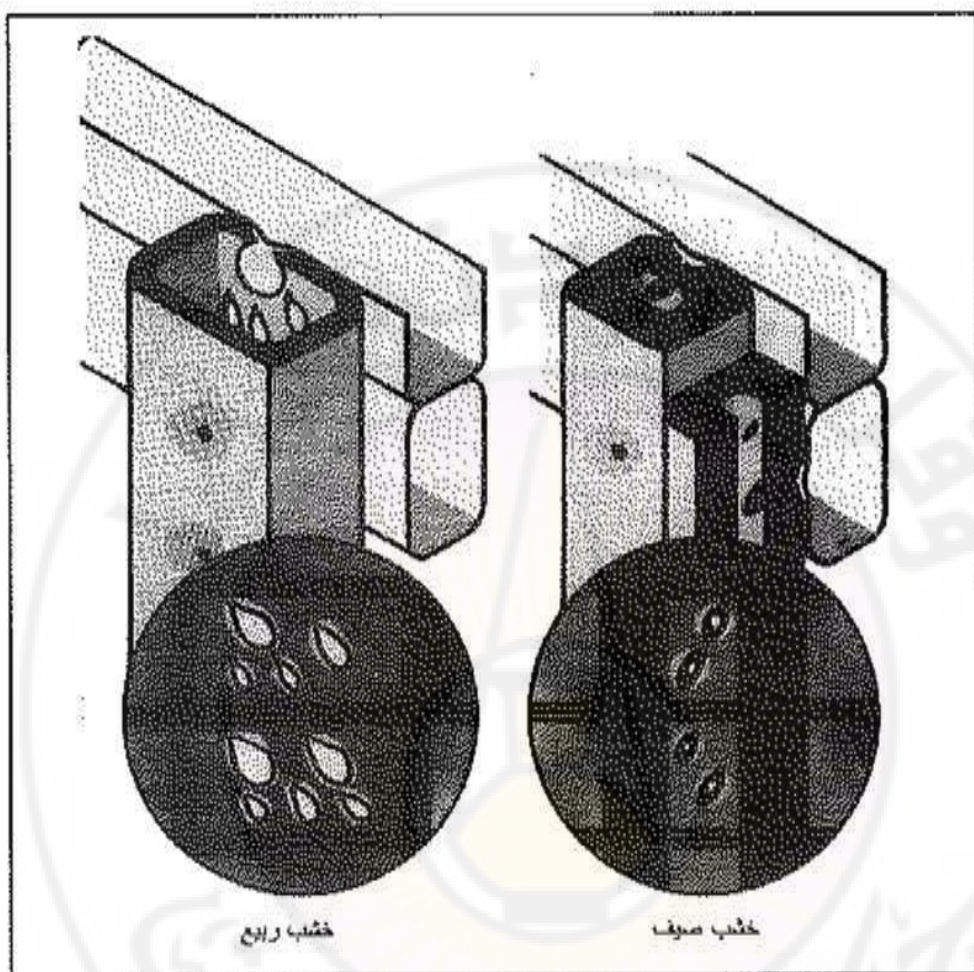
شكل رقم (٣٦) : توضع التراكيدات الطولية والأشعة في خشب المخروطيات



شكل رقم (٣٨) :
الانتقال للحاد بين
تراكيدات الربيع
والصيف في خشب
اللاكس الغربي
Larix
occidentalis

شكل رقم (٣٩) : الانتقال
التدريجي بين تراكيدات
الربيع والصيف في خشب
الهيملوك
Tsuga canadensis





شكل رقم (٤٠) : النقاط نصف المتجاورة في منطقة الكروس فيلد Crossfields في خشب الصنوبر.
(Howard and Manwiller, ١٩٦٩).

٢-العناصر الطولية الأخرى Other longitudinal cells

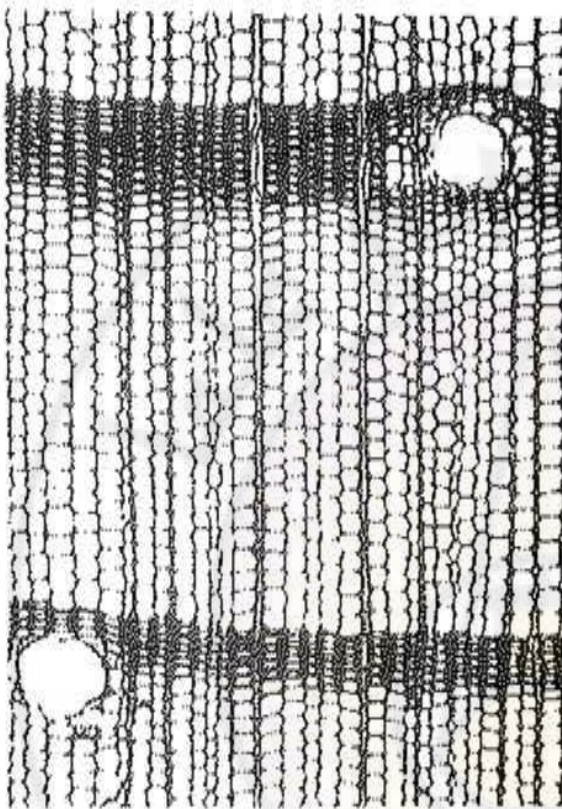
يوجد في بعض الأنواع إضافة إلى التراكيدات الطولية عناصر طولية أخرى كما في أنواع السيكويا والعرعر *Juniperus* والثويا *Thyja* والصنوبريات *Pinus*، في حين تكون التراكيدات الطولية العناصر الطولية الوحيدة في الشوح والهيملوك.

١-٢-البرانشيم الطولي Longitudinal parenchyma

ويكون لهذه العناصر نفس مظهر التراكيدات الطولية حيث تكون على شكل سلاسل Strands من خلايا صغيرة متوضعة طرفاً لطرف في مجموعات وتكون ذات جدران رقيقة وذات نقط هالية بسيطة وتشكل نسبة ١-٢ % من الخشب.

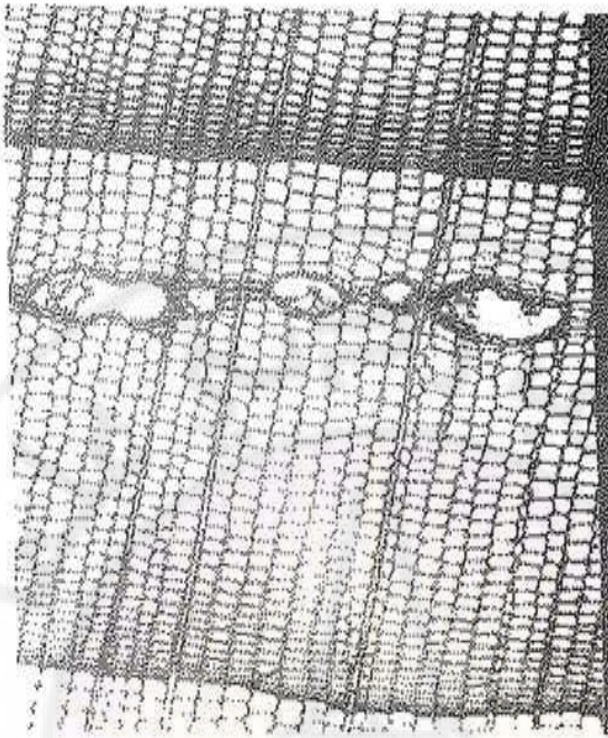
٢-٢-القنوات الراتنجية (الإبيثيليوم) Epithelium

وهي قنوات تحوي الراتنج (الريزن) توجد في بعض أنواع المخروطيات كالصنوبريات *Pinus* والتتوب *Picea* والاركمس *Larix* وشوح دوغلاس *Pseudotsuga* ويستعان بها لتمييز أنواع المخروطيات. وتترافق القنوات الطولية مع قنوات عرضية توجد في بعض الأشعة. وتتألف قناة الريزن من فراغ بين خلوي محاط بخلايا برانشيمية متخصصة مفرزة للراتنج (الريزن) ويعتقد أن للريزن أهمية في شفاء جروح الشجرة ومعالجتها ومقاومة الحشرات والآفات الأخرى. تنشأ قنوات الريزن الطولية بعد تشكل الخلايا في الكامبيوم عبر الفصل بين الزوايا المتلاصقة لعدة خلايا طولية غير متمايزة حيث تعجز الخلايا المحيطة بالفراغ هذا عن التطور كالتراكيدات المجاورة حيث تشكل مجموعة جدران عرضية رقيقة تعرف فيما بعد بالخلايا المفرزة للريزن Epithelial cells وتشكل



القلوات العرضية بطريقة مماثلة
ومما تجدر الإشارة إليه أن
جدران هذه الخلايا قد تكون
سميكة كما في اللاركس والتوب
وشوح دوغلاس ورقيقة كما في
الصنوبريات. وقد تتشكل قنوات
مفرزة للريزن إثر حدوث جروح
في بعض الأنواع كالشوح
والسيكوريا والهيملوك حيث تعد
أمثلة للأخشاب التي لا تحوي
قنوات عادية بل تشكل قنوات
ريزن استجابة للجروح ويبين
الشكل رقم (٤١) قناة راتنجية في
المقطع العرضي والشكل رقم
(٤٢) قناة راتنجية متولدة
استجابة للجروح.

شكل رقم (٤١) : قناة راتنجية في المقطع العرضي.

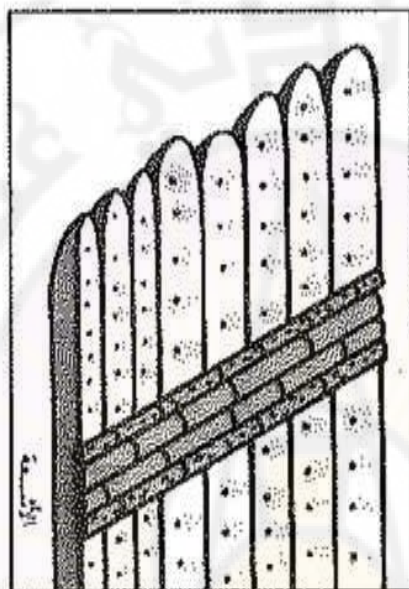


شكل رقم (١٢) : قناة رانشيمية متولدة لامتدادية للجروح.

٣- الأشعة Rays

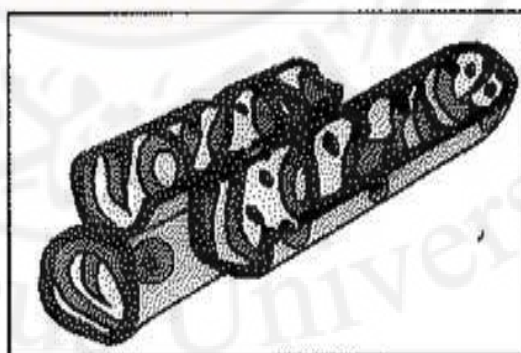
تتميز الأخشاب الطرية باحتوائها على أشعة ضيقة ما عدا الشعالات التي توجد فيها قنوات الراتنج . وتبدو الأشعة في المقطع المماسي مؤلفة من خلية إلى عدة خلايا في الارتفاع لكنها ذات عرض قدره خلية Uniseriate وهناك بعض الأنواع تكون الأشعة بعرض خليتين كما في السيكويا Biseriate ويوضح الشكل رقم (٤٢) توزيع الأشعة في المقطع الشعاعي للتراكيدات. وتكون الخلايا المشكلة للأشعة ، إما أشعة برانشيمية أو أشعة تراكيدات حيث تكون هذه الأخيرة مشابهة للتراكيدات الطولية من حيث سماكة جدرانها ونقاطها الهالية المتجاورة، وقد تشكل أشعة التراكيدات جدراناً ثانوية بتزيينات مختلفة تمتد لداخل لمعة الخلية حيث تعرف بالتراكيدات الشعاعية المسننة Dentate ray tracheids (شكل رقم ٤٤) وتكون الخلايا الشعاعية البرانشيمية إما رقيقة أو سميكة الجدران كما توجد النقاط الهالية البسيطة بين الخلايا الشعاعية البرانشيمية ذات الجدران السميكة وتغيب بين الخلايا رقيقة الجدران. وقد يتشكل الشعاع من خلايا برانشيمية أو تراكيدات، أو كلاهما معاً وهذا ما يبينه الشكل رقم (٤٥)

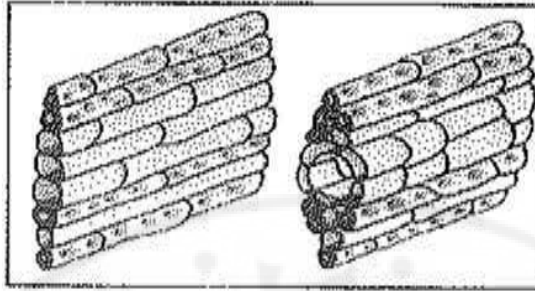
بنية شعاعين لخشب المخروطيات يتضمن أحدهما خلايا برانشيمية وتراكيدات ، بينما يتضمن الآخر إضافة لذلك خلية راتنجية. ويعرف الشعاع بالمتجانس إذا تكون من نوع واحد من الخلايا ويكون غير متجانس في حال احتوائه على أكثر من نوع من الخلايا. ويخلص الشكل رقم (٤٦) مكونات خشب المخروطيات (عناصر الخشب) ومظهرها في كل من المقطع العرضي والشعاعي والمماسي.



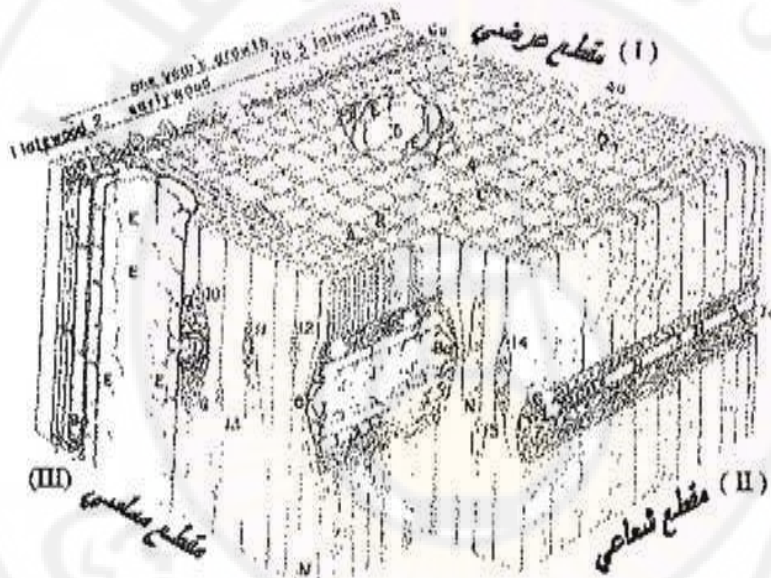
شكل رقم (٤٣) : توضع الأشعة في المقطع الشعاعي للتراكيدات.

شكل رقم (٤٤) : التراكيدات الشعاعية
المسننة
Dentate ray tracheids.
(Howard and Manwiler, ١٩٦٩).





شکل رقم (٤٥) : بنية الأشعة في خشب المفروطيات



المقطع العرضي (I) : ١- خشب صيفي، ٢-٢٥ خشب ربيعي، ٣-٣٥ خشب صيفي، ٤-٤٨ صف
تراكيدات طولية، ٥- قناة راتنجية، ٦-٦٥ صف تراكيدات شعاعية. A,B,C,D- نقط هائلة مضغوطة، ٦٥-
خلية مفردة، ٦٧- بارانشيم طولي.
المقطع الشعاعي (II) : ٧-٧٥ أشعة بعرض خلية واحدة، ٨-٨٥ أشعة تحتوي قناة راتنجية، G- تراكيدات
شعاعية مبنتنة، H- شعاع برانشيمي، I- قناة راتنجية، J- خلية راتنجية، K- شعاع تراكيدي.
المقطع المماسي (III) : ٩-٩٥ برانشيم طولي، ١٠- شعاع تحتوي على قناة راتنجية، ١١، ١٣، ١٤، ١٥-
شعاع بعرض خلية واحدة، ١٦- شعاع متجانس، E- خلية مفردة، G- شعاع تراكيدي، H- برانشيم شعاعي،
I- قناة راتنجية، M- تراكيد طولي صيفي، N- تراكيد طولي ربيعي.

شکل رقم (٤٦) : مكونات خشب المفروطيات (عناصر الخشب) ومظهرها في كل من المقاطع العرضي

والشماعي والمماسي (Howard and Manwiler, ١٩٦٩).

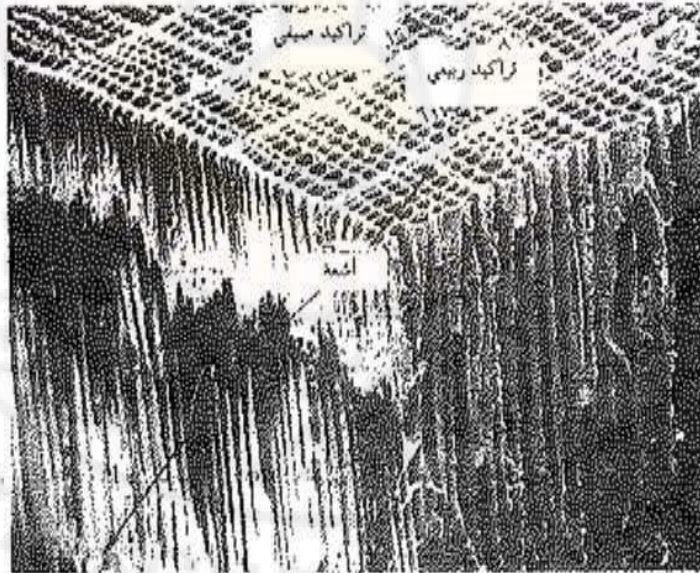
II-بناء الخشب القاسي Structure of hardwood

يختلف الخشب القاسي عن الخشب الطري (خشب المخروطيات) إذ يكون الخشب القاسي غير متجانس المظهر مؤلفاً من عدة أنواع من الخلايا ، بينما يكون الخشب الطري متجانساً ذا مظهر عام واحد .

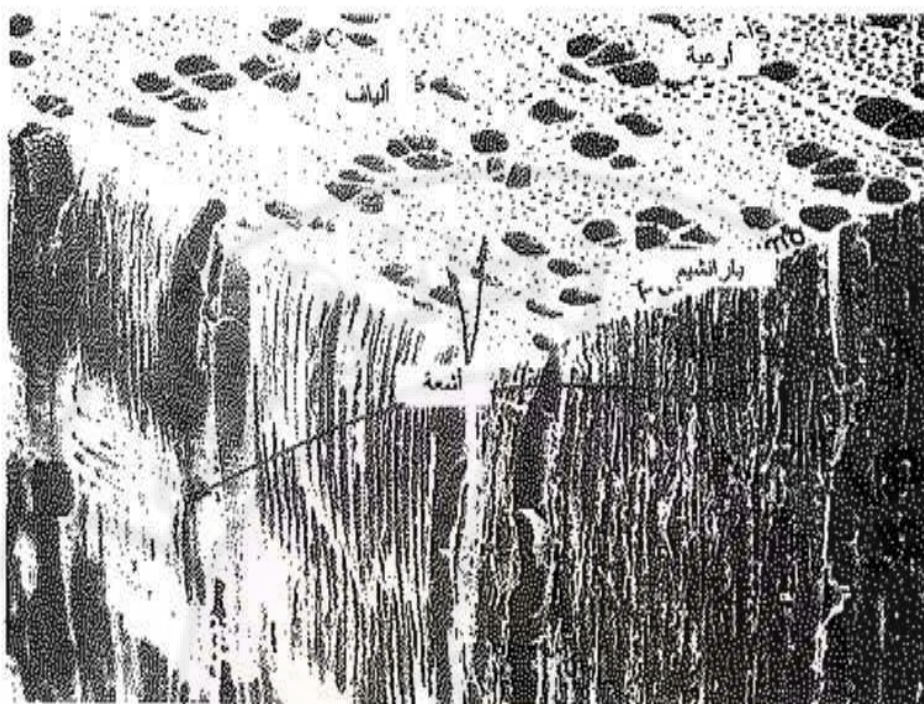
١-الفروق بين الخشب القاسي و الخشب الطري

Differences between hardwood and softwood xylem

١-١ يتألف الخشب الطري (خشب المخروطيات) من عناصر قليلة مسن الخلايا ، بينما تكون كثيرة في الخشب القاسي (خشب عريضات الأوراق) حيث تؤلف الخلايا الطولية ٩٠-٩٥ % من تركيب الخشب في الطري ، وتشكل الأشعة الخشبية الشعاعية والبرانسيمية باقي النسبة إضافة إلى عناصر ثانوية أخرى (شكل رقم ٤٧) . بينما يتألف الخشب القاسي من أربعة مكونات يشكل كل منها نحو ١٥ % أو أكثر من الخشب (شكل رقم ٤٨) . ويسين الجدول رقم (٧) نوع عناصر خشب عريضات الأوراق ونسبها .



شكل رقم (٤٧):
تركيب الأخشاب الطرية
(خشب المخروطيات) مثال
عليها خشب الصنوبر .



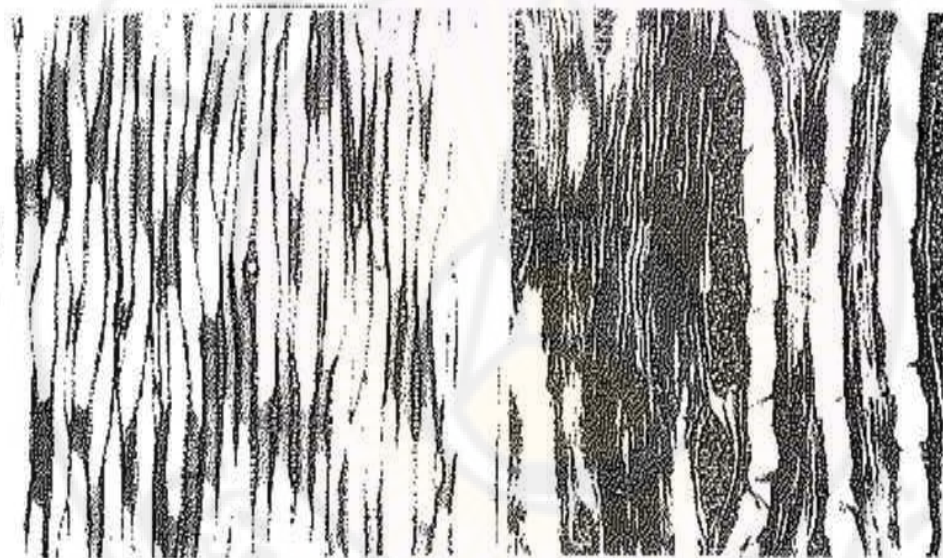
شكل رقم (٤٨) : تركيب الأخشاب القاسية (خشب عريضات الأوراق) مثال عليها خشب الحور .

جدول رقم (٧) : نوع عناصر خشب عريضات الأوراق ونسبتها

العنصر الخشبي	نسبة العنصر الخشبي من الخشب %
ألياف تراكيدية	٦٠-١٥
عناصر وعائية	٦٠-٢٠
بارانشيم طولي	١٥-٠
بارانشيم متعاعي	٣٠-٥

٢-١- يحوي خشب عريضات الأوراق على أوعية Vessels حيث تشكل نسبة كبيرة من الخشب ولا توجد مطلقاً في المخروطيات .

٣-١- يحوي خشب عريضات الأوراق على أشعة عريضة مقارنة بالأشعة الضيقة في المخروطيات . وتبدو الأشعة في خشب المخروطيات وحيدة الخلية عرضاً في المقطع المماسي ما عدا أشعة الفيزيفورم وتشكل الخلايا الشعاعية نحو ٥-٧% من خشب المخروطيات ، بينما يتراوح عرض الأشعة في خشب عريضات الأوراق من خلية إلى ثلاثين أو أكثر وتشكل ما يزيد عن ٣٠% من حجم الخشب بمتوسط قدره ١٧% (شكل رقم ٤٩) .



خشب اللاركس

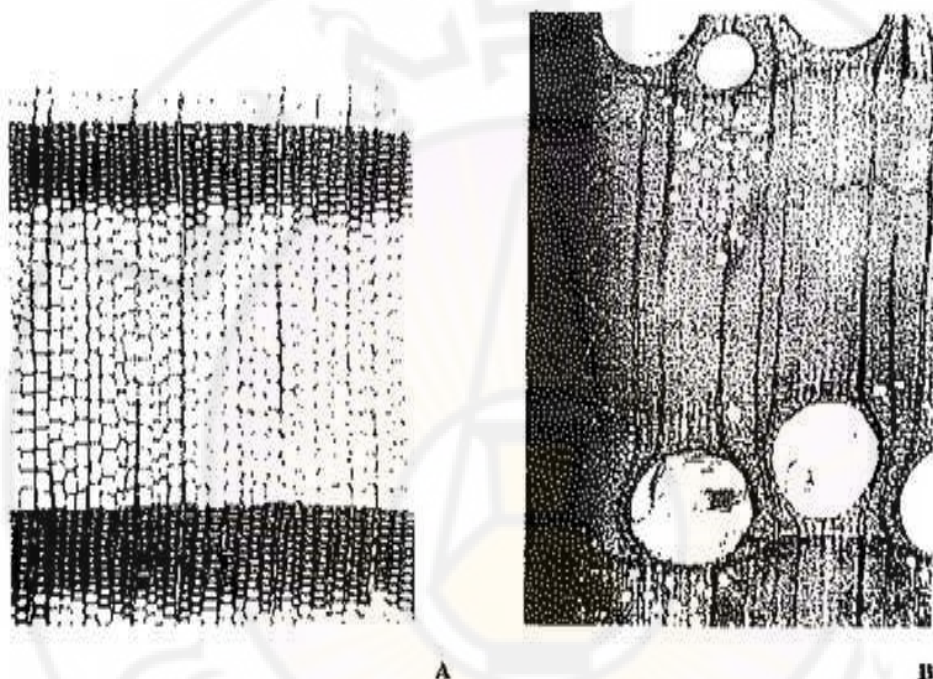
خشب الصنوبر

شكل رقم (٤٩)

عرض الأشعة في خشب مخروطي (اللاكس)

وخشب عريض الأوراق (الصنوبر) .

١-٤- تكون الأشعة مستقيمة في المخروطيات وملتوية أو غير مستقيمة في عريضات الأوراق (شكل رقم ٥٠) وتكون خلايا المخروطيات متراسة في صفوف شعاعية متوازية بأشعة مستقيمة Spoke-like rays يتألف كل صف من الخلايا من طليعة خلية فيوزيفورمية في الكامبيوم ، بينما لا تكون الأشعة في المستورات كذلك ولا العناصر الخشبية الأخرى فيها . حيث يحدث الانحناء حول الأوعية .



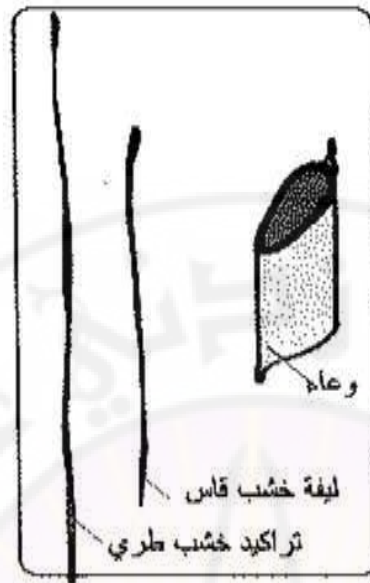
شكل رقم (٥٠) : الأشعة المستقيمة في خشب الفلاركس (A) والأشعة الملتوية في خشب البلوط الأبيض (B)

٢- الخلايا الطولية Longitudinal cells

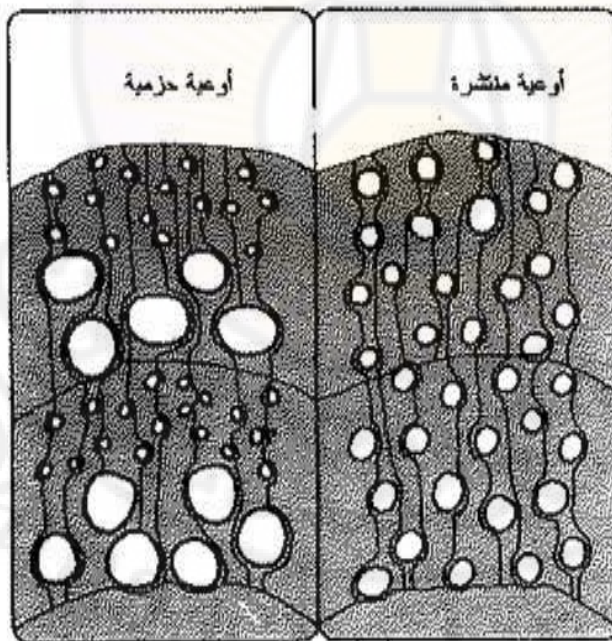
تختلف العناصر الطولية في خشب عريضات الأوراق عن بعضها كثيراً إلا أنها تشترك جميعاً في المنشأ حيث تنشأ من خلية طلائعية فيوزيفورمية في الكامبيوم حيث تبسـدو الخلايا الجديدة متشابهة إلا أنها تختلف عند نضجها .

٣- الأوعية Vessels

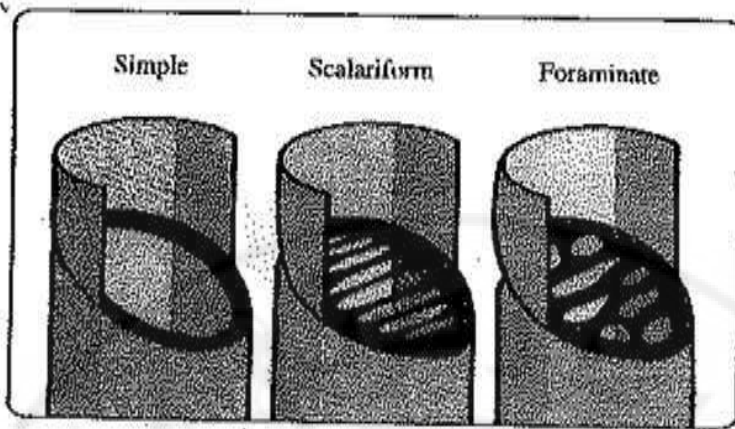
تتصفف الأوعية الخشبية بغير قطرها مقارنة مع العناصر الطولية الأخرى في الخشب ، كما تتصف بالقصر الشديد مقارنة مع تراكيدات المخروطيات وألياف *Fibers* عريضة الأوراق (شكل رقم ٥١) ويعود قصرها الشديد إلى طبيعة منشأها فهي لا تكبر طولاً . حتى إنها قد تقصر فيما بعد عن خلايا المنشأ . وتتميز الأوعية المختلفة رأساً لأساً لتشكل مجموعة الأوعية . تبدو الأوعية في السطح العرضي على شكل فراغات كبيرة (مسام) *Pores* حيث يمكن أن تستعمل في تمييز الأنواع ، ومنها ما ينظم في حزم كما في الأخشاب الحزمية حيث تكون أوعية كبيرة القطر في الربيع الباكر وبمسيرة القطر في الصيف ، وبعضها الآخر يكون ذا قطر متجانس في كامل حلقة النمو (شكل رقم ٥٢) وتغلب الأنواع ذات الخشب المنقشر في معظمه على عريضات الأوراق . أما مجموعة الأخشاب الحزمية فتشمل الأجناس التالية : *Quercus, Fraxinus, Carya* وتتصل الأوعية الخشبية ببعضها البعض بفراغات كبيرة موجودة على المسافات الواسعة بينها حيث تتطور هذه الفراغات قرب مرحلة نضج الخلية بواسطة أنزيمات معينة تعمل على حل جزء من المناطق الفاصلة بين وعائين ولا تكون المسافات الفاصلة بين وعائين عمودية بل مائلة ويوجد منها البسيط *Simple* حيث تكون الصفيحة وحيدة الفتحة وقد تكون متعددة الفتحات ومنظمة *Scalariform* وقد تكون متعددة الفتحات غير منظمة *Foraminate* ويوضح ذلك الشكل رقم (٥٣) . كما تتصل الأوعية جانبياً ببعضها البعض بواسطة نقاط هالية متجاورة وتتصل الأوعية الناقلة بغيرها من العناصر الخشبية الأخرى (الألياف التراكيدية ، الأشعة البرانشيمية الطولية أو أي نوع آخر من الخلايا) بنقط هالية تكون ذات ترتيب متبادل *Alternate pitting* أو متقابل *Opposite pitting* أو متطاول *Scalariform pitting* انظر الشكل رقم (٥٤) .



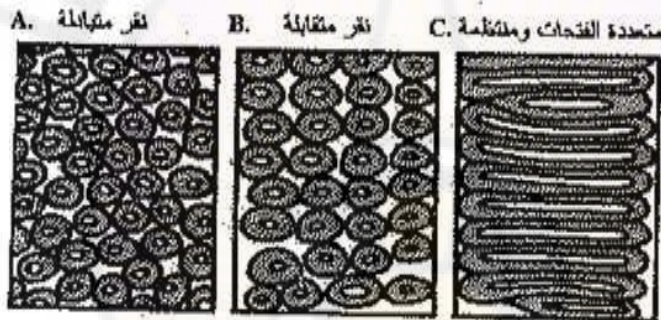
شكل رقم (٥١) : الحجم النسبي لخلايا الخشب المختلفة .



شكل رقم (٥٢) : ترتيب الأوعية في المقطع العرضي للخشب القاسي .



شكل رقم (٥٣) : منظر أمامي لأشكال الفتحات بين الأوعية .



شكل رقم (٥٤) : أشكال النقط الهالية وترتيبها في الأوعية .

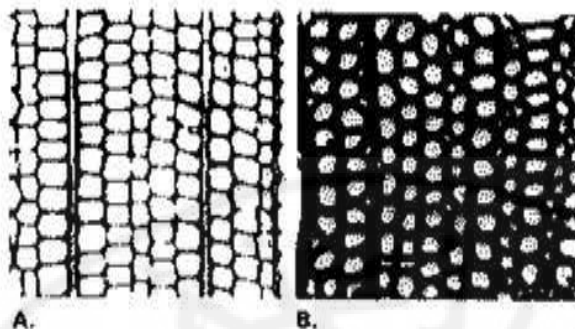
٤- الاستطالات الخلوية (التيلوزات) Tyloses

تعرف الاستطالات الخلوية بأنها عبارة عن نموات خلايا البارانشيم إلى داخل لمعة الأوعية الناقلة وتتشكل في العديد من الأشجار ذات الخشب القاسي خلال الانتقال من الخشب العصاري لخشب القلب ، وقد تظهر نتيجة الإصابة بالفطور أو البكتيريا أو تعرض النباتات للجفاف. وتتصف الأوعية الناقلة بجدران رقيقة وأقطار كبيرة وفتره حياة قصيرة حيث تفقد نواتها وتتهدم سيتوبلاسما فيها بعد تشكلها بفتره قصيرة ، بينما تبقى خلايا البارانشيم حية محافظة على سيتوبلاسماها لعدة سنوات وهي الأخيرة التي تموت وموتها يؤذن بتشكيل خشب القلب. ويمنع سيتوبلاسما الخلايا البارانشيمية من الانتقال إلى الأوعية المجاورة ، لها أغشية النقط الهالية وتتشكل الاستطالات الخلوية حيث تقوم أنزيمات بحل النقط الهالية الواصلة بين

وعاء وخلية بارانشيمية إذ تتعدد سيتوبلازما الخلية البارانشيمية وتتدفق من الفتحة إلى لمعة الوعاء الخشبي لتشكل ما يعرف بالتيلوز ، وتعد هذه العملية هامة على اعتبار أنها قد تسد الوعاء الناقل تماماً ، الأمر الذي يعطل وظيفته وتعد أيضاً هذه العملية على جانب كبير من الأهمية في الصناعة إذ تستخدم مثلاً أخشاب البلوط الأبيض في صناعة براميل وخزانات للسوائل كالويسكي والبيذ وغيرها بسبب عدم رشح أوعيته للسوائل بفعل التيلوزات المتشكلة فيه ويصعب بشكل عام تجفيف الخشب ومعالجته في حال وجود التيلوزات فيه .

٥- الألياف Fibers

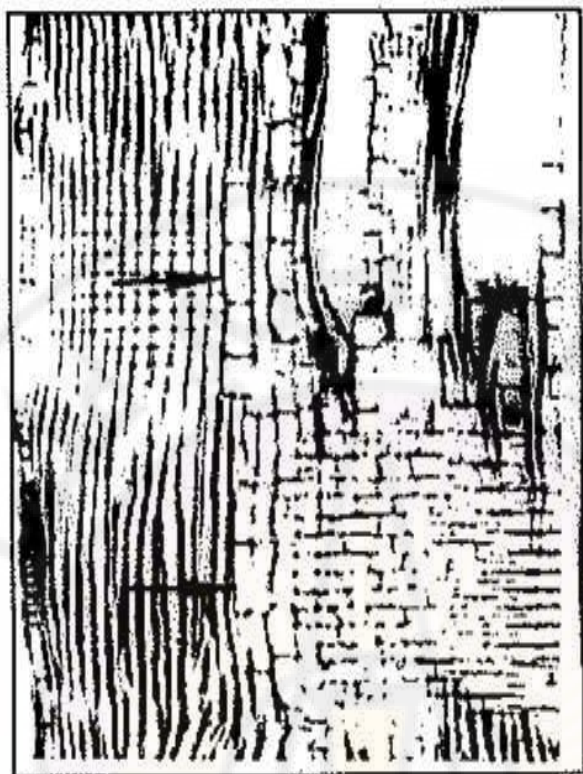
يستعمل هذا التعبير للدلالة بشكل عام على جميع أنواع الخلايا الخشبية التي تعزل أثناء صناعة عجينة الورق. ولكن يشير هذا التعبير علمياً إلى نموذج محدد من الخلايا الخشبية الطولية الممتدة ذات الجدران السميكة الموجودة في خشب عريضات الأوراق وتنبو للوهلة الأولى وكأنها تشبه تراكيدات خشب المخروطيات ، لكن الفحص الدقيق يوضح الفرق بينهما والشكل رقم (٥٥) يبين هذه الفروق . وبشكل عام تكون الألياف أكثر قصراً من تراكيدات المخروطيات حيث تكون بطول أقل من ملم مقارنة مع طول التراكيدات الذي يبلغ من ٣-٤ ملم وهذا ما يجعل المخروطيات مفضلة في صناعات عجينة الورق ، حيث يلعب طول الألياف دوراً هاماً في متانة الورق . وتبدو الألياف دائرية الشكل في المقطع العرضي مقارنة مع الشكل المستطيل لتراكيدات المخروطيات وتكون أيضاً ذات جدران سميكة ونقط هالية متجاورة ذات حدود غير متطورة مقارنة بتراكيدات المخروطيات . وتختلف وظيفة الألياف في عريضات الأوراق عن وظيفة التراكيدات في المخروطيات حيث تلتخصر وظيفة الأخيرة في نقل المواد ودعم الساق ، في حين يتم النقل في عريضات الأوراق بواسطة الأوعية الناقلة Vessels وتقوم الألياف ذات الجدران السميكة بالدعم الميكانيكي وبذلك تتعلق كثافة خشب عريضات الأوراق ومثاليته بنسبة احتوائها على الألياف نسبة إلى الأوعية حيث تزداد متانة الخشب وقوته بزيادة نسبة الألياف فيه. وتتصل الألياف مع بعضها البعض بنقط هالية من النوع المتجاور ، بينما تكون النقط الهالية نصف متجاورة بين الأكساف والخلايا البارانشيمية ونادراً ما تتصل الألياف بالأوعية بنقط هالية.



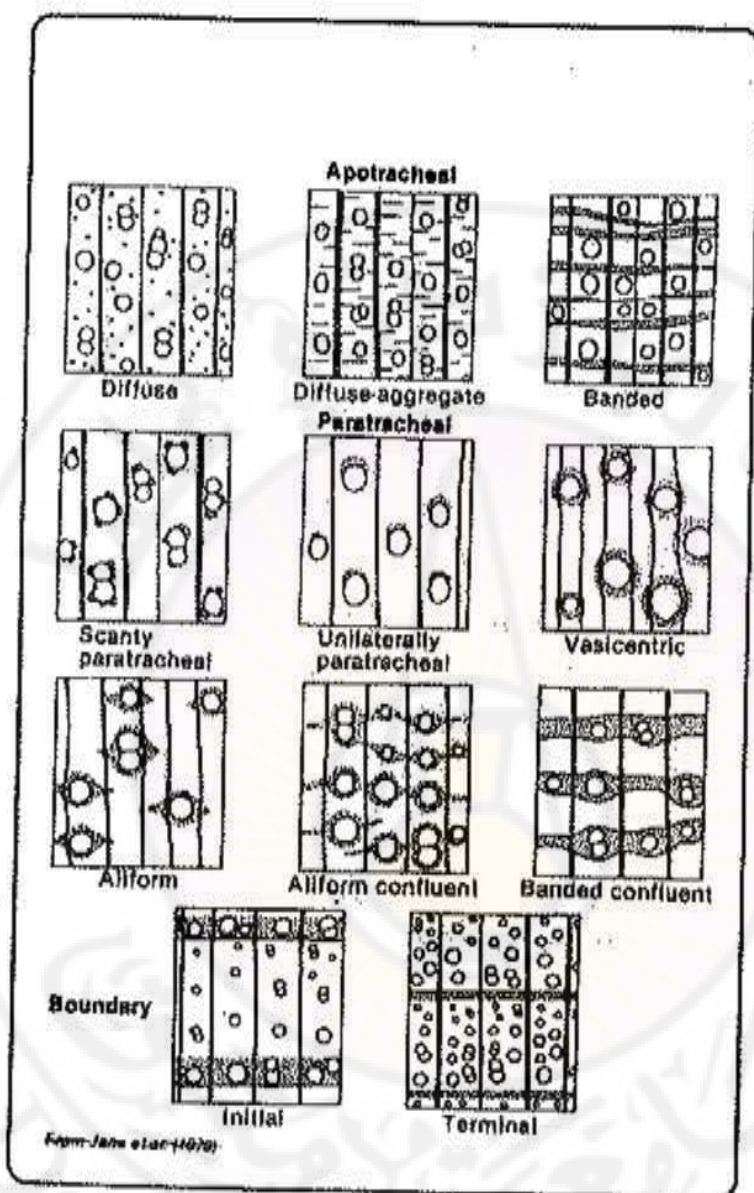
شكل رقم (٥٥) : الاختلاف في الشكل ما بين تركيزات المخروطيات (A) وألياف عريضة الأوراق (B) .

٦- البرانشيم الطولي Longitudinal parenchyma

تتصف الخلايا البرانشيمية بنحافة الجدران وتقوم باختزان الغذاء وتوجد على شكل خلايا طويلة مستديرة أو خلايا قصيرة دائرية مفرزة حول قنوات الصمغ وعلى شكل خلايا أشعة وتقسّم الخلايا الطولية إلى عدد كبير من الخلايا الصغيرة عبر تشكيل جدران خلوية خلال نضج الخلية (شكل رقم ٥٦) . وقد تكون جدران الخلايا البرانشيمية رقيقة جداً أحياناً ومقتصرة على الجدار الأولي فقط ، وبالتالي لا يوجد على جدرانها نقط هالية في هذه الحالة على اعتبار أن للنقطة الهالية ليست إلا فتحات في الجدار الثانوية وتتصل الخلايا البرانشيمية مع بعضها البعض بنقط هالية بسيطة عموماً وقد تكون نصف متجاورة في حال اتصال الخلايا البرانشيمية مع أوعية أو للياف . وعادة تكون الخلايا البرانشيمية قليلة في المخروطيات ١-٢ % لكن الشكل الطولي للبرانشيم هام جداً في مستورات البذور ، ولا تحوي جميع أنواع مستورات البذور خلايا برانشيمية وبعضها يحوي حتى ٢٤% أو أحياناً ٥٠% في بعض الأنواع الاستوائية ، وبعد توضع الخلايا البرانشيمية ذا قيمة تصنيفية كبيرة لأنها وراثية الشكل ويوضح الشكل رقم (٥٧) الأشكال التي تتوضع فيها الخلايا البرانشيمية . وتوجد قنوات الصمغ في بعض الأخشاب القاسية وتشبه القنوات المفرزة في المخروطيات وفي بعض الأحيان تتوضع القنوات في الأخشاب اللغابية مع الخلايا البرانشيمية المحيطة بالقنوات المفرزة .



شكل رقم (٥٦): خلايا البرانشيوم الطولية لشجيرة قاسي.



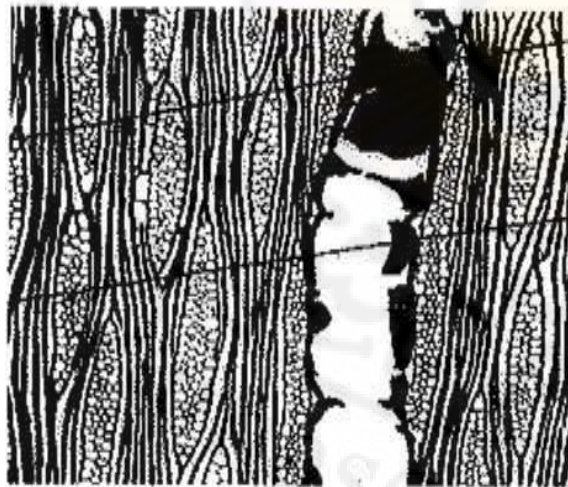
شكل رقم (٥٧) : الأشكال التي تتوضع فيها الخلايا البرنشيمية في الخشب القاسي (Jane et al. ١٩٧٠).

٧-أنواع أخرى من العناصر الطولية Other kinds of longitudinal cells

إضافة إلى العناصر الطولية السابقة توجد عناصر انتقالية بين العناصر الرزيسية وبذلك لها صفات نموذجية خاصة وفقاً للنوع الخلوي الذي تنتمي إليه ومثلها التراكيدات الوعائية Vascular tracheid التي لها نفس مظهر الأوعية ، لكن تفتقر للثغور في طرفيها إلا أنها تحوي ثغوراً جانبية (نقط هالية متجاورة) كما في الألياف وهناك نوع آخر من العناصر الطولية كالفانتريك تراكيد Vasicentric tracheid التي تبدو كالخلايا البرانشيمية في المقطع العرضي وذات جدران تحوي العديد من النقاط المتجاورة .

٨-الأشعة Rays

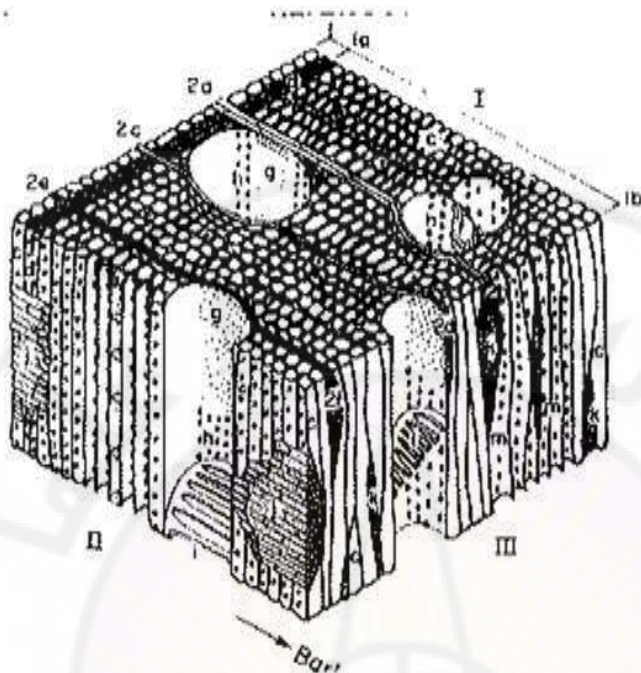
تبدو الأشعة في المقطع المماسي بعرض من ١-٣٠ خلية أو أكثر مقارنة مع واحدة أو اثنتين أحياناً في المخروطيات (شكل رقم ٥٨) . وجميع الأشعة في خشب مستورات البذور (الأخشاب القاسية) من طبقة برانشيمية وتتصف بكبرها كما في السنديانيات حيث تبدو بمظهر أخذ في المقطع الطولي والقطري وقد يكون شكل الخلايا البرانشيمية في المستورات مربعاً تقريباً في المقطع القطري إلا أن شكلها العام مستطيل وتتوضع بشكل عام حيث يكون محورها الطولي عمودياً على المحور الطولي للخلايا الطولية في معظم الأخشاب . ويفيد توضع الخلايا الشعاعية في تمييز الأخشاب كثيراً . ففي خشب الصفصاف تكون الأشعة



بشكل دائم ذات خلايا Upright (خلايا مربعة) على طول الحواف (الهوامش) العلوية والسفلية لها بينما لا تكون كذلك في خشب الحور .

ويخلص الشكل رقم (٥٩) مكونات الخشب القاسي (عناصر الخشب) ومظهرها في كل من المقطع العرضي والشعاعي والمماسي .

شكل رقم (٥٨) : شكل الأشعة في المقطع المماسي لخشب قاسي.



المقطع العرضي I: 1-1a خشب صلب، 1a-1b خشب ربيع، c- الألياف ريفية، d- الألياف صيفية،
e- برانشيم طولي، f- نقط بين وعائين، g- نقط بين وعاء وشعاع، h- نقطة بين وعاء ولفة.
المقطع الشعاعي II: c- ليفة ريفية، d- ليفة صيفية، e- برانشيم طولي، g- نقط بين وعاء وبرانشيم،
h- نقط بين وعاء ولفة، i- صفيحة فاصلة بين وعائين، j- أشعة.
المقطع للمماسي III: c- الألياف، i- صفيحة فاصلة بين وعائين، k- أشعة، m- نقط بين الألياف.

شكل رقم (٥٩) : مكونات الخشب القاسي (عناصر الخشب)
ومظهرها في كل من المقطع العرضي والشعاعي والمماسي .

يعد القلف من منتجات الأشجار الهامة حيث يستخدم في الوقود و في تصنيع الكومبوست الذي يفيد في تحسين خواص التربة وكمش لها و كما يستفاد منه في الحصول على مادة التانين التي تستخدم في تصنيع المادة اللاصقة التانين فورم ألدهيد .

١- التركيب Structure

ينشأ القلف الخارجي في سوق الأشجار نتيجة إلى نشاط كامبيوم ثانوي في جذع الأشجار يدعى الفللوجين Phellogen ، بينما يعود منشأ القلف الداخلي أو ما يعرف بالغربال إلى نشاط الكامبيوم.

٢- القلف الداخلي (الغربال) Inner Bark

ينشأ الغربال الثانوي من انقسام بداءات الكامبيوم نفسها حيث تعطي خلايا خشبية وأخرى شربالية وبسبب وحدة المنشأ كثيراً ما تشبه بعض خلايا الغربال الخلايا الخشبية إلا أن بعض هذه الخلايا يختلف تمام الاختلاف عن الخلايا الخشبية وبمعد الفسلف ذا بناء تشريحي معقد مقارنة بالخشب. وقد يحتوي الغربال في المخروطيات خلايا طولية وخلايا برانشيمية وخلايا مفرزة ملولية وأخرى مفرزة شعاعية، وجميع الخلايا البرانشيمية ذات جدران نحيفة وتشبه الخلايا البرانشيمية في الخشب على الرغم من كونها في معظم الحالات أقصر وغير ذات لغنين، وتشبه الخلايا الألبومية Albuminous cells في الغربال الأشعة التراكيدية حيث يكون الفارق الرئيس بين الغربال والخشب تركيباً هو التراكيدات الطولية التي تولف ٩٥% تقريباً من تركيب خشب المخروطيات في حين تنعدم في الغربال ، إلا أنه تكثر فيه الخلايا الشربالية Sieve cells ، وفي معظم الأنواع تكثر الألياف الشربالية Phloem fibers والخلايا الحجرية Stone cells . تشبه الخلايا الشربالية في شكلها التراكيدات الطولية للخشب إلا أنها أقصر وتعمل هذه الخلايا على توفير النفل العرضي Avenue ولا تقوم هذه الخلايا بالدعم على اعتبار أن جدرانها نادراً ما تتلغفن (تخشب) Lignify ويحدث النقل فيها عند وجود سيتوبلازما فقط مقارنة مع التراكيدات التي تفقد سيتوبلازماها قبل أخذها دور النقل، ولا توجد نقط هالية (ثغور) في جدر هذه الخلايا بل تحوي جدرها مسام يعسرف

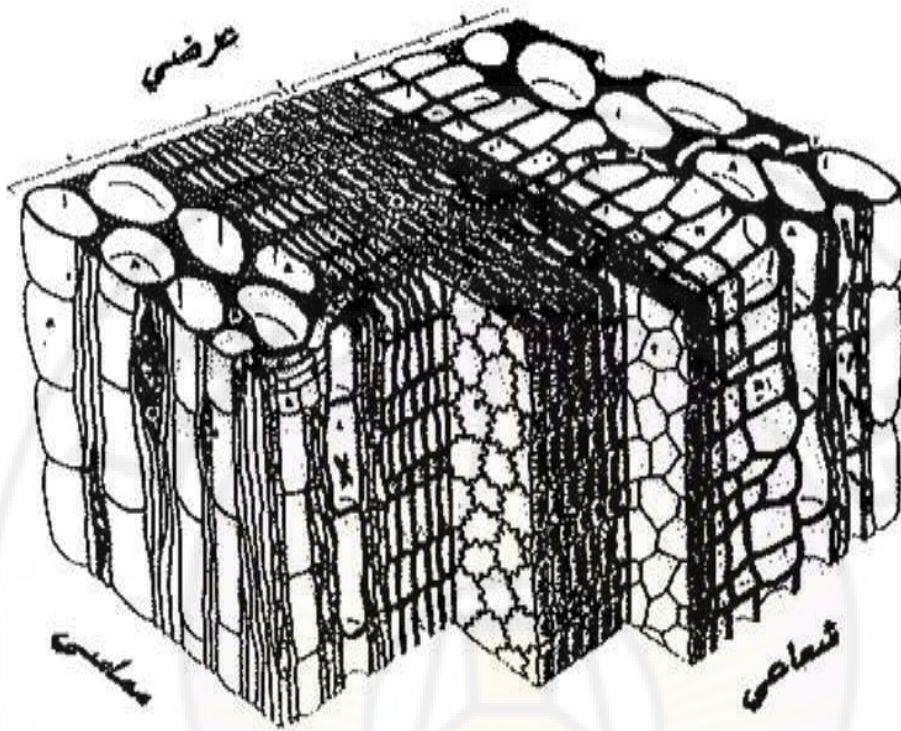
بالمناطق الغربالية Sieve areas حيث توجد عليها ثغور صغيرة، وتكون الخلايا المتجاورة مترافقة مما يسمح بانصال بروتوبلازما كلا الخليتين. تكون الألياف الغربالية طويلة نحيفة ذات جدران سميكة في الغالب ومتلغنة بشدة حيث تشبه بذلك التراكيدات النهائية في الخشب، وتقوم هذه العناصر بوظيفة دعامية ولا تشكل هذه العناصر أكثر من ١٠% من تركيب قلف المخروطيات وتغيب تماماً في الصنوبريات. تكون الخلايا الحجرية ذات شكل غير منتظم وجدران سميكة جداً بعدة طبقات وذات تلغز كبير. وتعرف هذه الخلايا بالسكلريدات Sclereids أو براكي سكلريد Brachysclereids وتنشأ من الخلايا البرانشيمية ذات المنشأ الكامبيومي حيث تتطور جدران هذه الخلايا وتثخن. وغالباً ما توجد هذه الخلايا في تجمعات Clusters ورغم أنها تشكل جزءاً صغيراً من القلف (غائبة في الصنوبريات) تسبب هذه الخلايا مشاكل في صناعة عجينة الورق عند وجودها بكثرة حيث تقاوم أثر الكيماويات وتسبب أذى وتدهوراً في الآلات ومشاكل في تقنية صرف الكيماويات من الورق وفي السيطرة على سماكته وعمليات طلائه. ويشبه القلف الداخلي لعريضات الأوراق القلف المخروطيات حيث توجد نفس العناصر خلايا برانشيمية طويلة وشعاعية والألياف الغربالية والخلايا الغربالية التي تنتظم في أنابيب غربالية ذات بناء محدد في عريضات الأوراق وتشبه هذه العناصر أيضاً الأوعية الخشبية الناقلة من حيث الشكل والترتيب طرفاً لطرف وتعمل هذه العناصر على نقل المواد وتمتد السيتوبلازما بين الخلايا بواسطة الثغور في منطقة الصفائح الغربالية. ويوجد ما يعرف بالخلايا المرافقة Companion cells في القلف الداخلي لعريضات الأوراق، وهي خلايا برانشيمية طويلة حيث ترافق هذه الخلايا دائماً الأنابيب الغربالية، وتقوم الخلايا المرافقة بتنظيم عمل الأنابيب الطولية ويحوي قلف عريضات الأوراق على نسبة أقل من الألياف الغربالية مقارنة بالمخروطيات، وهي عموماً أقل من ٥% حجماً. ويكون القلف الداخلي في المخروطيات وعريضات الأوراق نحيفاً ذا عرض من ٠,٥ - ١,٥ مم ويقوم للغربال بعنصره بنقل النسغ الكامل في الأشجار. وتبلغ سماكة هذه الطبقة الناقلة ٠,٢ - ٠,٣ مم ولا يمكن عموماً تمييز حلقات نمو في الغربال. ويوضح الجدول رقم (٨) الاختلافات في العناصر بين الخشب والقلف في كل من عريضات الأوراق والمخروطيات.

جدول رقم (٨) الاختلافات في العناصر بين الخشب
والقلف في كل من عريضات الأوراق والمخروطيات.

عريضات الأوراق (مستورات البذور)		المخروطيات (عريضات البذور)	
عناصر الغريال	عناصر الخشب	عناصر الغريال	عناصر الخشب
١- طولياً -سكليريدات -ألياف -أوعية غربالية -خلايا مرافقة -خلايا برانشيمية	- -تراكيدات وألياف -أوعية خشبية ناقلة -خلايا برانشيمية	-سكليريدات -ألياف -خلايا غربالية -خلايا برانشيمية -خلايا مفرزة	- -تراكيدات -خلايا برانشيمية -خلايا مفرزة
٢- عرضياً -أشعة برانشيمية	-أشعة برانشيمية	-أشعة برانشيمية -خلايا ألومية -خلايا مفرزة	-أشعة برانشيمية -أشعة تراكيدات -خلايا مفرزة
٣- البيريغرم -فيلم -فللوجين -فيللوديرم	- - - -	-فيلم -فللوجين -فيللوديرم	- - -

٣- القلف الخارجي Outer Bark

يحاط الغربال الأولي والثانوي بالقشرة Epidermis حيث تتفكك وتتوسف هذه الطبقة دورياً مع نمو الشجرة عرضاً وقبل أن يحدث هذا التوسف يتشكل كامبيوم ثانوي في القلف ينتج أنسجة واقية لجذع الشجرة ويتشكل هذا الكامبيوم في منطقة القشرة Cortex من خلايا برانشيمية حيث ينقسم مماسياً ليشكل نسيجاً جديدة ويعرف هذا الكامبيوم بالفلوجين Phellogen حيث يعطي دورياً فيليماً للداخل وفيلوديرماً للخارج (Periderm)، ولا تشبه خلايا البيريديرم خلايا القلف الداخلي حيث تنسطح خلايا الطبقة الخارجية (الفيليم) شعاعياً Radially وتكون قصيرة مربعة ذات شكل سداسي وجدران نحيفة إلى سميكة وتكون الخلايا ذات الجدران النحيفة غاية في الثقلان بينما تكون جدران الخلايا السميكة متغلغنة حيث تعمل هذه الخلايا على حماية الساق من فقد الرطوبة وتساعد في مقاومة الصدمات (شكل رقم ٦٠ الذي يبين مكونات قلف الصنوبر). وتحوي الطبقة الداخلية من البيريديرم (الفالوديرم) Phelloderm خلايا رباعية إلى سداسية الشكل مماسياً وعادة مسطحة شعاعياً لتوفر حماية أكثر من فقد الرطوبة وتكون الخلايا الأخرى في الفلوديرم نحيفة الجدران ومتوسعة في المقطع العرضي لضرورة العزل الحراري انظر الشكل رقم (٦١) الذي يبين مكونات طبقة البيريديرم للصنوبر.

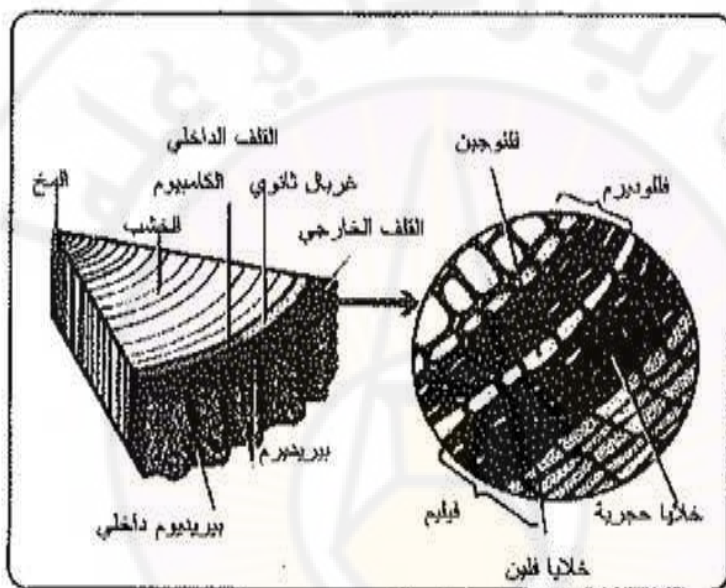


المقطع العرضي:

- ١- الغريال: A- برانشيم، B- خلايا غريالية، C-C- شعاع بعرض خلية، d- شعاع برانشيمي.
- ٢- الفيلوم: E- فلين، F- خلايا حجرية.
- ٣- الفللوجين.
- ٤- الفيلوديرم: G- فيلوديرم سميك الجدران بنقل بسيطة، H- فيلوديرم رقيق الجدران.
- ٥- طبقة غريال جديدة: J- شعاع.
- للمقطع الشعاعي: K- خلية شعاع، L- برانشيم حلولي، M- خلية خازنة.
- للمقطع المماسي: O- شعاع بعرض خلية، P- شعاع يحتوي على قناة وانجبية.

شكل رقم (٦٠) : مكونات القلف في المقاطع التشريحية الثلاثة في الصنوبر.

- الخارجي من ٣, ٥-٢ سم في بعض الأنواع مثل الإمين إلى ٣٠ سم في الأشجار الكبيرة مثل السيكونيا وشوح دوغلاس إلا أنه يبقى دائماً أقل سماكة من الخشب بسبب:
- ١- إنتاج الكامبيوم أساساً خلايا خشبية أكثر من إنتاجه لخلايا غربالية بمعدل ثلاث مرات في المخروطيات إلى عشر مرات في عريضات الأوراق.
 - ٢- إنهراس الخلايا الرقيقة الجدران غير المتغلطة في القلف خلال تشكل القلف الخارجي.
 - ٣- تقشر وتوسف القلف الخارجي دورياً.



شكل رقم (٦٢) : تركيب القلف.

٤- التركيب الكيميائي Chemical composition

يحتوي القلف على كمية أكبر من اللغنين بالنسبة للخشب على حساب نسبة المحتوى السكري له وبين الجدول رقم (٩) تركيب القلف كيميائياً في المخروطيات وعريضات الأوراق حيث تبلغ نسبة السلولوز في أنسجة القلف من ٢٠-٣٥% مقارنة مع ٤٠-٤٥% في الخشب ، وهذا ما يفسر قلة غلة العجينة الورقية من القلف ويكون محتواه من الرماد مرتفعاً أيضاً نسبة إلى الخشب ، ويساهم في ارتفاع محتواه من الرماد إضافة لما فيه أساساً التحصاق وتعلق بعض مواد التربة فيه حيث يبلغ محتوى الخشب من الرماد أقل من ٠,٥% ، بينما

يحتوي قلف المخروطيات ٢% و ٥% لقف عريضات الأوراق. وقد يصل محتوى القلف من الرماد في بعض الحالات ٢٠% من الوزن الجاف، ويجب أخذ ذلك بعين الاعتبار عند استعمال القلف وقوداً لتطهير هذه المعادن وذوبانها.

جدول رقم (٩):

تركيب القلف والخشب الخاليين من الرماد كيميائياً في المخروطيات وعريضات الأوراق

المكون	المخروطيات		عريضات الأوراق	
	الخشب (%)	القف (%)	الخشب (%)	القف (%)
اللفنين	٣٠-٢٥	٥٥-٤٠	٢٥-١٨	٥٠-٤١
متعددات السكر	٧٢-٦٦	٤٨-٣٠	٨٠-٧٤	٤٥-٣٢
المواد المستخلصة	٩-٢	٢٥-٢	٥-٢	١٠-٥

يعد محتوى القلف من المواد المستخلصة أعلى بكثير من الخشب حيث تصل من ١٥-٢٦% من وزن القلف غير المستخلص مقارنة مع ٢-٩% للخشب. ويندرج تحت هذه المواد مختلف النشويات والريزن والشموع ويشكل حمض التانيك Tannic acid نحو ١/٤ - ١/٢ هذه المستخلصات وزناً حيث يستعمل في الصباغات وصناعة الحبر ويكون المستخلص المائي للقلف حامضياً حيث يتراوح رقم الحموضة PH من ٣,٥ - ٦ ويكون مستخلص القلف المائي أكثر حموضة من مستخلص الخشب للنوع الواحد.

٥-المحتوى الرطوبي Moisture Content

تعادل نسبة الرطوبة في القلف تلك التي في الخشب وغالباً ما تزيد على ١٠٠% من الوزن الجاف ويكون هناك فرق ملحوظ في نسبة الرطوبة بين القلف الداخلي والقلف الخارجي مع حدوث تغير مفاجئ في نسبة الرطوبة عند الانتقال من القلف الداخلي للخارجي في بعض الأنواع وبالتالي يمكن القول إن المحتوى الرطوبي للقلف يعتمد على نسبة القلف الداخلي للقلف الخارجي ويبين الجدول رقم (١٠) المحتوى الرطوبي للقلف الداخلي والخارجي لبعض الأنواع.

جدول رقم (١٠) : المحتوى الرطوبي للقلب الداخلي والخارجي لبعض الأنواع.

المحتوى الرطوبي (%) Moisture content		Species
القلب الداخلي Inner bark	القلب الخارجي Outer bark	النوع الخشبي
١٣٣	٨٠,٣	<i>Pseudotsuga menziesii</i> الدوغلاس
١٣٤	٦٥,٢	<i>Tsuga canadensis</i> الهيملوك
٨٨,٥	٣٧,٤	<i>Juniperus virginiana</i> الأرز الأحمر
١١٨	٧٥,٣	<i>Pinus monticola</i> الصنوبر الأبيض
٩٨,٦	٤٤	<i>Larix occidentalis</i> لاركس غربي
٢٣٢	٢٧,٥	<i>Pinus palustris</i> صنوبر جنوبي
١٢١	٩٣,٤	<i>Populus grandidentata</i> إسبين

٦- النسبة من الساق الخشبي Proportion of the woody Stem

٦-١- حجم القلب Bark volume

يعتمد حجم القلب بالنسبة للخشب على النوع وقطر الساق وسماكة القلب نفسه ويمكن تقدير سماكة القلب باستعمال معاملات الانحدار والارتباط بالإضافة إلى ثابت يتعلق بالنوع الخشبي ويوضح الجدول رقم (١١) معاملات الانحدار لضعف سماكة القلب مع القطر للقلب الخارجي لبعض الأنواع، فمثلاً تكون ضعف سماكة القلب على ارتفاع الصدر للبلوط الأحمر (the double bark thickness) DBT إذا علمنا أن القطر مع القلب الخارجي على ارتفاع الصدر DOB (diameter outside bark) هو ١٢ إنش (١ إنش = ٢,٥٤٠ سم) مساوية لـ ٠,٩٦٧ إنش، حيث تم الحساب باستعمال العلاقة التالية:

$$DBT = \text{ثابت خاص بالنوع} + (\text{معامل الانحدار} \times DOB) = ٠,١٨٧ + (٠,٠٦٥ \times ١٢) = ٠,٩٦٧ \text{ إنش.}$$

الجدول رقم (١١): معاملات الانحدار لضعف سماكة القلف مع القطر للقلف الخارجي لبعض الأنواع.

الأنواع	ثابت	معامل الانحدار
البلوط الأحمر <i>Quercus velutina</i>	٠,١٨٧	٠,١٦٥
الأرز الأحمر <i>Juniperus virginiana</i>	٠,٣٠٣	٠,١٤١
هيملوك شرقي <i>Tsuga canadensis</i>	٠,١٨٤	٠,٠٨٣
صنوبر شرقي أبيض <i>Pinus strobus</i>	٠,٠١٨	٠,١٠٣
صنوبر غربي أبيض <i>Pinus monticola</i>	٠,١٠٧	٠,٠٤٩
جوز أصفر <i>Liriodendron tulipifera</i>	٠,٠٩٢	٠,٠٨٣

عند معرفة ضعف سماكة القلف إما من المعادلة السابقة أو بالقياس المباشر في نهاية الجذع يمكن حساب حجم القلف (BV) bark volume على أنه نسبة مئوية من الحجم الكلي للخشب والقلف (TV) total volume of wood plus bark من المعادلة التالية:

$$BV \text{ as \% of TV} = \frac{DOB^2 - DIB^2}{DOB^2} \times 100$$

حيث يحسب القطر دون القلف DIB من العلاقة التالية: $DIB = DOB - DBT$ حيث DOB القطر خارج القلف و DBT ضعف سماكة القلف. ويمكن حساب حجم القلف على أنه نسبة من حجم الخشب (WV) wood volume من العلاقة التالية:

$$BV \text{ as \% of WV} = \frac{DOB^2 - DIB^2}{DIB^2} \times 100$$

فلو كان ضعف سماكة القلف على قطر ١٢ إنش = ٠,٩٦٧ إنش فيكون القطر دون القلف :

DIB = 12 - 0.967 = 11.03 إنش فيكون حجم القلف نسبة إلى الحجم الكلي للخشب

والقلف .

$$BV \text{ as \% of TV} = \frac{(12)^2 (11.03)^2}{(12)^2} \times 100 = 10.5\%$$

ويجب تعديل هذه النتيجة كون القلف حاوياً على الكثير من الفراغات والشقوق. ومن الجدير ذكره أنه على الرغم من تناقص سماكة القلف مع الارتفاع في الأشجار فإن نسبته تزداد وكذلك يزداد حجم القلف بنقصان قطر الساق. وقد يشكل القلف في بعض الأغصان الصغيرة وكذلك الفروع نحو 70% من الوزن الجاف لهذه الأعضاء.

٧-الوزن النوعي Specific Gravity

يكون الوزن النوعي لبعض الأنواع في القلف أكثر منه في الخشب وقد يكون العكس صحيحاً في بعض الأنواع الأخرى ويكون الوزن النوعي عموماً للقلف الخارجي أكبر من الوزن النوعي للقلف الداخلي ، وقد يكون أيضاً أقل. وعموماً يطحن القلف لتقدير وزنه النوعي وفي حال اتباع هذه الطريقة يعادل في وزنه النوعي الوزن النوعي للخشب عند تقديره بنفس الطريقة. ويبين الجدول رقم (١٢) قيم الوزن النوعي لخشب وقلف بعض الأنواع.

٨-المتانة (القوة) Strength

يعد الخشب أكثر متانة من القلف وتحدد نسبة الألياف في القلف درجة متانته.

جدول رقم (١٢) : قيم الوزن النوعي لخشب وقلف بعض الأنواع

النوع	الوزن النوعي (الخصر)		
	الخشب	القلف للداخلي	القلف الداخلي
الذغث	٠.٣٧	٠.٥٢	٠.٦٢
الإسبن	٠.٣٨	٠.٤٠	٠.٥٥
الحور الأسود	٠.٣١	٠.٤١	٠.٤٤
دوغلاس	٠.٤٥	٠.٤٥	٠.٤٣
صلوب جنوبي	٠.٣٨	٠.٣٦	٠.٣٤



الفصل الرابع

سلوك الخشب العصاري و الخشب القلبي تجاه المواد اللاصقة الصناعية

The Behavior of sap- and heartwood towards Synthetic Binder

إن عملية تبايز الخشب إلى خشب عصاري و خشب قلبي تكسبه مواصفات مختلفة فهذه العملية تؤثر على السلوك الكيميائي للخشب خلال عمليات التصنيع المختلفة ، على سبيل المثال: إن سبب الصعوبات التي تعتري عملية إزالة للألغنين من الخشب القلبي للصنوبر في الوسط الحامضي تعزى في الغالب إلى المكونات الفينولية وبشكل رئيس إلى مركبي بينوسولفين و بينوسولفين مونوميثيل إيثر الموجودين بتركيز كبير في الخشب القلبي للصنوبر. إن تركيز المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص (المستخلصات الخشبية) في الخشب القلبي للصنوبر والاركنس والدوغلاس يعتمد على عوامل مختلفة كالموقع وعمر الشجرة والفصل بالإضافة إلى مكان أخذ العينة (Lang et al. ١٩٨٩). إن وجود هذه المكونات (المستخلصات الخشبية) في الأخشاب يؤثر على إمكانية استخدامها باعتبارها مادة أولية لإنتاج المللوز بطريقة السلفيت من طرف وعلى عمر المادة الخشبية المصنعة ومقاومتها للأفات من طرف آخر (Dietrichs, ١٩٧١, Lelis, ١٩٩٥). فضلاً عن ذلك تؤثر المكونات الخشبية القابلة للانحلال والطيارة على عملية التغيرية وذلك من خلال هجرتها إلى السطوح الخشبية من جراء عملية التجفيف حيث تغير من مواصفات هذا السطح (Christiansen, ١٩٩٠, ١٩٩١). هذا و تقلل المستخلصات الخشبية من نفاذية السطح الخشبي.

إن المستخلصات الخشبية الكارهة للماء كالصمغ والحموض الدهنية تضعف من مقدرة المواد اللاصقة على تغلل السطوح الخشبية وتبليتها ، وبالتالي تضعف عملية التغيرية. هذا ولقد زادت عملية استخلاص المكونات الخشبية بالمحلات العضوية أو بمحاول مائهات

الصوديوم قدرة الخشب على التبلل بكل من المادتين اللاصقتين اليوريا فورمالدهيد المستخدم معها مادة مقسية حامضية والريسورسين فورمالدهيد المعتدل الوسط (Chen, 1970).

هذا ولقد أثبت Voreiter, 1954 أن المكونات الخشبية القابلة للاندماج بالبلزول يثر تقلل من قابلية الخشب على امتصاص الماء والانتفاخ في الماء.

إن المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص تغير من حموضة السطح الخشبي وبالتالي تؤثر على نجاح عملية التغيرية في الصناعات الخشبية (Roffael and parameswaran, 1986). فضلاً عن أن هذه المكونات الخشبية تملأ الفراغات في الخشب وبالتالي تقلل من نفاذيتها للمواد اللاصقة وتزيد من كثافة الخشب (Imamura, 1989).

هذا ولقد أثبت Roffael and Rauch, 1974 أن التانين القابل على التحلل في الوسط الحامضي باعتباره مكوناً خشبياً يعسر عملية تغرية خشب البلوط بالمادة اللاصقة فينول فورمالدهيد وعلى العكس من ذلك سرع عملية للتغيرية بالمادة اللاصقة اليوريا فورمالدهيد مع مقس حامضي (Albritton and Short, 1979) (Roffael, Rauch and v.Besmarck, 1975).

إن وجود المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص في الخشب القلبي بكميات كبيرة تؤثر على عملية تغرية الأخشاب بالمواد اللاصقة المختلفة . حيث تدخل بحكم تركيبها الكيميائي مع الفورمالدهيد الموجود في المواد اللاصقة بتفاعل كيميائي (Roffael, 1976). ويوضح هذا الفصل سلوك الخشب العصاري و القلبي تجاه المواد اللاصقة المختلفة .

١- مقدرة كل من الخشب العصاري و الخشب القلبي للصنوبر و الدوغلاس و الاركس على التبلل بالماء و المواد اللاصقة المختلفة

إن عملية تغرية النشارة الخشبية للحصول على الخشب المضغوط لا تتأثر فقط بالمواسفات الكيميائية للخشب كدرجة الحموضة ، و محتواه من المستخلصات الخشبية ، وكفاءة التعديل لمستخلصاته فحسب وإنما أيضاً بالمواسفات الشكلية و الفيزيائية خاصة التفاعل الفيزيائي ما بين الخشب و المادة اللاصقة . هذا و تبدي أخشاب الأنواع المختلفة اختلافات كبيرة في هذه المواسفات (Gray, 1958; Subramanian et al., 1983; Dix and Roffael, 1991) .

لقد أثبت Lelis, 1992-1995 اختلافات بين الخشب العصاري و الخشب القلبي من حيث درجة الحموضة و المحتوى من المستخلصات الخشبية وكفاءة تعديل المستخلصات حيث تؤثر هذه الاختلافات على سلوكية الخشب أثناء عملية التغرية .

إن مقاومة الشد العرضي للخشب المضغوط المصنع من الخشب القلبي للصنوبر و الدوغلاس كانت أكبر من مثيلاتها المصنعة من الخشب العصاري أما بالنسبة لمقدرتها على الإنتاج بالماء فكانت على العكس من ذلك (Lelis, 1995) . لذلك فإن للهدف من هذه الرسالة هو البحث فيما إذا كانت هناك اختلافات أخرى إلى جانب الاختلافات في الخصائص الكيميائية لكل من الخشب العصاري و القلبي للأنواع الخشبية الإيجابية التمايز كالاختلافات في الخصائص الفيزيائية للخشب العصاري و القلبي و أهمية هذه الاختلافات في عملية التغرية باعتبارها مقياساً للتفاعل الفيزيائي ما بين الخشب و المادة اللاصقة تعتبر مقدرة الخشب على التبلل بالمادة اللاصقة بطبيعة السطح الخشبي حيث يختلف هذا السطح حسب العمليات التي يتعرض لها الخشب من النشر و الصقل . هذا ويؤثر على مقدرة السطح الخشبي على التبلل بالمادة اللاصقة محتوى الخشب من المستخلصات الخشبية كذلك الكثافة الخام للخشب و رطوبة الخشب قبل التغرية التي تؤثر بدورها على زمن فتح الكبس و إغلاقه (Boehme, 1993) .

هذا و إن المعالجة القلوية للخشب كعملية الإستخلاص بالماء الساخن أو البنزول أو الإيثانول يحسن من مقدرة الخشب على التبلل بالمادة اللاصقة وعلى العكس من ذلك تقلل

عملية إضافة مجموعة أستيل مقدرة الخشب على التبلل بالمادة اللاصقة (Pecina and Paprzycki, ١٩٩٠). تقلل المركبات الكارهة للماء مثل الشمع و الدهون مقدرة الخشب على التبلل و بالتالي تضعف عملية لصق الخشب . هذا و يعتبر خشب الزيزفون *Tilia sp.* من الأخشاب ذات المستخلصات الدهنية التي تسبب مشاكل أثناء عملية تصنيع الخشب المعاكس منها (Weissmann, ١٩٧١) هذا و يعتبر اللغنين و الشموع و الراتنج من المركبات الكارهة للماء . و لقد أثبتت أبحاث Elbez, ١٩٧٨ أن قياس مقدرة السطوح الخشبية على التبلل بالمادة اللاصقة يفيد في اختيار المادة اللاصقة ذات التركيب الكيميائي الملائم لعملية التصنيع . هذا و تؤثر المستخلصات الخشبية كما ذكر سابقاً على مقدرة السطوح الخشبية على التبلل بالمواد اللاصقة . تعتبر مقدرة السطح الخشبي على التبلل بالمواد اللاصقة شرطاً أساسياً في عملية التغيرية بظواهرها مع عوامل أخرى .

هذا وهناك عدد كبير من الأبحاث تطرقت لمقدرة السطوح الخشبية على التبلل بالمادة اللاصقة (Hirsch, ١٩٧٨ ; Zisman, ١٩٦٣; Huntsberger, ١٩٧٨; Patton, ١٩٧٠; Collett, ١٩٧٢; Good) : and Kotsidas, ١٩٧٩; Nyuyen and Johns, ١٩٧٩; Freeman, ١٩٥٩; Chen, ١٩٧٠; Elbez, ١٩٧٨; Bodig, ١٩٦٢; Jordan and Wellons, ١٩٧٧; Hese, ١٩٧٢a-b; Zang, Gardner, Wang and Shi, ١٩٩٧; Herczeg, ١٩٦٥; Gry, ١٩٦٢; Wellons, ١٩٨٠; Boelune, ١٩٩١-١٩٩٢; Pecina and Paprzeki, ١٩٩٠) وقد بحثت مقدرة كل من الخشب العصاري والقلبي على التبلل بالمواد اللاصقة المختلفة . كذلك تغير هذه المقدرة بعد عملية التجفيف كما بحثت العلاقة ما بين مقدرة السطوح الخشبية على التبلل بالمواد اللاصقة المختلفة و علاقتها مع المقطع التشريحي للخشب و ذلك لكل من الخشب العصاري و القلبي للصنوبر الحراجي *Pinus sylvestris L.* ، الدوغلاس *Pseudotsuga menziesii (Mirb) Franco* و اللاركس *Latix decidua Mill.* (Hameed, ٢٠٠٠) .

تبين الجداول من رقم ١٣ وحتى ٤٢ (Hameed, ٢٠٠٠) مقدرة كل من الخشب العصاري والقلبي للاركس و الصنوبر و الدوغلاس على التبلل بالماء و المادة اللاصقة البوريا فورمالدهيد . الفينول فورمالدهيد . الميلاتين يوريا فينول فورمالدهيد . البولميرات مكونة من دي فينول ميثان دي إيزوسيانات خلال فترات زمنية مختلفة حيث يستنتج منها ما يلي :

١- إن الخشب القلبي كان دائماً أقل قدرة على التبلل بالماء وبالمواد اللاصقة المستخدمة من الخشب العصاري، هذه النتيجة تعزى إلى المحتوى العالي للخشب القلبي من المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص والكارهة للماء (شمع . صمغ . دهون . حموض دهنية).

٢- إن المقدرة على التبلل بالمواد اللاصقة على المقطع المماسي أقل من المقدرة على التبلل على كل من المقطعين الشعاعي والعرضي للخشب العصاري والقلبي.

إن اختلاف مقدرة الأنواع الخشبية اللاركس . الصنوبر . الدوغلان و مقادعها الخشبية على التبلل بالماء و المواد اللاصقة المختلفة يعزى إلى اختلاف مظهر المسطح الخشبي و إلى اختلاف توزيع نظام الاوعية بها (تقطع التراكيدات بشكل مائل . توزع القنوات الراتنجية . شكل الخشب المبكر و الخشب المتأخر ضمن الحلقة السنوية الواحدة) إضافة إلى اختلاف محتوى هذه الأنواع من المستخلصات الخشبية .

جدول رقم (١٣): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من الماء على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلان وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثتبة . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ٥٥-٦٠ ثا	المقدرة على التبلل (مم) بعد				التنوع الخشبي
	٥٦٠	٥٣٠	٥١٠	٥٥	
٤.٤	٩.٧	٨.٩	٨	٥.٣	خشب لاركس عصاري
٣.٢	٧.٨	٧.١	٦.١	٤.٦	خشب لاركس قلبي
٢.٩	٨.٤	٨	٦.٦	٥.٥	خشب صنوبر عصاري
٢.٣	٧.٦	٧.١	٦.٣	٥.٣	خشب صنوبر قلبي
٢.٩	٧.٩	٧.٣	٦	٥	خشب دوغلان عصاري
٢.٢	٦.٨	٦	٥.٣	٤.٦	خشب دوغلان قلبي

جدول رقم (١٤): متوسط القيمة لمقدرة فطرة من الماء على التبلل (مم) على المقطع العملي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا - ثانية .
 $n = 6$ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد				الفرق بين ثا - ثا ٦٠
	٥٥	٦١	٦٣	٦٥	
خشب لاركس عصاري	٤.٤	٦.١	٦.٦	٧	٢.٦
خشب لاركس قلبي	٤.١	٥.٢	٥.٥	٥.٨	١.٧
خشب صنوبر عصاري	٦.٨	٩.١	١٠.٤	١١	٤.٢
خشب صنوبر قلبي	٥.٩	٧.١	٧.٩	٨.٤	٢.٥
خشب دوغلاس عصاري	٥.٢	٦.٢	٨.٧	٩.٢	٤
خشب دوغلاس قلبي	٥	٦	٧.١	٨.١	٣.١

جدول رقم (١٥): متوسط القيمة لمقدرة فطرة من الماء على التبلل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية .
 $n = 6$ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد				الفرق بين ثا - ثا ٦٠
	٥٥	٦١	٦٣	٦٥	
خشب لاركس عصاري	٤.٥	٦.٢	٨.١	٩	٤.٥
خشب لاركس قلبي	٤.٢	٥.٢	٦.٣	٧.١	٢.٩
خشب صنوبر عصاري	٧	٧.٤	٨.٥	٩.٤	٢.٤
خشب صنوبر قلبي	٥.٨	٦.٣	٦.٧	٧.٢	١.٤
خشب دوغلاس عصاري	٥.١	٥.٥	٦.٣	٦.٧	١.٦
خشب دوغلاس قلبي	٤.٥	٤.٩	٥.٦	٦	١.٥

جدول رقم (١٦): متوسط القيمة المقدرة لفترة من الماء على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب البلرخص وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا - ثانية . n - ٦ قياسات)

المقطع التشريحي	المقدرة على التبلل (مم) بعد				الفرق بين ثا ٥٠ - ثا ٦٠
	ثا ٥	ثا ١٠	ثا ٣٠	ثا ٦٠	
الشعاعي للخشب العساري	٥.٣	٨	٨.٩	٩.٧	٤.٤
الشعاعي للخشب القلبي	٤.٦	٦.١	٧.١	٧.٨	٤.٢
المماسي للخشب العساري	٤.٤	٦.١	٦.٦	٧	٢.٦
المماسي للخشب القلبي	٤.١	٥.٢	٥.٥	٥.٨	١.٧
العرضي للخشب العساري	٤.٥	٦.٧	٨.١	٩	٤.٥
العرضي للخشب القلبي	٤.٢	٥.٢	٦.٣	٧.١	٢.٩

جدول رقم (١٧): متوسط القيمة المقدرة لفترة من الماء على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب الصنوبر وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا - ثانية . n - ٦ قياسات)

المقطع التشريحي	المقدرة على التبلل (مم) بعد				الفرق بين ثا ٥٠ - ثا ٦٠
	ثا ٥	ثا ١٠	ثا ٣٠	ثا ٦٠	
الشعاعي للخشب العساري	٥.٥	٦.٦	٨	٨.٤	٢.٩
الشعاعي للخشب القلبي	٥.٣	٦.٣	٧.١	٨.٤	٢.٣
المماسي للخشب العساري	٦.٨	٩.١	١٠.٤	٧.٦	٤.٢
المماسي للخشب القلبي	٥.٩	٧.١	٧.٩	١١	٢.٥
العرضي للخشب العساري	٧	٧.٤	٨.٥	٨.٤	٢.٤
العرضي للخشب القلبي	٥.٨	٦.٣	٦.٧	٩.٤	١.٤

جدول رقم (١٨) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من الماء على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المعماسي و العرضي للخشب الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

المقطع التشريحي	المقدرة على التبلل (مم) بعد				الفرق بين ٥٥-٦٠ ثا
	٥٥	٥١	٥٣	٥٦	
الشعاعي للخشب العصاري	٥	٦	٧.٣	٧.٩	٢.٩
الشعاعي للخشب القلبي	٤.٦	٥.٣	٦	٦.٨	٢.٢
المماسي للخشب العصاري	٥.٢	٦.٢	٨.٧	٩.٢	٤
المماسي للخشب القلبي	٥	٦	٧.١	٨.١	٤.١
العرضي للخشب العصاري	٥.١	٥.٥	٦.٣	٦.٧	١.٦
العرضي للخشب القلبي	٤.٥	٤.٩	٥.٦	٦	١.٥

جدول رقم (١٩) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من اليوريا فورمالدهيد UFA على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي للخشب العصاري و القلبي لكل من الاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد							الفرق بين ٥٥-٦٠ ثا
	٥٥	٥٣	٥٦	٥١٢	٥١٨	٥٢٤	٥٣٠	
خشب الاركس عصاري	٣.٥١	٣.٦٦	٣.٨١	٤.١	٤.٣	٤.٥١	٤.٦٨	١.١٧
خشب الاركس قلبي	٣.٤٥	٣.٥٨	٣.٧٨	٤	٤.١	٤.٢١	٤.٣١	٠.٨٦
خشب صنوبر عصاري	٣.٧٥	٤	٤.١	٤.٦	٤.٤	٤.٥	٤.٦	٠.٨٥
خشب صنوبر قلبي	٣.٦٥	٣.٩	٤	٤.١٥	٤.٢٨	٤.٣٨	٤.٤٨	٠.٨٣
خشب دوغلاس عصاري	٣.٨	٤.٠١	٤.١٣	٤.٢٣	٤.٣٣	٤.٤٣	٤.٥٣	٠.٧٣
خشب دوغلاس قلبي	٣.٦٣	٣.٨	٣.٩٦	٤.٠١	٤.١٧	٤.٢١	٤.٣١	٠.٦٨

جدول رقم (٢٠) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من اليوريا فورمالدهيد UF على التبلل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد						الفرق بين ثا - ٣٠
	٥٥	٥٣٠	٥٦٠	٥١٢٠	٥١٨٠	٥٢٤٠	٥٣٠٠
خشب لاركس عصاري	٣.٥٨	٣.٧٦	٣.٨٨	٣.٩٨	٤	٤.١٨	٤.٧٨
خشب لاركس قلبي	٣.٤٦	٣.٥٦	٣.٧	٣.٨٥	٣.٩٥	٤.٠٥	٤.١٥
خشب صنوبر عصاري	٣.٦٥	٣.٩	٤	٤.١٨	٤.٢٨	٤.٣٨	٤.٤٦
خشب صنوبر قلبي	٣.٥٦	٣.٨٥	٣.٩٨	٤.١	٤.٢	٤.٣	٤.٣٦
خشب دوغلاس عصاري	٣.٦١	٣.٨٥	٣.٩٥	٤.٠٥	٤.١٦	٤.٣١	٤.٣٨
خشب دوغلاس قلبي	٣.٥	٣.٧	٣.٨١	٣.٩٦	٤.٠١	٤.١٣	٤.٢٣

جدول رقم (٢١) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من اليوريا فورمالدهيد UF على التبلل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد						الفرق بين ثا - ٣٠
	٥٥	٥٣٠	٥٦٠	٥١٢٠	٥١٨٠	٥٢٤٠	٥٣٠٠
خشب لاركس عصاري	٤	٤.٨٨	٥	٥.٦	٥.٨	٥.٩	٦
خشب لاركس قلبي	٣.٦	٤	٤.٤٨	٤.٥٨	٤.٧	٤.٨	٤.٩
خشب صنوبر عصاري	٤.٤	٤.٦٦	٤.٨٨	٥	٥.١٥	٥.٢٥	٥.٣٥
خشب صنوبر قلبي	٣.٨٨	٤	٤.١	٤.٢	٤.٣	٤.٤	٤.٤٨
خشب دوغلاس عصاري	٤.١	٤.٤	٤.٥٦	٤.٦٦	٤.٧١	٤.٨١	٤.٩١
خشب دوغلاس قلبي	٣.٧٣	٣.٨٨	٣.٩٨	٤.٠٨	٤.١٨	٤.٢٨	٤.٣٨

جدول رقم (٢٢): متوسط القيمة المقدرة لقطرة من البوريا فورمالدهيد 4/4 على التبلل (مم) على المقطع الشماشي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للأزكس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا) = ثنائية . n = ٦ قياسات

الفرق بين ٥٣.٠٠-٥٥	المقدرة على التبلل (مم) بعد						المقطع الشماشي
	٥٣.٠	٥٣.٤	٥٣.٨	٥٤.٢	٥٤.٦	٥٥.٠	
١.١٧	٤.٦٨	٤.٥٩	٤.٣	٤.١	٣.٨٩	٣.٦٦	المماسي للأزكس العصاري
١.٨٦	٤.٣١	٤.٢١	٤.١	٤	٣.٧٨	٣.٥٨	الشماشي للأزكس القلبي
١.٧	٤.٢٨	٤.١٨	٤	٣.٩٨	٣.٨٨	٣.٧١	المماسي للأزكس العصاري
١.٦٩	٤.١٥	٤.١٥	٣.٩٥	٣.٨٥	٣.٧	٣.٥٦	المماسي للأزكس القلبي
٢	٤	٥.٩	٥.٨	٥.٦	٥	٤.٨٨	العرضي للأزكس العصاري
١.٣	٤.٩	٤.٨	٤.٧	٤.٥٨	٤.٤٨	٤	العرضي للأزكس القلبي

جدول رقم (٢٣): متوسط القيمة المقدرة لقطرة من البوريا فورمالدهيد 4/4 على التبلل (مم) على المقطع الشماشي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للصنوبر وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا) = ثنائية . n = ٦ قياسات

الفرق بين ٥٣.٠٠-٥٥	المقدرة على التبلل (مم) بعد						المقطع الشماشي
	٥٣.٠	٥٣.٤	٥٣.٨	٥٤.٢	٥٤.٦	٥٥.٠	
١.٨٥	٤.٦	٤.٥	٤.٤	٤.٢	٤.١	٤	المماسي للأزكس العصاري
١.٨٣	٤.٤٨	٤.٣٨	٤.٢٨	٤.١٥	٤	٣.٩	الشماشي للأزكس القلبي
١.٨١	٤.٤٦	٤.٣٨	٤.٢٨	٤.١٨	٤	٣.٩	المماسي للأزكس العصاري
١.٨	٤.٣٦	٤.٣	٤.٢	٤.١	٣.٩٨	٣.٨٥	المماسي للأزكس القلبي
١.٩٥	٥.٣٥	٥.٢٥	٥.١٥	٥	٤.٨٨	٤.٦٦	العرضي للأزكس العصاري
١.٦	٤.٤٨	٤.٤	٤.٣	٤.٢	٤.١	٤	العرضي للأزكس القلبي

جدول رقم (٢٤): متوسط القيمة المقدرة لفترة من اليوريا فورمالدهيد UFA على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية ، ٦ قياسات)

المقطع التشريحي	المقدرة على التبلل (مم) بعد						الفرق بين ١٥-١٨٠ ثا
	٥٥	٥٣	٥٦	٥١	٥١٨	٥٢٤	٣٠
الشعاعي للخشب العصاري	٣.٨	٤.٠٦	٤.١٣	٤.٢٣	٤.٣٣	٤.٤٣	٠.٧٣
الشعاعي للخشب القلبي	٣.٩٣	٣.٨	٣.٩١	٤.٠١	٤.١٢	٤.٢١	٠.٦٨
المماسي للخشب العصاري	٣.٦١	٣.٨٥	٣.٩٥	٤.٠٥	٤.١٦	٤.٢٦	٠.٧٧
المماسي للخشب القلبي	٣.٥	٣.٧	٣.٨١	٣.٩١	٤.٠١	٤.١٣	٠.٧٣
العرضي للخشب العصاري	٤.١	٤.٤	٤.٥١	٤.٦١	٤.٧١	٤.٨١	٠.٨١
العرضي للخشب القلبي	٣.٧٣	٣.٨٨	٣.٩٨	٤.٠٨	٤.١٨	٤.٢٨	٠.٦٥

جدول رقم (٢٥): متوسط القيمة المقدرة لفترة من الفينول فورمالدهيد PF على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي للخشب العصاري و القلبي لكل من الاركنس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية ، ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٥-١٨٠ ثا
	٥٥	٥١	٥٣	٥٦	٥١٨	
خشب لاركس عصاري	٣.٤٥	٣.٦٥	٣.٨	٣.٩	٣.٩٨	٠.٥٣
خشب لاركس قلبي	٣.١٨	٣.٣	٣.٤	٣.٥	٣.٦	٠.٤٢
خشب صنوبر عصاري	٣.١٨	٣.٣٨	٣.٤٨	٣.٥٨	٣.٦٨	٠.٥
خشب صنوبر قلبي	٣.٠٦	٣.٢٣	٣.٣٣	٣.٤٣	٣.٥٣	٠.٤٧
خشب دوغلاس عصاري	٣.٣	٣.٤٥	٣.٥٥	٣.٦٥	٣.٧٥	٠.٤٥
خشب دوغلاس قلبي	٣.١٥	٣.٢٨	٣.٣٨	٣.٤٨	٣.٥٨	٠.٤٣

جدول رقم (٢٦) : متوسط القيمة لمقدرة فطرة من الفينول فورمالدهيد PF على التئبل (مم) على المقطع المماسي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التئبل بالثانية (نأ = ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين نأ-١٨٠	المقدرة على التئبل (مم) بعد					النوع الخشبي
	١٨٠	١٦٠	١٣٠	١١٠	٩٥	
٠.٤	٣.٦٦	٣.٥٦	٣.٤٦	٣.٣٦	٣.٢٦	خشب لاركس عصاري
٠.٣٨	٣.٤١	٣.٣٣	٣.٢٣	٣.١٣	٣.٠٣	خشب لاركس قلبي
٠.٤٩	٣.٧٥	٣.٦٥	٣.٥٥	٣.٤٥	٣.٣٥	خشب صنوبر عصاري
٠.٤٥	٣.٦٥	٣.٥٥	٣.٤٥	٣.٣٥	٣.٢٥	خشب صنوبر قلبي
٠.٤٦	٣.٨١	٣.٧١	٣.٦١	٣.٥١	٣.٤١	خشب دوغلاس عصاري
٠.٤٣	٣.٦٣	٣.٥٣	٣.٤٣	٣.٣٣	٣.٢٣	خشب دوغلاس قلبي

جدول رقم (٢٧) : متوسط القيمة لمقدرة فطرة من الفينول فورمالدهيد PF على التئبل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التئبل بالثانية (نأ = ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين نأ-١٨٠	المقدرة على التئبل (مم) بعد					النوع الخشبي
	١٨٠	١٦٠	١٣٠	١١٠	٩٥	
٠.٧٦	٤.٢١	٤.١١	٤.٠١	٣.٨٨	٣.٤٥	خشب لاركس عصاري
٠.٥٥	٣.٩١	٣.٥١	٣.٤١	٣.٣	٣.٠٦	خشب لاركس قلبي
٠.٤٩	٣.٨	٣.٧	٣.٦	٣.٥	٣.٣١	خشب صنوبر عصاري
٠.٤٦	٣.٦٦	٣.٥٦	٣.٤٦	٣.٣٦	٣.٢	خشب صنوبر قلبي
٠.٤٨	٣.٨١	٣.٧١	٣.٦١	٣.٥١	٣.٣٣	خشب دوغلاس عصاري
٠.٤١	٣.٦٦	٣.٥٦	٣.٤٦	٣.٣٦	٣.٢٥	خشب دوغلاس قلبي

جدول رقم (٢٨) : متوسط للقيمة المقدرة قطر من الفينول فورمالدهيد PF على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للاركس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثالفة $n = 6$ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٨٠-١٥٠ ثا
	٥٥	٥٦	٥٣	٥٦	٥٦٨٠	
الشعاعي للخشب العصاري	٣.٤٥	٣.٦٥	٣.٨	٣.٩	٣.٩٨	٠.٥٣
الشعاعي للخشب القلبي	٣.١٨	٣.٣	٣.٤	٣.٥	٣.٦	٠.٤٧
المماسي للخشب العصاري	٣.٧٦	٣.٣٦	٣.٤٦	٣.٥٦	٣.٦٦	٠.٤
المماسي للخشب القلبي	٣.١٣	٣.١٣	٣.٢٣	٣.٢٣	٣.٤١	٠.٢٨
العرضي للخشب العصاري	٣.٤٥	٣.٨٨	٤.٠٦	٤.١١	٤.٢٦	٠.٧٦
العرضي للخشب القلبي	٣.٠٦	٣.٣	٣.٤١	٣.٥١	٣.٦١	٠.٥٥

جدول رقم (٢٩) : متوسط للقيمة المقدرة قطر من الفينول فورمالدهيد PF على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للصنوبر وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثالفة $n = 6$ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٨٠-١٥٠ ثا
	٥٥	٥٦	٥٣	٥٦	٥٦٨٠	
الشعاعي للخشب العصاري	٣.١٨	٣.٣٨	٣.٤٨	٣.٥٨	٣.٦٨	٠.٥
الشعاعي للخشب القلبي	٣.٠٦	٣.٢٢	٣.٣٢	٣.٤٣	٣.٥٣	٠.٤٧
المماسي للخشب العصاري	٣.٧٦	٣.٤٥	٣.٥٥	٣.٦٥	٣.٧٥	٠.٤٦
المماسي للخشب القلبي	٣.٢	٣.٣٥	٣.٤٥	٣.٥٥	٣.٦٥	٠.٤٥
العرضي للخشب العصاري	٣.٣١	٣.٥	٣.٦	٣.٧	٣.٨	٠.٤٩
العرضي للخشب القلبي	٣.٢	٣.٣٦	٣.٤٦	٣.٥٦	٣.٦٦	٠.٤٦

جدول رقم (٣٠) : متوسط القيمة لمقدرة فطرة من القبول فورمالدهيد PF على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا) - ثلثية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ٥١٨٠-٥١٨٠	المقدرة على التبلل (مم) بعد					النوع الخشبي
	٥١٨٠	٥١٦٠	٥١٤٠	٥١٢٠	٥١٠٠	
٠.٤٥	٣.٧٥	٣.٦٥	٣.٥٥	٣.٤٥	٣.٣	الشعاعي للخشب العصاري
٠.٤٣	٣.٥٨	٣.٤٨	٣.٣٨	٣.٢٨	٣.١٥	الشعاعي للخشب القلبي
٠.٤٦	٣.٨١	٣.٧١	٣.٦١	٣.٥١	٣.٣٥	المماسي للخشب العصاري
٠.٤٣	٣.٦٣	٣.٥٣	٣.٤٣	٣.٣٣	٣.٢	المماسي للخشب القلبي
٠.٤٨	٣.٨١	٣.٧١	٣.٦١	٣.٥١	٣.٣٣	العرضي للخشب العصاري
٠.٤١	٣.٦٦	٣.٥٦	٣.٤٦	٣.٣٦	٣.٢٥	العرضي للخشب القلبي

جدول رقم (٣١) : متوسط القيمة لمقدرة فطرة من الميلاين بوريا قينول فورمالدهيد MUPF على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي للخشب العصاري و القلبي لكل من الاركنس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا) = ثلثية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ٥١٨٠-٥١٨٠	المقدرة على التبلل (مم) بعد						النوع الخشبي
	٣٠٠	٥٢٤٠	٥١٨٠	٥١٢٠	٥١٠٠	٥٠٨٠	
٠.٧٥	٤.٥١	٤.٤١	٤.٣١	٤.٢١	٤.١١	٤.٠١	خشب لاركس عصاري
٠.٧٣	٤.٣١	٤.٢١	٤.١١	٤.٠١	٣.٩١	٣.٨١	خشب لاركس قلبي
٠.٦٣	٤.١٣	٤.٠٣	٣.٩٣	٣.٨٣	٣.٧٣	٣.٦٣	خشب صنوبر عصاري
٠.٦٣	٤.٥٨	٤.٤٨	٤.٣٨	٤.٢٨	٤.١٨	٤.٠٨	خشب صنوبر قلبي
٠.٣٢	٤.١٨	٤.٠٨	٣.٩٨	٣.٨٨	٣.٧٨	٣.٦٨	خشب دوغلاس عصاري
٠.٣٣	٤.٥٨	٤.٤٨	٤.٣٨	٤.٢٨	٤.١٨	٤.٠٨	خشب دوغلاس قلبي

جدول رقم (٢٢) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPF على التبلل (مم) على المقطع المعاملي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . ٦٠ = قياسات)

الفرق بين ٥٠-٣٠٠	المقدرة على التبلل (مم) بعد						النوع الخشبي
	٣٠٠	٥٢٤٠	٥١٨٠	٥١٢٠	٥٦٠	٥٣٠	
٠.٧٣	٤.٥١	٤.٤١	٤.٣١	٤.٢١	٤.١١	٤.٠٦	خشب لاركس عصاري
٠.٧	٤.٧٥	٤.٦٥	٤.٥٥	٤.٤٥	٤.٣٥	٤.٢٥	خشب لاركس قلبي
٠.٢	٤.٠٨	٤.٩٨	٤.٨٨	٤.٧٨	٤.٦٨	٤.٣٥	خشب صنوبر عصاري
٠.١٧	٤.٧٠	٤.٦٠	٤.٥٠	٤.٤٠	٤.٣٨	٤.٠٦	خشب صنوبر قلبي
٠.٩٧	٤.٧٠	٤.٦٠	٤.٥٠	٤.٤٠	٤.٣٠	٤.١٠	خشب دوغلاس عصاري
٠.٩٣	٤.٤٣	٤.٣٣	٤.٢٣	٤.١٣	٤.٠٣	٣.٩١	خشب دوغلاس قلبي

جدول رقم (٣٣) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPF على التبلل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من اللاركس و الصنوبر و الدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . ٦٠ = قياسات)

الفرق بين ٥٠-٣٠٠	المقدرة على التبلل (مم) بعد						النوع الخشبي
	٣٠٠	٥٢٤٠	٥١٨٠	٥١٢٠	٥٦٠	٥٣٠	
٠.٩	٥.١٦	٥.٠٦	٤.٩٦	٤.٨٦	٤.٧٥	٤.٥٦	خشب لاركس عصاري
٠.٨٧	٤.٩٥	٤.٨٥	٤.٧٥	٤.٦٥	٤.٥١	٤.٣٣	خشب لاركس قلبي
٠.٨٩	٥.١٥	٥.٠٥	٤.٩٥	٤.٨٥	٤.٧٥	٤.٦٠	خشب صنوبر عصاري
٠.٨٨	٤.٩٥	٤.٨٦	٤.٧٦	٤.٦٦	٤.٥٦	٤.٣٠	خشب صنوبر قلبي
٠.٦٠	٥.٧١	٥.٦١	٥.٥١	٥.٤١	٥.٣١	٥.١٥	خشب دوغلاس عصاري
٠.٣٦	٥.٦٦	٥.١٦	٥.٠٦	٤.٩٦	٤.٨٦	٤.٦٣	خشب دوغلاس قلبي

جدول رقم (٣٤) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من المولامين يوريا فيتول فورمالدهيد MUPE على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصارى و القلبي للاركنس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ٥٥-٣٠ ثا	لمقدرة على التبلل (مم) بعد						المقطع التشريحي
	٥٥	٥٣	٥١	٤٩	٤٧	٤٥	
٠.٧٥	٢.٧٦	٤.٠١	٤.١٦	٤.٢١	٤.٢٦	٤.٣١	المماسي للخشب العصارى
٠.٧٣	٣.٥٨	٣.٧٦	٣.٩١	٤.٠١	٤.١٦	٤.٣١	الشعاعي للخشب القلبي
٠.٧٣	٣.٧٨	٤.٠١	٤.١٦	٤.٢١	٤.٢٦	٤.٣١	المماسي للخشب العصارى
٠.٧	٢.٥٥	٢.٧٥	٣.٨٥	٣.٩٥	٤.٠٥	٤.١٥	المماسي للخشب القلبي
٠.٩	٤.٢٦	٤.٥٩	٤.٧٥	٤.٨٦	٤.٩٦	٥.١٦	العرضي للخشب العصارى
٠.٨٧	٤.٠٨	٤.٢٣	٤.٥١	٤.٦٥	٤.٧٥	٤.٩٥	العرضي للخشب القلبي

جدول رقم (٣٥) : متوسط القيمة لمقدرة قطرة من المولامين يوريا فيتول فورمالدهيد MUPE على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصارى و القلبي للصنوبر وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا = ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ٥٥-٣٠ ثا	لمقدرة على التبلل (مم) بعد						المقطع التشريحي
	٥٥	٥٣	٥١	٤٩	٤٧	٤٥	
١.١٣	٣.٨	٤.١٣	٤.٤٣	٤.٦٣	٤.٧٣	٤.٨٣	المماسي للخشب العصارى
١.٠٣	٣.٥٥	٣.٩٥	٤.١٨	٤.٢٨	٤.٣٨	٤.٥٨	الشعاعي للخشب القلبي
١.٢	٣.٨٨	٤.٣٥	٤.٥٨	٤.٧٨	٤.٨٨	٤.٩٨	المماسي للخشب العصارى
١.١٧	٣.٥٣	٤.٠٦	٤.٢٨	٤.٤٠	٤.٥٠	٤.٦٠	المماسي للخشب القلبي
٠.٨٩	٤.٢٦	٤.٦٠	٤.٧٥	٤.٨٥	٤.٩٥	٥.١٥	العرضي للخشب العصارى
٠.٨٨	٤.٠٨	٤.٣٠	٤.٥٦	٤.٦٦	٤.٧٦	٤.٩٦	العرضي للخشب القلبي

جدول رقم (٣٦): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUF على التئمل (مم) على المقطع الشعاعي و المعاسي و العرضي للخشب العصاري و القلي للدوخلاس وعلاقتها مع زمن التئمل بالثانية (ثا - ثانية . $n = 6$ قياسات)

الفرق بين ثا - ثا	المقدرة على التئمل (مم) بعد						المقطع التئملي
	٥٣٠٠	٥٤٠٠	٥١٨٠	٥١٢٠	٥٦٠	٥٣٠	
١.٢٢	٤.٩٨	٤.٨٨	٤.٧٨	٤.٦٨	٤.٥٨	٤.٢٨	الشعاعي للخشب العصاري
١.٠٣	٤.٥٨	٤.٤٨	٤.٣٨	٤.٢٨	٤.١٨	٣.٩٠	الشعاعي للخشب القلي
٠.٩٧	٤.٧٠	٤.٦٠	٤.٥٠	٤.٤٠	٤.٣٠	٤.١٠	المعاسي للخشب العصاري
٠.٩٢	٤.٤٣	٤.٣٣	٤.٢٣	٤.١٣	٤.٠٣	٣.٩١	المعاسي للخشب القلي
١.٦٠	٥.٧١	٥.٦١	٥.٥١	٥.٤١	٥.٣١	٥.١٥	العرضي للخشب العصاري
١.٣٦	٥.٢٦	٥.١٦	٥.٠٦	٤.٩٦	٤.٨٦	٤.٦٣	العرضي للخشب القلي

جدول رقم (٣٧): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من البولييميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI على التئمل (مم) على المقطع الشعاعي للخشب العصاري و القلي لكل من الأركمن و الصنوبر و الدوخلاس وعلاقتها مع زمن التئمل بالثانية (ثا - ثانية . $n = 6$ قياسات)

الفرق بين ثا - ثا	المقدرة على التئمل (مم) بعد					النوع الخشبي
	٥١٨٠	٥٦٠	٥٣٠	٥١٠	٥٥	
١.٩٥	٥.٩٣	٥.٧٣	٥.٤٥	٤.٩٥	٤.٢٨	خشب لاركس عصاري
١.١٤	٥.١٥	٥.١٥	٤.٧١	٤.٤٣	٤.٠١	خشب لاركس قلي
٢.٧	٦.٦٦	٦.٤٣	٦.١٨	٥.٠٥	٣.٩٦	خشب صنوبر عصاري
١.٢٤	٥.٠٥	٤.٩٠	٤.٧٥	٤.٤٦	٣.٨١	خشب صنوبر قلي
١.٠٢	٥.٢٣	٥.١	٤.٩٠	٤.٥٨	٤.٢١	خشب دوخلاس عصاري
٠.٩٣	٤.٨٣	٤.٧٣	٤.٦٠	٤.٢٣	٣.٩٠	خشب دوخلاس قلي

جدول رقم (٣٨): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من البوليميرات دي فينيل ميثلان دي إيزوسيانات PMDI على التبلل (مم) على المقطع المماسي للخشب العصاري و القلبي لكل من ألاكركس و الصنوبر و الدوغلان وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (نا - ثانية . n = ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٨٠-١٥
	٥٥	١٠	٣٠	٦٠	١٨٠	
خشب لاركس عصاري	٤.١٨	٤.٥٦	٤.٧٥	٤.٩٥	٥.١٥	١.٩٧
خشب لاركس قلبي	٣.٩٦	٤.٢٥	٤.٥١	٤.٧٣	٤.٩٠	١.٩٤
خشب صنوبر عصاري	٤.٤٠	٥.٣٥	٥.٨٣	٦.٥١	٦.٨٣	٢.٤
خشب صنوبر قلبي	٤	٤.٣٦	٤.٨٨	٥.١٦	٥.٢٥	١.٢٥
خشب دوغلان عصاري	٤.١٣	٤.٥٥	٤.٩٥	٥.١٦	٥.٣٣	١.٢٠
خشب دوغلان قلبي	٣.٨١	٤.٣٠	٤.٧٠	٤.٩١	٥	١.١٩

جدول رقم (٣٩): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من البوليميرات دي فينيل ميثلان دي إيزوسيانات PMDI على التبلل (مم) على المقطع العرضي للخشب العصاري و القلبي لكل من ألاكركس و الصنوبر و الدوغلان وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (نا - ثانية . n = ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٨٠-١٥
	٥٥	١٠	٣٠	٦٠	١٨٠	
خشب لاركس عصاري	٤.١١	٦.٢١	٦.٦٣	٦.٩٥	٧.١٥	٢.٠٤
خشب لاركس قلبي	٤.٩	٦	٦.٣٠	٦.٤٨	٦.٦٦	١.٧١
خشب صنوبر عصاري	٤.٣٥	٥.٢٦	٥.٦٨	٥.٨٦	٥.٩٦	١.٦١
خشب صنوبر قلبي	٤	٤.٢٦	٤.٤١	٤.٥٣	٤.٦٣	٠.٦٣
خشب دوغلان عصاري	٥.١١	٦.٤٥	٧.٢١	٧.٣٦	٧.٤٦	٢.٣٥
خشب دوغلان قلبي	٤.٦٠	٥.٠١	٥.٤٣	٦.٠٥	٦.٣٣	١.٧٣

جدول رقم (٤٠): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من البوليميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للأركس وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا - ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ١٣٥-١٣٨	المقدرة على التبلل (مم) بعد					النوع الخشبي
	١٣٨٠	١٣٦٠	١٣٣٠	١٣١٠	١٢٥	
١.٦٥	٥.٩٣	٥.٧٣	٥.٤٥	٤.٩٥	٤.٢٨	الشعاعي للخشب العصاري
١.١٤	٥.١٥	٥.٠٥	٤.٧١	٤.٤٣	٤.٠١	الشعاعي للخشب القلبي
٠.٩٧	٥.١٥	٤.٩٥	٤.٧٥	٤.٥٦	٤.١٨	المماسي للخشب العصاري
٠.٩٤	٤.٩٠	٤.٧٣	٤.٥١	٤.٢٥	٣.٩٦	المماسي للخشب القلبي
٢.٥٤	٧.٠٥	٦.٩٥	٦.٦٣	٦.٢١	٥.٠١	العرضي للخشب العصاري
١.٧١	٦.٦١	٦.٤٨	٦.٣٠	٦	٤.٩	العرضي للخشب القلبي

جدول رقم (٤١): متوسط القيمة لمقدرة قطرة من البوليميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للصلوبر وعلاقتها مع زمن التبلل بالثانية (ثا - ثانية . n = ٦ قياسات)

الفرق بين ١٣٥-١٣٨	المقدرة على التبلل (مم) بعد					النوع الخشبي
	١٣٨٠	١٣٦٠	١٣٣٠	١٣١٠	١٢٥	
٢.٧	٦.٦١	٦.٤٣	٦.١٨	٥.٠٥	٣.٩٦	الشعاعي للخشب العصاري
١.٢٤	٥.١٥	٤.٩٠	٥.٧٥	٤.٤٦	٣.٨١	الشعاعي للخشب القلبي
٢.٤	٦.٨٣	٦.٥١	٥.٨٣	٥.٣٥	٤.٤٠	المماسي للخشب العصاري
١.٢٥	٥.٢٥	٥.١٦	٤.٨٨	٤.٣٦	٤	المماسي للخشب القلبي
١.٦١	٥.٩٦	٥.٨٦	٥.٦٨	٥.٢٦	٤.٣٥	العرضي للخشب العصاري
١.٦٣	٤.٦٣	٤.٥٣	٤.٤١	٤.٢٦	٤	العرضي للخشب القلبي

جدول رقم (٤٢) : متوسط القيمة المقدرة قطرًا من اللبوميترات دي فيليل ميثان دي إيزوسيانات PMDI على التبلل (مم) على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للخشب العصاري و القلبي للدوغلاس وعلاقتها مع زمن التبلل بأقلية (ثا - ثانية . ١١ - ٦ قياسات)

النوع الخشبي	المقدرة على التبلل (مم) بعد					الفرق بين ١٩٨٠-١٩٨١
	٥٥	٥١٠	٥٣٠	٥٦٠	٥١٨٠	
الشعاعي للخشب العصاري	٤.٧١	٤.٥٨	٤.٩٠	٥.١	٥.٢٣	١.٠٢
المماسي للخشب القلبي	٣.٩٠	٤.٢٣	٤.٦٠	٤.٧٣	٤.٨٣	١.٩٣
المماسي للخشب العصاري	٤.١٣	٤.٥٥	٤.٩٥	٥.١٦	٥.٣٣	١.٢٠
المماسي للخشب القلبي	٣.٨١	٤.٣٠	٤.٧٠	٤.٩١	٥	١.١٩
العرضي للخشب العصاري	٥.١١	٦.٤٥	٧.٢٦	٧.٣٦	٧.٤٦	٢.٣٥
العرضي للخشب القلبي	٤.٦٠	٥.٠١	٥.٤٣	٦.٠٥	٦.٣٣	١.٧٣

٢- تأثير التجفيف على مقدرة كل من الخشب العصاري و الخشب القلبي لأنواع خشبية مختلفة على التبلل بمواد لاصقة مختلفة

لإنتاج الخشب المضغوط تجفف النشارة الخشبية للمستخدمة حتى محتوى رطوبي ٥% . و خلال عمارة التجفيف تحصل تغيرات في النشارة الخشبية تؤثر على خواصها الفيزيائية كالمقدرة على التبلل و المقدرة على حفظ الماء حيث تؤدي عملية معالجة الخشب و معاملته إلى تغير مقدرة على التبلل فعلى سبيل المثال تؤدي المعالجة الحرارية أثناء عملية تجفيف النشارة الخشبية لتصنيع الخشب المضغوط إلى الإقلال من فعاليتها (Pecina, ١٩٨١; Pecina and Paprzycki, ١٩٨٨). تعتبر المقدرة على التبلل جزءاً هاماً من عملية التخرية كما أن هذه المقدرة تتغير بنتيجة المعاملة الحرارية . لا تؤثر عملية التجفيف على مقدرة النشارة الخشبية على التبلل فقط و إنما تؤثر على حموضتها وعلى كفاءة تعديلها و كذلك على إصدارها للحموض (Roffael, ١٩٨٧). هذا ولقد أثبت Hemingway, ١٩٦٩ ضعف مقدرة خشب البتولا

على التبلل نتيجة تخزينه في الهواء . هذا ولقد خسر ذلك بتأكسد الحموض الدهنية غير المشبعة وإستمرارها مما يجعل السطح الخشبي كارهاً للتبلل . هذا وبنتيجة عملية التجفيف للخشب تصل المستخلصات الخشبية القابلة للانحلال بالماء و الطيارة منها إلى السطح الخشبي الأمر الذي يؤدي إلى تغير مواصفاته و بالتالي تؤثر على عملية التجفيف بشكل رئيسي . هذا ولقد أدت كل من عملية المعاملة الحرارية و التخزين للنشارة الخشبية إلى اضعاف قدرتها على التبلل بالمواد اللاصقة (Poblere, ١٩٨٣) . حيث أثبت هذا الأخير ضعف مقدرة النشارة الخشبية على التجفيف . بالفينول فور مالدheid القلوي كما أظهر تناقصاً في المقاومة للانحناء و متانة الشد العرضي للألواح الخشبية المضغوطة المصنعة منها . هذا ولم يستطع تحديد فيما إذا كان هذا التناقص يعود إلى ضعف مقدرة النشارة الخشبية على التبلل بالفينول فور مالدheid .

فضلاً عن ذلك تعتبر المعطيات في المراجع حول العلاقة ما بين مقدرة الخشب العصاري و القلبي على التبلل و بين عملية التجفيف شبه معدومة لذلك بحث (Hameed ٢٠٠٠) هذه العلاقة وتوصل إلى النتيجة التالية :

١- قلت المقدرة على التبلل بالمواد اللاصقة للخشب العصاري و القلبي للصنوبر والدوغلاس و اللاركس بعد تجفيف النشارة الخشبية على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة وهذا يعزى إلى زيادة هجرة الصمغ إلى سطح الخشب تحت تأثير الحرارة حيث يؤثر الصمغ تأثيراً كارهاً للماء (Koljo, ١٩٥٦) إضافة إلى تأكسد الحموض الدهنية غير المشبعة و الإسترات تحت تأثير الحرارة الذي يؤثر بدوره تأثيراً كارهاً للماء (Hemingwaz, ١٩٦٩) .

و تبين الجداول من رقم (٤٣) و حتى الرقم (٥٤) متوسط قيم مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي لللاركس و الصنوبر و الدوغلاس على التبلل بالمواد اللاصقة : اليوريا فور مالدheid . الفينول فور مالدheid . الميلامين يوريا فينول فور مالدheid . البوليميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات قبل و بعد التجفيف على درجة حرارة 103 درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة خلال أزمنة القياس (٥ ثا . ٣٠ ثا . ٦٠ ثا . ١٢٠ ثا . ١٨٠ ثا)

(Hameed, ٢٠٠٠) . وتتفق هذه النتيجة مع النتائج المستحصل عليها من قبل الباحثين :

(١٩٨١) Pecina , (١٩٦٩) Hemingway , (١٩٨٧) Roffael , (١٩٨٣) Poblere (١٩٩٠-١٩٩١)

Christiansen (١٩٧٨) Marutzky .

جدول رقم (٤٣): تغير مقدرة كل من الخشب العصري و الكلي على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للاركنس على التكل بالعادة اللاصقة اليوريا فور مالدريد Ulf قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٦ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقطع التشخيصي	المقدرة على التكل (مم) بعد									
	L1A		L1B		L1C		L2		L3	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي ، عصاري قبل التجفيف	٤.٣٠	٢.١٨	٤.١	١.٩٧	٣.٨١	١.٤١	٣.٦٦	٢.١٤	٣.٥١	١.٦٦
شعاعي ، عصاري بعد التجفيف	٣.٥٠	١.٨٦	٣.٤٠	١.٩٧	٣.٣٠	١.٩٨	٣.٢٠	٢.٩٠	٣.٠١	٢.٨٠
شعاعي ، كلي ، قبل التجفيف	٤.١١	١.٨٧	٤	١.٩٤	٣.٧٨	٢.١٠	٣.٥٨	١.٥٩	٣.٤٥	٢.٠٨
شعاعي ، كلي ، بعد التجفيف	٣.٣٠	١.٩٨	٣.٢٠	٢.٠٤	٣.١٠	٢.١١	٣	٢.٨٥	٢.٨١	١.٨١
مماسي ، عصاري قبل التجفيف	٤.٠٨	٢.٨٦	٣.٩٨	٢.٩٣	٣.٨٨	٣.٠١	٣.٧١	٢.٦٥	٣.٥٨	٢.٦٠
مماسي ، عصاري بعد التجفيف	٣.٨٥	١.٤٧	٣.٧٣	٢.١٩	٣.٦٣	٢.٢٥	٣.٥٣	٢.٣١	٣.٤٣	٢.٣٨
مماسي ، كلي ، قبل التجفيف	٣.٩٥	١.٣٩	٣.٨٥	١.٤٧	٣.٧٠	١.٧١	٣.٥٩	١.٤٥	٣.٤٦	١.٤٩
مماسي ، كلي ، بعد التجفيف	٣.٧١	٢.٧٧	٣.٦١	٢.٧٤	٣.٥١	٢.٤٦	٣.٤١	١.٥٠	٣.٣١	٢.٥٨
عرضي ، عصاري قبل التجفيف	٥.٨	١.٥٤	٥.٦٠	٢.٠٦	٥	٢.٠٨	٤.٨٨	١.٣٩	٤.٠٦	٢.٠١
عرضي ، عصاري بعد التجفيف	٣.٦١	٢.٠٨	٣.٥١	٢.٥٦	٣.٤٠	٢.٦٣	٣.٣٠	٢.٧١	٣.٢٠	٢.٨٠
عرضي ، كلي ، قبل التجفيف	٤.٧٠	١.٣٥	٤.٥٨	١.٦٤	٤.٤٨	١.٦٨	٤	٢.٩٨	٣.٦١	٣.٢٣
عرضي ، كلي ، بعد التجفيف	٣.٤٣	١.٥٠	٣.٣٣	١.٥٥	٣.٢٣	١.٦٠	٣.١٣	١.٦٥	٣.٠٣	١.٧٠

٣ = ثنائية ، n = ٦ قياسات ، VK% = معامل التباين ، $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٤) : تغير مقدرة كل من الخشب العصري و القليل على المقطع الشعاعي و المعاملي و العرضي للصنوبر على التئيل بالمادة اللاصقة الليوريا فور ملاندي UF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٦ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقطع التأثير على	المقدرة على التئيل (مم) بعد									
	U1A		U1Y		U2		U3		U4	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي . عصاري قبل التجفيف	٤.٤١	١.٧٩	٤.٢٠	١.٨٣	٤.١١	١.٨٧	٤	٢.٨٠	٣.٧٥	٢.٠٤
شعاعي . عصاري بعد التجفيف	٣.٧٥	١.٤٢	٣.٦٣	١.٤٦	٣.٥٣	١.٥٠	٣.٤٣	١.٥٥	٣.٣٣	١.٨٣
شعاعي . قلبي . قبل التجفيف	٤.٢٨	٢.٥٣	٤.١٥	١.٨٧	٤	١.٩٢	٣.٩٠	٢.٧٩	٣.٦٥	٢.١١
شعاعي . قلبي . بعد التجفيف	٣.٥٠	٢.٦٢	٣.٤٠	٢.٧١	٣.٣٠	٢.٨٠	٣.٢٠	٢.٨٩	٣.١٠	١.٤٦
معاملي . عصاري قبل التجفيف	٤.٢٨	١.٧٩	٤.١٥	١.٨٠	٤	٢.٠١	٣.٩١	١.٩٢	٣.٦٥	٢.٨٧
معاملي . عصاري بعد التجفيف	٣.٦٣	١.٣١	٣.٥١	١.٩٧	٣.٤٠	١.٨١	٣.٤٠	١.٨٦	٣.٢٦	٢.٥٠
معاملي . قلبي . قبل التجفيف	٤.٢٠	١.٥١	٤.١٠	١.٥٤	٣.٩٨	١.٨٩	٣.٨٥	١.٤٢	٣.٥٦	٢.٦٩
معاملي . قلبي . بعد التجفيف	٣.٥٣	٢.٣١	٣.٤٣	٢.٣٨	٣.٣٠	٢.٧١	٣.٢٠	٢.٨٠	٣.١٠	٢.٨٩
عرضي . عصاري قبل التجفيف	٥.١٥	١.٠٥	٥	١.٠٨	٤.٨٨	١.٥٤	٤.٦٦	٢.٥٠	٤.٤٠	٢.٨٧
عرضي . عصاري بعد التجفيف	٣.٨٦	١.٣٤	٣.٧٣	٢.١٩	٣.٦٣	٢.٢٥	٣.٥٣	٢.٣١	٣.٤٣	٢.٣٨
عرضي . قلبي . قبل التجفيف	٤.٣٠	١.٤٧	٤.٢٠	١.٥١	٤.١٠	١.٥٤	٤	١.٥٨	٣.٨٨	١.٩٤
عرضي . قلبي . بعد التجفيف	٣.٦١	٢.٠٨	٣.٥١	٢.١٥	٣.٤١	٢.٢٠	٣.٣١	٢.٢٧	٣.٢١	٢.٣٤

١ - ثنائية . ٢ - قياسات . VK% = معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٥): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القطني على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للوعلاسل على التبلل بالمادة اللاصقة اليوربا فور مالدريد UFF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٢ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

التجفيف	المقدرة على التبلل (بم) بعد									
	U1A		U1Y		U2		U3		U4	
النسبة المئوية	X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%
شعاعي . عصاري قبل التجفيف	٤.٢٣	٤.٤٠	٤.٢٣	٤.٥٠	٤.١٣	٣.٩٩	٤.٠١	٤.٣٥	٣.٨٠	٤.١٠
شعاعي . عصاري بعد التجفيف	٢.٦٦	٢.٩٥	٢.٥٥	٣.٠٤	٣.٤٥	٣.١٣	٣.٣٥	٤.٤٢	٣.٦٠	١.١٨
شعاعي . قطني . قبل التجفيف	٤.١٣	١.٨٧	٤.٠١	١.٩٢	٣.٩١	١.٦٦	٣.٨٠	١.٤٢	٣.٦٣	٤.٣٠
شعاعي . قطني . بعد التجفيف	٢.٥١	٢.٨٨	٢.٤١	٢.٦٦	٢.٣١	٢.٠٦	٢.٢١	٢.٨٩	٢.٦٠	٢.٢٣
مماسي . عصاري قبل التجفيف	٤.١٦	١.٢٤	٤.٠٥	١.٣٥	٣.٩٥	١.٣٩	٣.٨٥	١.٤٢	٣.٦٦	٣.٢٣
مماسي . عصاري بعد التجفيف	٢.٦٠	٢.٤٨	٢.٥٠	٢.٥٦	٣.٤٠	٢.٦٣	٣.٣٠	٤.٧١	٢.١٨	٢.٠٩
مماسي . قطني . قبل التجفيف	٤.٠١	١.٨٧	٣.٩١	١.٩٢	٣.٨١	١.٩٧	٣.٧٠	١.٧١	٣.٥٠	١.٨١
مماسي . قطني . بعد التجفيف	٢.٤١	٢.٤٢	٢.٣١	٢.٥٢	٢.٢١	٢.٦٣	٢.١٦	٢.٧٥	٢.٠١	٢.٨٨
عرضي . عصاري قبل التجفيف	٤.٧١	١.٦٠	٤.٦١	١.٦٣	٤.٥١	١.٦٧	٤.٤٠	١.٤٤	٤.١٠	٢.١٨
عرضي . عصاري بعد التجفيف	٢.٧٥	٢.٨٠	٢.٦٥	٢.٨٧	٢.٥٥	٢.٩٥	٢.٤٥	٢.٠٤	٢.٣٢	٢.١٠
عرضي . قطني . قبل التجفيف	٤.١٨	٢.٣٥	٤.٠٨	٢.٤١	٣.٩٨	٢.٤٧	٣.٨٨	٢.٥٣	٣.٧٢	٤.٣٧
عرضي . قطني . بعد التجفيف	٢.٥٠	٢.٥٦	٢.٤٠	٢.٦٣	٢.٣٠	٢.٧١	٢.٢٠	٢.٨٠	٢.١٠	٢.٨٩

ثا - ثانية . n = ٦ قياسات . VK% - معامل التباين $\bar{X}$ - المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٦): تغير مقدرة كل من الخشب العساري و القطني على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للتركس على القليل بالمادة اللاصقة فيلنول فور مالدريد PF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٦ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقطع الشعاعي	المقدرة على القليل (م) بعد				
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل
	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%
شعاعي . عساري قبل للتجفيف	٣.٩٨ ١.٦٦	٣.٩٠ ١.٦٦	٣.٨٠ ١.٥٠	٣.٦٥ ١.٥٩	٣.٤٥ ١.٨٣
شعاعي . عساري بعد التجفيف	٣.٤٦ ٣.٦٠	٣.٣٦ ٣.٧١	٣.٢٦ ٣.٣٣	٣.١٥ ٣.١٨	٣ ١.٩٧
شعاعي . قطني . قبل للتجفيف	٣.٦١ ٣.١٣	٣.٥٠ ٣.٢٢	٣.٤٠ ٣.٣٢	٣.٣٠ ٣.٦٧	٣.١٨ ١.٨٩
شعاعي . قطني . بعد التجفيف	٣.٣٠ ٤.١٢	٣.٢٠ ٤.٥٦	٣.١٠ ٦.٢٨	٣.٩٦ ٦.٤٩	٣.٨٦ ٣.٤٩
مماسي . عساري قبل التجفيف	٣.٦٦ ٣.٣٠	٣.٥٦ ٣.٤١	٣.٤٦ ٣.٤٩	٣.٣٦ ٣.٦٠	٣.٢٦ ٣.٧١
مماسي . عساري بعد التجفيف	٣.٣٨ ٣.٤٦	٣.٢٨ ٣.٥٦	٣.١٨ ٣.٦٧	٣.٠٨ ٣.٧٩	٣.٩٥ ٣.٥٦
مماسي . قطني . قبل للتجفيف	٣.٤١ ٣.٨٨	٣.٣٣ ٣.٤٥	٣.٢٣ ٣.٥٢	٣.١٣ ٣.٦١	٣.٠٣ ٣.٦٩
مماسي . قطني . بعد للتجفيف	٣.٢٤ ٤.٦٨	٣.١١ ٤.٧٢	٣.٠١ ٤.٨٨	٣.٩١ ٥.٠٥	٣.٨١ ٥.٢٣
عرضي . عساري قبل للتجفيف	٤.٧١ ٣.٣٣	٤.٦٦ ٣.٣٩	٤.٠١ ٣.٤٥	٣.٨٨ ٣.٩٤	٣.٤٥ ١.٥٩
عرضي . عساري بعد التجفيف	٣.٥٨ ٤.٦١	٣.٤٨ ٤.٢٣	٣.٢٨ ٤.٣٥	٣.٢٦ ٤.٦١	٣.١١ ٣.٧٥
عرضي . قطني . قبل للتجفيف	٣.٦١ ٣.٠٨	٣.٥١ ٣.١٤	٣.٤١ ٣.٢٠	٣.٣٠ ٣.٧١	٣.٠٦ ٣.٦٦
عرضي . قطني . بعد للتجفيف	٣.٣١ ٦.٧١	٣.٢١ ٦.٩٣	٣.١١ ٧.١٥	٣ ٦.٩٩	٣.٨٥ ٦.٥٦

ثا - ثانية . n = ٦ قياسات ، VK% = معامل التباين $\bar{X}$ - المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٧): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للصنوبر على التآكل بالمادة اللاصقة فينول فور مالدهيد 'PF' قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

تغير مقدرة على التآكل (مم) بعد :						المقطع التشريحي
U1A	U1B	U1C	U2A	U2B	U2C	
X VK%	X VK%	X VK%	X VK%	X VK%	X VK%	
٢.١٨ ٢.١٠	٢.٥٨ ٢.١٦	٢.٤٨ ٢.٢٢	٢.٣٨ ٢.٣٦	٢.١٨ ١.٧٦		شعاعي - عصاري قبل التجفيف
٢.٤١ ٢.٥٢	٢.٣٦ ٢.٣٢	٢.٢١ ٢.٧٥	٢.١١ ٤.٧١	٢.٥٦		شعاعي - عصاري بعد التجفيف
٢.٥٣ ١.٥٠	٢.٤٢ ١.٥٥	٢.٣٣ ١.٦٠	٢.٢٣ ١.٦٨	٢.٠٦ ٢.٠٤		شعاعي - قلبي - قبل التجفيف
٢.٢٥ ٢.٢٣	٢.١٥ ٢.٤٤	٢.٠٥ ٢.٥٦	٢.١٥ ٢.١٨	٢.٨٥ ٢.٤٢		شعاعي - قلبي - بعد التجفيف
٢.٧٥ ٢.٨٠	٢.٦٥ ٢.٨٧	٢.٥٥ ٢.٩٥	٢.٤٥ ٣.٠٤	٢.٢٦ ٢.٥٠		مماسي - عصاري قبل التجفيف
٢.٤٠ ٧.٤٩	٢.٣٠ ٥.٧٥	٢.٢٠ ٥.٩٣	٢.٠٨ ٦.٩٣	٢.١١ ٧.٢٣		مماسي - عصاري بعد التجفيف
٢.٦٥ ١.٥٠	٢.٥٥ ١.٥٤	٢.٤٥ ١.٥٩	٢.٣٥ ١.٦٣	٢.٢٠ ١.٩٨		مماسي - قلبي - قبل التجفيف
٢.١٨ ٣.٥٦	٢.١٨ ٢.٦٧	٢.٠٨ ٣.٧٩	٢.٩٨ ٣.٩٢	٢.٨١ ٥.٦٣		مماسي - قلبي - بعد التجفيف
٢.٨٠ ٢.٣٥	٢.٧٠ ٢.٤٢	٢.٦٠ ٢.٤٨	٢.٥٠ ٢.٥٦	٢.٣١ ٢.٢٧		عرضي - عصاري قبل التجفيف
٢.٥٦ ٢.٩٠	٢.٤٦ ٢.٩٨	٢.٣٦ ٣.٠٧	٢.٢٦ ٢.١١	٢.١٠ ٢.٨٩		عرضي - عصاري بعد التجفيف
٢.٦٦ ١.٤١	٢.٥٦ ١.٤٥	٢.٤٦ ١.٤٩	٢.٣٦ ١.٥٢	٢.٢٠ ٢.٨٠		عرضي - قلبي - قبل التجفيف
٢.٣٦ ٤.٠٦	٢.٢٦ ٤.١٨	٢.١٦ ٤.٣٩	٢.٠٦ ٤.٤٦	٢.٩٦ ٤.٦١		عرضي - قلبي - بعد التجفيف

ثا - ثانية . n - ٦ قياسات . VK% = معامل التآكل $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٨) : تغير مقدرة كل من القشب العصاري و القلبي على المقطع الشعاعي و العماسي و العرضي للذوغلان على التبلل بالمادة اللاصقة شينول فور مالدديد PF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقطع العرضي	المقدرة على التبلل (مم) بعد :									
	U1A		U1B		U2		U3		U4	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي . عصاري قبل التجفيف	٢.٧٥	٢.٢٩	٢.٦٥	٢.٢٦	٢.٥٥	٢.٤٣	٢.٤٥	٢.٧٦	٢.٣٠	١.٥٤
شعاعي . عصاري بعد التجفيف	٢.٥٦	٢.١٤	٢.٤٦	٢.٢٠	٢.٣٦	٢.٢٧	٢.٢٦	٢.٢٤	٢.٠٨	٢.٤٤
شعاعي قلبي . قبل التجفيف	٢.٥٨	٢.١٦	٢.٤٨	٢.٢٢	٢.٣٨	٢.٢٩	٢.٢٨	١.٧٤	٢.١٥	٢.٢٣
شعاعي قلبي . بعد التجفيف	٢.٢٩	٥.٢٦	٢.١٦	٥.٥٣	٢.٠٦	٥.٧١	٢.١٦	٥.٩٠	٢.٨٦	٦.١٦
عماسي . عصاري قبل التجفيف	٢.٨١	١.٩٦	٢.٧١	٢.٠٣	٢.٦١	١.٠٧	٢.٥٦	٢.١٤	٢.٣٥	١.٦٢
عماسي . عصاري بعد التجفيف	٢.٥٥	٢.٩٥	٢.٤٥	٢.٠٤	٢.٣٥	٢.١٣	٢.٢٥	٢.١٣	٢.١٠	٢.٨٩
عماسي قلبي . قبل التجفيف	٢.٦٣	٢.٢٥	٢.٥٣	٢.٣١	٢.٤٣	٢.٣٨	٢.٣٣	٢.٤٥	٢.٢٠	١.٩٨
عماسي قلبي . بعد التجفيف	٢.٤٦	٤.٠١	٢.٣٦	٤.١٣	٢.٢٦	٤.٢٦	٢.١٦	٤.٧١	٢.٩٠	٤.٨٨
عرضي . عصاري قبل التجفيف	٢.٨١	٢.٠٦	٢.٧١	٢.٩٦	٢.٦١	٢.٢٣	٢.٥٦	٢.٧٨	٢.٣٣	٢.٤٥
عرضي . عصاري بعد التجفيف	٢.٥٦	٢.٨٣	٢.٤٦	٢.٩٤	٢.٣٦	٤.٠٦	٢.٢٦	٤.١٨	٢.١٦	٣.٧٥
عرضي قلبي . قبل التجفيف	٢.٦٦	١.٤١	٢.٥٦	١.٤٥	٢.٤٦	١.٤٩	٢.٣٦	٢.٥٣	٢.٢٥	١.٦٦
عرضي قلبي . بعد التجفيف	٢.٤٠	٢.٦٣	٢.٣٠	٢.٧١	٢.٢٠	٢.٨٠	٢.١٠	٢.٨٩	٢.٠٨	٢.٩٨

ثا = ثانوية . n = ٦ قياسات . VK% = معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٤٩): تغير مقدرة كل من الخشب العساري و القلبي على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للتركس على التبلل بالمادة اللاصقة الميلامين يوريا فينول فور مالدريد MUPF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة

المقطع العرضي	المعيار: التبلل (س) ١٦ ساعة									
	UFA		UFA%		UFA		UFA%		UFA	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي . عساري قبل التجفيف	١.٣١	١.٧٩	١.٧١	١.٨٣	١.١١	١.٨٧	١.٠١	١.٣٧	٣.٧٦	٣.٠٤
شعاعي . عساري بعد التجفيف	٣.٨٥	٤.٢٨	٣.٧٥	٤.٥٠	٣.٦٥	٣.٢٦	٣.٥٠	٤.٤٨	٣.٢٨	٤.٢٩
شعاعي . قلبي قبل التجفيف	٤.١١	٢.٩١	٤.٠١	٢.٩٨	٣.٩١	١.٣٧	٣.٧٦	٢.١٠	٣.٥٨	١.٧٤
شعاعي . قلبي بعد التجفيف	٣.٥٣	٣.٥٣	٣.٤٣	٣.٦٣	٣.٣٣	٣.٧٥	٣.٢٣	٣.٩٥	٣.٠٦	٤.٢٧
مماسي . عساري قبل التجفيف	١.٣١	١.٧٤	١.٢١	١.٧٦	١.١١	١.٨٣	١.٠١	١.٨٧	٣.٧٨	١.٩٦
مماسي . عساري بعد التجفيف	٣.٦٦	٣.٧٣	٣.٥٩	٣.٨٣	٣.٤٦	٣.٩٤	٣.٣٦	٤.٠٦	٣.٢١	٣.٦٣
مماسي . قلبي قبل التجفيف	١.٠٥	١.٣٥	٣.٩٥	١.٣٩	٣.٨٥	١.٤٢	٣.٧٥	١.٤٦	٣.٥٥	١.٥٤
مماسي . قلبي بعد التجفيف	٣.٤٨	٣.٣٦	٣.٣٨	٣.٤٦	٣.٢٨	٣.٥٦	٣.١٨	٣.٦٧	٣.٠٥	٣.٤٤
عرضي . عساري قبل التجفيف	١.٩٦	٢.٤٤	١.٨٦	٢.٤٩	١.٧٥	٢.٥٨	١.٥٦	٢.٢٦	١.٢٦	٢.٤٢
عرضي . عساري بعد التجفيف	٣.٨٦	٣.١٣	٣.٧٦	٣.٢٢	٣.٦٦	٣.٣٠	٣.٥٦	٣.٤٠	٣.٤٠	٢.٦٣
عرضي . قلبي قبل التجفيف	٤.٧٥	١.٧٦	٤.٦٥	١.٨٠	٤.٥١	١.٦٧	٤.٣٣	٢.٣٨	٤.٠٨	٢.٨٦
عرضي . قلبي بعد التجفيف	٣.٥٦	٤.٢٩	٣.٤٦	٤.٣٤	٣.٣٦	٤.٤٧	٣.٢٦	٤.٦١	٣.١١	٣.٧٥

ثا = ثنائية . n = ٦ قياسات . VK% = معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٥٠): تغير مقدرة كل من الخشب الحصري و القلبي على المقطع الشعاعي و المعماري و العرضي للصنوبر على التآكل بالمادة اللاصقة الميلامين يوريا فور مالدريد فينول فور مالدريد MUPi قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقدرة على التآكل (مم) بعد										المقاطع التشريحي
U1A		U1P		U2		U3		U5		
X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%	
٤.٧٢	٢.٩٥	٤.٦٢	١.٨٤	٤.٤٣	٢.٩٣	٤.١٣	٣.٧٢	٣.٨٠	١.٤٦	شعاعي .حصري قبل التجفيف
٣.٧٨	٢.٦٧	٣.٦٨	٢.٧٤	٣.٥٨	٣.٤٦	٣.٤٦	٥.٠٦	٣.٢٥	٣.٢٣	شعاعي .حصري بعد التجفيف
٤.٢٨	١.٧٦	٤.٢٨	١.٨٠	٤.١٨	٢.٦٦	٣.٩٥	١.٥٤	٣.٥٥	٢.٨٩	شعاعي .قلبي قبل التجفيف
٣.٥٥	٤	٣.٤٥	٤.١١	٣.٣٥	٤.٢٤	٣.٢٥	٤.٥٦	٣.١٠	٢.٦٠	شعاعي .قلبي بعد التجفيف
٤.٨٨	١.٥٤	٤.٧٨	١.٥٧	٤.٥٨	٤.٢٣	٤.٣٥	٤.٣٠	٣.٨٨	٣.٠١	معماري .حصري قبل التجفيف
٣.٨٠	٢.٨٨	٣.٧٠	٢.٩٦	٣.٦٠	٣.٥١	٣.٤٦	٣.٤٦	٣.٢٣	٣.٧٥	معماري .حصري بعد التجفيف
٤.٥٠	٢.٨١	٤.٤٠	٢.٨٧	٤.٢٨	٢.٧٣	٤.٠٦	٢.٠١	٣.٥٣	١.٤٦	معماري .قلبي قبل التجفيف
٣.٦٠	٣.٠٤	٣.٥٠	٣.١٣	٣.٤٠	٣.١٢	٣.٢٦	٤.١٨	٣.٠٥	٣.٤٤	معماري .قلبي بعد التجفيف
٤.٩٥	٢.٦٢	٤.٨٥	٢.٦٦	٤.٧٥	٢.٢١	٤.٦٠	٣.٠٧	٤.٦٦	٢.٤٢	عرضي .حصري قبل التجفيف
٣.٩٥	٢.١٢	٣.٨٥	٢.٧٢	٣.٧٥	٢.٢٣	٣.٦٢	٢.٨٤	٣.٤٢	٣.٠١	عرضي .حصري بعد التجفيف
٤.٧٦	١.٠٨	٤.٦٦	١.١١	٤.٥٦	١.١٣	٤.٣٠	٢.٠٨	٤.٠٨	١.٨٤	عرضي .قلبي قبل التجفيف
٣.٧٦	٢.١٧	٣.٦٦	٢.٢٣	٣.٥٦	٢.٢١	٣.٤٦	٢.٢٦	٣.٢٦	٢.٥٠	عرضي .قلبي بعد التجفيف

ثا - ثانية . n = ٦ قياسات . VK% = معامل التآكل X = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٥١): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للدوكلات على التئمل بالمادة اللاصقة الميلامين يوريا فور مالدريد فينول فور مالدريد MUPF قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ٣-١٠ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقدرة على التئمل (مجموع)										المقطع التشريحي
15°		35°		45°		60°		المقطع التشريحي		
X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%			
٤.٧٨	٤.٥٦	٤.٦٨	٤.٣١	٤.٥٦	٤.٤١	٤.٢٨	٤.٦٥	٣.٧٦	١.٨٢	شعاعي . عصاري قبل التجفيف
٣.٩٠	٣.٢٩	٣.٨٠	٣.٣٥	٣.٧٠	٣.٤٧	٣.٦٠	٣.٤٨	٣.٣٨	٣.٢٢	شعاعي . عصاري بعد التجفيف
٤.٣٨	١.٧٦	٤.٣٨	١.٨٠	٤.١٨	٣.٢٩	٣.٩٠	٣.٩٥	٣.٥٥	٤.٤٧	شعاعي . قلبي . قبل التجفيف
٣.٧٥	١.٤٦	٣.٦٥	١.٥٠	٣.٥٥	١.٥٤	٣.٤٥	١.٥٩	٣.٢٦	٣.٥٠	شعاعي . قلبي . بعد التجفيف
٤.٥٠	٤.٦٦	٤.٤٠	٤.٧٧	٤.٣٠	٤.٨٨	٤.١٠	٤.٣٦	٣.٧٣	٣.٧٧	مماسي . عصاري قبل التجفيف
٣.٨٠	٣.٣٣	٣.٧٠	٣.٤٧	٣.٦٠	٣.٥١	٣.٥٠	٣.٦٦	٣.٣١	٣.٢٧	مماسي . عصاري بعد التجفيف
٤.٢٣	١.٧٧	٤.١٣	١.٢٥	٤.٠٣	١.٢٨	٣.٩١	١.٩٧	٣.٥٠	٣.٥٦	مماسي . قلبي . قبل التجفيف
٣.٦٥	٣.٨٧	٣.٥٥	٣.٩٨	٣.٤٥	٣.٠٤	٣.٣٥	٣.١٣	٣.١٨	٣.٠٩	مماسي . قلبي . بعد التجفيف
٥.٥١	٤.٢٠	٥.٤١	٤.٢٨	٥.٣١	٤.٣٩	٥.١٥	٣.٦٧	٤.١١	٣.٨٤	عرضي . عصاري قبل التجفيف
٤.١٠	١.٥٤	٤	١.٥٨	٣.٩٠	١.٦٧	٣.٧٨	١.٩٩	٣.٥١	٣.١٤	عرضي . عصاري بعد التجفيف
٥.٠٦	١.٦١	٤.٩٦	١.٦٤	٤.٨٦	١.٦٨	٤.٦٣	١.٩١	٣.٩٠	٣.٦٩	عرضي . قلبي . قبل التجفيف
٣.٨٣	٣.١٣	٣.٧٣	٣.١٩	٣.٦٣	٣.٢٥	٣.٥٣	٣.٣١	٣.٤٠	٣.٦٣	عرضي . قلبي . بعد التجفيف

ثا - ثانية . $\eta = 6$ قياسات . VK% = معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٥٢): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي على المقطع للشعاعي و المعاسي و العرضي للاركس على التبلل بالمادة اللاصقة بوليميرات دي إينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقدرة على التبلل (مم) بعد :										المقطع الشعاعي
U1A		U1B		U2		U3		U4		
X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%	X	VK%	
٥.١٣	٩.٧٨	٥.٧٣	١٠.٣٠	٥.١٥	٨.٥٥	٤.٩٥	٢.٤٤	٤.٢٨	٢.٨١	شعاعي .عصاري . قبل التجفيف
٤.٧٥	٢.٥٣	٤.٦١	٩.٣٠	٤.٤٦	١.٢١	٤.٢٦	٢.٥٩	٤.١٥	٣.٤٢	شعاعي .عصاري . بعد التجفيف
٥.١٥	٢.٠٨	٥.٠٥	٢.٤٨	٤.٧٦	٣.٠٨	٤.٤٣	١.٨٧	٤.٠١	٩.٦٣	شعاعي قلبي . قبل التجفيف
٤.٤٦	١.٩٢	٤.٣٥	١.٧٩	٤.٢٦	١.٨٤	٤.٠٨	٢.٦٧	٢.٨٦	٣.٤٦	شعاعي قلبي . بعد التجفيف
٥.١٥	١.٠٦	٤.٩٥	١.٦٩	٤.٧٥	٢.٢١	٤.٥٦	١.٧٩	٤.١٨	٣.٥٢	معاسي .عصاري . قبل التجفيف
٤.٨١	٢.٤٣	٤.٦٣	١.٧٦	٤.٤٠	٢.٠٢	٤.١٥	١.٩٦	٣.٨٣	٣.١٦	معاسي .عصاري . بعد التجفيف
٤.٦٠	١.٨٣	٤.٧٣	٢.٥٦	٤.٥١	٢.٥٩	٤.٢٥	٢.٨٨	٣.٦٦	٢.٦٠	معاسي قلبي . قبل التجفيف
٤.٥٥	١.٢٠	٤.٤٦	١.٧٠	٤.٢١	١.٧٩	٣.٩٨	٢.٩٢	٣.٧٣	٦.٧٧	معاسي قلبي . بعد التجفيف
٧.٠٥	٠.٧٨	٦.٩٥	٠.٧٩	٦.٦٣	١.٢٣	٦.٢١	١.٢١	٥.٠١	١.٥٠	عرضي .عصاري . قبل التجفيف
٦.٥٨	١.٧٨	٦.٢٣	١.٣٦	٥.٩١	٣.١٠	٥.٥١	٥.٣٦	٤.٧٨	٦.٤٤	عرضي .عصاري . بعد التجفيف
٦.٦١	١.١٤	٦.٤٩	١.١٦	٦.٣٠	١.٤٢	٦	٢.٢٦	٤.٩٠	١.٨٢	عرضي قلبي . قبل التجفيف
٦.٤٣	١.٢٧	٦.٠٨	٢.٤٢	٥.٧٦	٢.٢٧	٥.٤١	٣.٥٨	٤.٧٠	٣.٠١	عرضي قلبي . بعد التجفيف

ثا = ثانية . ١١ - ٦ قياسات . VK% - معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٥٣): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي على المقطع الشعاعي و المحاسي و العرضي للصنوبر على التآكل بالمادة اللاصقة بوليميرات دي فونيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٣ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة .

المقطع العرضي	المقدرة على التآكل (مم) بعد									
	٥١.٨		٥١.٣		٥١.١		٥٣.٠		٥٣.١	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي ، عصاري	٦.٦٦	٦.٨٨	٦.٤٣	٦.٨٩	٦.١٨	٦.٠٨	٥.٠٥	٣.٠٥	٣.٩٦	١.٧٢
قبل التجفيف										
شعاعي ، عصاري	٥.١٨	٢.٨٣	٥	٤.١٤	٤.٦٨	٣.٥٨	٤.٣٦	٣.٠٩	٣.٧٨	٣.٨٨
بعد التجفيف										
شعاعي ، قلبي	٥.٠٥	٥.٧٧	٤.٩٠	٥.١١	٤.٧٥	٢.٣١	٤.٤٦	٣.٠٦	٣.٨١	١.٨٢
قبل التجفيف										
شعاعي ، قلبي										
بعد التجفيف	٤.٨٨	٢.٩٥	٤.١٣	٣.٢٦	٤.٢٨	٤.٥١	٤.١٤	٢.٨٧	٣.٦٥	٢.٢٦
محاسي ، عصاري	٦.٨٣	٢.٢٩	٦.٥١	٢.٢٦	٥.٨٣	١.٤٠	٥.٣٥	٣.٥٠	٤.٤٠	٢.٠٣
قبل التجفيف										
محاسي ، عصاري	٦.١٣	٥.١٢	٥.٧٦	٥.٧٧	٥.٢٣	٥.٠٨	٤.٨٦	٣.٦١	٤.٠٨	٢.٨٦
بعد التجفيف										
محاسي ، قلبي	٥.٢٥	٣.١٢	٥.٠٦	٣.٦٧	٤.٨٨	٢.٣٩	٤.٣٦	٤.٩٥	٤	٢.٥٤
قبل التجفيف										
محاسي ، قلبي	٥.٠١	٦.٥١	٤.٨١	١.٥٦	٤.٥٦	١.٧٩	٤.٢٠	٣.٢٧	٣.٨٥	٢.٧٢
بعد التجفيف										
عرضي ، عصاري	٥.٩٦	٢.٠٣	٥.٨٦	٢.٠٦	٥.٦٨	٢.٠٦	٥.٢٦	٣.١٠	٤.٣٥	٢.١٧
قبل التجفيف										
عرضي ، عصاري	٥.٧٢	٦.٤٢	٥.٥٨	٢.٠٩	٥.٢٦	٢.٧٢	٤.٨٨	٢.٣٩	٤.١٥	٦.٥٣
بعد التجفيف										
عرضي ، قلبي	٤.٦٣	١.٧٦	٤.٥٣	١.٨٠	٤.٤١	٢.٢٣	٤.٢٦	٢.٤٢	٤.٠١	٣.٦٦
قبل التجفيف										
عرضي ، قلبي	٤.٥١	٢.١٨	٤.٤١	٢.٢٣	٤.٢٦	١.٢١	٤.١٥	١.٢٢	٣.٤٠	٢.٢٩
بعد التجفيف										

ثا - ثانية . π - ٦ قياسات . VK% = معامل التآكل $\bar{X}$ = المتوسط الحسابي

جدول رقم (٥٤): تغير مقدرة كل من الخشب العصاري و القلبي على المقطع الشعاعي و المماسي و العرضي للدوغلان على التبلل بالمادة اللاصقة بوليمرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة ١٠٢ درجة مئوية ولمدة ١٦ ساعة .

المقطع التشريحي	المقدرة على التبلل (مم) بعد :									
	U1A		U1Y		U1L		U2		U3	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
شعاعي - عصاري قبل التجفيف	٥.٢٣	١.٤٧	٥.١١	١.٨٢	٤.٩٠	٢.٥٥	٤.٥٨	١.٧٩	٤.٢٦	١.٧٢
شعاعي - عصاري بعد التجفيف	٤.٩٦	٢.١٦	٤.٨٥	٢.٦٠	٤.٦٦	٢.٠٢	٤.٤٠	٢.٩٣	٣.٩٨	١.٤٦
شعاعي قلبي . قبل التجفيف	٤.٨٣	١.٧٢	٤.٧٣	١.٣٧	٤.٦٠	١.٩٢	٤.٢٣	٢.٧٦	٣.٩٠	٠.٩٩
شعاعي قلبي . بعد التجفيف	٤.٦٥	١.٦١	٤.٥٥	٢.٠٢	٤.٤٠	٢.١٨	٤.١٠	٢.٤٢	٣.٧٠	٢.٠٨
مماسي - عصاري قبل التجفيف	٥.٢٣	٢.٢٧	٥.١٦	١.٥٨	٤.٦٥	٢.١٢	٤.٥٥	٢.٣١	٤.١٢	٢.٩٢
مماسي - عصاري بعد التجفيف	٥.١٨	١.٢٥	٤.٩٠	١.٢٩	٤.٥٥	٢.٢١	٤.٢١	١.٧٩	٤	٢.٢٤
مماسي قلبي . قبل التجفيف	٥.٠١	١.٥٠	٤.٩٦	١.٥٣	٤.٧٠	١.٩٠	٤.٢٠	٢.٠٨	٣.٨١	٣.٠٦
مماسي قلبي . بعد التجفيف	٤.٨٥	١.١٢	٤.٧٠	١.٩٠	٤.٣٥	٢.١٢	٣.٩٠	٢.٢٩	٣.٧٠	٢.٤٢
عرضي - عصاري قبل التجفيف	١.٦٢	١.٦٧	٧.٢٦	١.٦٤	٧.٢٦	١.٦٤	٦.٤٥	٢.٣٥	٥.١١	٢.٢٨
عرضي - عصاري بعد التجفيف	١.٦٦	٥.١٨	٦.٤٥	٥.٢٦	٦.٢٥	٥.٦١	٥.٦٨	٥.٢٩	١.٧٥	٣.٩٤
عرضي قلبي . قبل التجفيف	٦.٢٣	٢.٥٨	٦.٠٥	١.٧٢	٥.٤٢	٣.٤٣	٥.٠١	٢.١٢	٤.٦٠	١.٦٤
عرضي قلبي . بعد التجفيف	٦.٦٠	١.٤٧	٥.٩١	١.٢٧	٥.٢٨	٢.٧٩	٤.٩٢	١.٦٦	٤.٤٥	٢.٣٦

ثا - ثالدية . n = ٦ قياسات . VK% = معامل التباين $\bar{X}$ = المتوسط الحساب

٣-العلاقة ما بين كل من مقدرة النشارة الخشبية لكل من الخشب العصاري و القلبي للصنوبر الحراجي على التبلل بالمواد اللاصقة المختلفة من جهة و بين عمر الشجرة و إرتفاع أخذ العينات إضافة إلى بناء السطح الخشبي كل على حده من جهة أخرى

تعتبر المستخلصات الخشبية بطبيعتها الكيميائية و توزعها في الخشب من الأهمية بمكان في عملية تغرية النشارة الخشبية حيث تؤثر هذه المستخلصات على مقدرة الخشب على التبلل بالمواد اللاصقة إما إيجابياً أو سلبياً . هذا ولقد قدر الباحثة Lange et al., ١٩٨٩ نسبة المستخلصات الخشبية في الخشب العصاري للجزء السفلي من الساق فبلغت ٢٤,٨ % بينما كانت نسبة المستخلصات الخشبية في الخشب القلبي للجزء السفلي من الساق قبلت ١٣ % كما أثبتوا أن محتوى الخشب القلبي من المستخلصات الخشبية يزداد بزيادة عمر الشجرة . كذلك أثبتوا أن محتوى الخشب العصاري من المستخلصات الخشبية قد يزداد أو ينقص مع إرتفاع الساق ، أما محتوى الخشب العصاري من المستخلصات الخشبية فيقل مع إرتفاع الساق . هذا ولقد أثبت الباحث Lelish , ١٩٩٥ أن محتوى نشارة الخشب القلبي للدوغلاس من المستخلصات الخشبية أكبر من محتوى نشارة الخشب العصاري . كما أثبت أيضاً تناقص محتوى المستخلصات الخشبية في الخشب العصاري و القلبي لأشجار الدوغلاس الصغيرة و الكبيرة في العمر مع إرتفاع مكان أخذ العينة .

كما ذكر الباحث Lelish , ١٩٩٥ في بحث منشور له أن نسبة المستخلصات الخشبية في الخشب العصاري والقلبي للدوغلاس وقد ازدادت مع إزدياد عمر الأشجار . هذا ونتيجة لذلك يتوقع أن هناك علاقة ما بين مقدرة الخشب على التبلل من جهة وبين كل من مكان أخذ العينة و عمر الشجرة من جهة أخرى . لقد بحث Hameed, ٢٠٠٠ العلاقة ما بين مقدرة النشارة الخشبية للصنوبر على التبلل بالمواد اللاصقة من جهة و بين عمر الشجرة و إرتفاع أخذ العينات إضافة إلى بناء السطح الخشبي كل على حده من جهة أخرى و العمل على إثباتها وتبين الجداول من رقم (٥٥) وحتى الرقم (٥٨) متوسط قيم التبلل بالمواد اللاصقة اليوريا فورمالدهيد و الفينول فورمالدهيد و الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد و البوليمرات دي فينيل

الشجرة و ارتفاع أخذ العينة و بناء السطح الخشبي حيث أثبتت النتائج التالية:

- ١- إن مقدرة نشارة الخشب العصاري المأخوذة من شجرة بعمر ١٢٤ سنة من كل من الارتفاعين ١٠,٥ م و ١٧ م ومن شجرة بعمر ٤٨ سنة من ارتفاع ٢,٥ م على التبلل بالمواد اللاصقة السابقة الذكر أكبر من مقدرة نشارة الخشب القلبي المأخوذة من نفس الشجرتين.
- ٢- إن مقدرة كل من نشارة الخشب العصاري والقلبي المأخوذة من شجرة بعمر ٤٨ سنة على التبلل بالمواد اللاصقة المذكورة أكبر من مقدرة كل من نشارة الخشب العصاري والقلبي المأخوذة من شجرة بعمر ١٢٤ سنة بنفس المواد اللاصقة.
- ٣- ازدادت مقدرة النشارة الخشبية للخشب العصاري والقلبي المأخوذة من شجرة بعمر ١٢٤ سنة على التبلل بالمواد اللاصقة الأنفة الذكر مع زيادة ارتفاع أخذ العينات.
- ٤- إن مقدرة نشارة الخشب العصاري والقلبي غير المصقولة لكل من الشجرتين بعمر ١٢٤ سنة و ٤٨ سنة على التبلل بالمواد اللاصقة السابقة الذكر أكبر من نشارة الخشب المصقولة المأخوذة من كلتا الشجرتين بعمر ١٢٤ سنة و ٤٨ سنة.

جدول رقم (٥٥) : متوسط قيم التهلل لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر بالمواد اللاصقة اليوريا فورمالدهيد UY و علاقتها مع عمر الشجرة وارتفاع أخذ العينة و بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	قيم التهلل بعد ثلاث دقائق مم			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصفولة	غير مصفولة	مصفولة	غير مصفولة
		$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٤.٨٣ ٢.٥٩	٥.٤٢ ١.٨٢	٤.٥٥ ٢.٣١	٥.٢٣ ٢.٣١
١٢٤	٠,٥	٤.٥٦ ٤.١٣	٥.٢١ ٢.٨٢	٤.٣٥ ٣.٤٨	٤.٩١ ٢.٩٩
	١٧	٤.٧٨ ٤.٠٦	٥.٣١ ٢.٧٧	٤.٤٨ ٣.٢٨	٥.١٣ ٣.١٨

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

جدول رقم (٥٦) : متوسط قيم التهلل لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر بالمواد اللاصقة الفينول فورمالدهيد PF و علاقتها مع عمر الشجرة وارتفاع أخذ العينة و بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	قيم التهلل بعد ثلاث دقائق مم			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصفولة	غير مصفولة	مصفولة	غير مصفولة
		$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٣.٩٧ ٢.٦٠	٤.٨٥ ٢.١٣	٣.٨٢ ٢.٧٠	٤.٦٢ ١.٦٣
١٢٤	٠,٥	٣.٨٥ ٤.٨٥	٤.٧٥ ٤.٣٦	٣.٦٥ ٤.٥٠	٤.١٢ ٣.٠٨
	١٧	٣.٩٣ ٣.٠٨	٤.٨٢ ٣.٣٨	٣.٧٥ ٢.٧٩	٤.٥٠ ٣.١١

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

جدول رقم (٥٧) : متوسط قيم التبلل لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر بالمواد اللاصقة الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPP و علاقتها مع عمر الشجرة وإرتفاع أخذ العينة و بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	إرتفاع أخذ العينة (م)	قيم التبلل بعد ثلاث دقائق مع			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصقولة	غير مصقولة	مصقولة	غير مصقولة
		$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%
١٨	٢,٥	٥ ٢,٢٤	٥,٢٨ ٢,١٧	٤,٦٣ ٢,١٣	٤,٩٨ ٢,١١
١٢٤	١٠,٥	٤,٨٠ ٢,٩٤	٥,٠٦ ٤,٢٦	٤,١٣ ٣,٠٨	٤,٨٥ ٤,٤٦
	١٧	٤,٩٠ ٢,٣٨	٥,١١ ٤,٤٧	٤,٥٠ ٤,٩٨	٤,٩١ ٤,٢٨

١ - ٦ قياسات VK - معامل التباين

جدول رقم (٥٨) : متوسط قيم التبلل لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر بالمواد اللاصقة بوليمرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI و علاقتها مع عمر الشجرة وإرتفاع أخذ العينة و بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	إرتفاع أخذ العينة (م)	قيم التبلل بعد ثلاث دقائق مع			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصقولة	غير مصقولة	مصقولة	غير مصقولة
		$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%	$\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٨,٣٢ ٢,٠٧	٩,١٠ ١,٣٣	٧,٩٢ ١,٦٨	٨,٦٥ ١,٢١
١٢٤	١٠,٥	٧,٩٠ ٢,٨٨	٨,٨١ ٢,٦٢	٧,٧٨ ١,٨٩	٨,٤٦ ٢,٢٠
	١٧	٨,٢٥ ٢,٨٤	٨,٩٨ ١,٣٠	٧,٨٨ ١,٤٨	٨,٥٣ ١,٤١

١ - ٦ قياسات VK - معامل التباين

٤- مقدرة المواد اللاصقة المختلفة على التعمق (التخلل) داخل النشارة الخشبية لكل من الخشب العصاري و الخشب القلبي للصنوبر الحراجي

إن تقدير المقدرة على التبلل للمواد اللاصقة على السطح الخشبي لا يكفي وحده لتحديد التفاعل الفيزيائي للمواد اللاصقة مع السطح الخشبي ، لذلك يجب أن يتطافر مع تقدير مقدرة المواد اللاصقة المختلفة على التعمق داخل السطح الخشبي . هذا ولا نجد في المراجع سوى إشارات بسيطة حول مقدرة المواد اللاصقة على التعمق داخل السطح الخشبي . هذا ولقد ذكر الباحث Hancock, ١٩٦٣ وجود صعوبات عند تغرية الرقائق الخشبية للدوغلاس بالفينول فورمالدهيد أثناء تصنيع الخشب المعاكس حيث تعزى هذه الصعوبات إلى ضعف مقدرة المواد اللاصقة على التعمق في سطوح الرقائق الخشبية التي سبق أن أخضعت للحرارة بهدف تجفيفها . هذا وإن المستخلصات الخشبية تقلل من مقدرة المواد اللاصقة على التعمق في السطح الخشبي Vologdin et al, ١٩٧٩ . هذا ويتفق عدد كبير من الباحثين في أن المستخلصات الخشبية تعيق حركة كل من السوائل والغازات داخل الخشب . لقد أثبت الباحثان Sunlahti and Wallen, ١٩٥٨ أن هناك بعض المستخلصات الخشبية تقلل من مقدرة السوائل على التعمق داخل الخشب . كما أثبت الباحث Krahmer, ١٩٦١ تأثير أصل خشب الدوغلاس على تشرب السوائل . هذا وإن إنتقال السوائل بين التركيبات في الشجرة الحية يتم من خلال الفتحات المتواجدة بين جدر الخلايا حيث أن هذه الفتحات تتخلق أثناء عملية التجفيف للخشب الأمر الذي يعرقل إنتقال السوائل بين الخلايا وهذه الظاهرة تحدث أثناء معاملة خشب السدر بالمواد الحافظة . هذا ولقد أثبت الباحث Roll, ١٩٩٥ أثناء تغرية النشارة الخشبية للزان و السدر بالمادة اللاصقة بوليميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات أن مقدرة السطح الخشبي على التبلل بالمادة اللاصقة PMDI كانت كبيرة عندما كانت مقدرة هذه المواد اللاصقة على التعمق داخل الخشب . هذا وكما زادت مقدرة النسيج الخشبية على التبلل بالمادة اللاصقة كلما كانت نوعية التغرية أفضل أثناء تصنيع ألواح الخشب المضغوط . لقد بحث Hameed, ٢٠٠٠ مقدرة المواد اللاصقة المختلفة على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر و علاقتها مع عمر الشجرة و ارتفاع أخذ العينة إضافة إلى بناء السطح الخشبي حيث أثبت مايلي :

١- بصرف النظر عن عمر للنوع الخشبي ارتفاع أخذ العينة إضافة إلى بناء السطح الخشبي فإن مقدرة المواد اللاصقة: اليوريا فورمالدهيد والفينول فورمالدهيد والميلامين يوريا فورمالدهيد إضافة إلى بوليميرات مكونة من دي فينيل ميتان دي ايزوسيانات على التعمق في داخل نشارة الخشب العصاري للصنوبر الحراجي أكثر من مقدرتها على التعمق داخل الخشب القلبي للصنوبر الحراجي وتعدى هذه النتيجة إلى المحتوى العالي للخشب القلبي من المستخلصات الخشبية مثل الراتنج و الحموض الدهنية (١٩٥٨ Suolahti and ١٩٧٦ Plomley et. al., Walle) .

٢- إن المقدرة للمواد اللاصقة السابقة الذكر على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي المأخوذة من شجرة بعمر ٤٨ سنة أكبر من قدرتها على التعمق داخل نشارة الخشب المأخوذة من شجرة صنوبر حراجي بعمر ١٢٤ سنة.

٣- ازدادت مقدرة المواد اللاصقة السابقة الذكر على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي المأخوذة من شجرة بعمر ١٢٤ سنة مع زيادة ارتفاع أخذ العينات وبالمقابل قل محتوى المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص بمحلول الإيثانول/ سيكلوهكسان مع زيادة ارتفاع أخذ العينات.

٤- إن مقدرة المواد اللاصقة المستخدمة في هذا البحث على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري والقلبي غير المصقولة لكل من العينات المأخوذة من شجرتين بعمر ١٢٤ سنة و ٤٨ سنة أكبر من قدرتها على التعمق داخل نشارة الخشب المصقولة المأخوذة من كلتا الشجرتين (٤٨ سنة و ١٢٤ سنة).

٥- بتحليل معامل الارتباط بين كل من مقدرة المواد اللاصقة على تبليد نشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي وبين مقدرتها على التخلل في نفس النشارة تبين وجود ارتباط قوي شديد ومعنوي. و تلخص الجداول من رقم (٥٩) وحتى الرقم (٦٢) القيم المتوسطة لمقدرة المواد اللاصقة المختلفة : اليوريا فورمالدهيد UF و الفينول فورمالدهيد PF و الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPF و البوليميرات دي فينيل ميتان دي ايزوسيانات PMDI على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر بعد خمس دقائق و علاقتها مع عمر الشجرة وارتفاع أخذ العينة إضافة إلى بناء السطح الخشبي .

جدول رقم (٥٩) : مقدرة المادة اللاصقة اليوريا فورمالدهيد UF على التحق في نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر و علاقتها مع عمر الشجرة و ارتفاع أخذ العينة إضافة إلى بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	المقدرة على التعمق (مم) بعد خمس دقائق			
		لشارة خشب عصاري		لشارة خشب قلبي	
		مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%	مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٠,٤٦ ٢,٥٩	٠,٤٨ ٢,١٩	٠,٣١ ٢,٧٢	٠,٢٧ ٢,١٩
١٢٤	٠,٥	٠,٢٣ ٥,٢١	٠,٤١ ٢,٧٠	٢,٦٥ ٤,١٧	٠,٣٤ ٣,٥٦
	١٧	٠,٢٧ ٣,٥٨	٠,٤٢ ٤,٩٥	٠,٢٥ ٢,٩٩	٠,٣٥ ٥,٥٦

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

جدول رقم (٦٠) : مقدرة المادة اللاصقة الفينول فورمالدهيد PF على التحق في نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر و علاقتها مع عمر الشجرة و ارتفاع أخذ العينة إضافة إلى بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	المقدرة على التعمق (مم) بعد خمس دقائق			
		لشارة خشب عصاري		لشارة خشب قلبي	
		مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%	مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٠,٢٥ ٤,٢٨	٠,٢٠ ٢,٥٢	٥,٢٣ ٢,٢١	٠,٢٦ ٤,١١
١٢٤	٠,٥	٠,١٤ ٥,٩٧	٠,١٧ ٤,٤٧	٠,١١ ٤,٥٦	٠,١٣ ٥,٨٧
	١٧	٠,٢٣ ٥,٠٨	٠,٢٧ ٥,٩٣	٠,١٩ ٦,٣٧	٠,٢٠ ٦,٠٦

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

جدول رقم (٦١) : مقدرة المادة اللاصقة الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUF على التعمق في نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر و علاقتها مع عمر الشجرة و ارتفاع أخذ العينة اضافة إلى بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	المقدرة على التعمق (مم) بعد خمس دقائق			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%	مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٠,٥٧ ٦,٣٢	٠,٦٦ ٢,١	٠,٥٩ ٢,٧٢	٠,٥٩ ٢,٣٠
١٢٤	٠,٥	٠,٥١ ٤,٢٤	٠,٦٠ ٤,٦٧	٠,٤٦ ٤,٣٠	٠,٥٦ ٥,٦٧
	١٧	٠,٥٤ ٥,٩٠	٠,٦٢ ٤	٠,٥٠ ٣,٦٧	٠,٥٨ ٣,٦٨

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

جدول رقم (٦٢) : مقدرة المادة اللاصقة البولييميرات دي فينيل ميتان دي ايزوسانات PMDI على التعمق في نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر و علاقتها مع عمر الشجرة و ارتفاع أخذ العينة اضافة إلى بناء السطح الخشبي

عمر الشجرة (سنة)	ارتفاع أخذ العينة (م)	المقدرة على التعمق (مم) بعد خمس دقائق			
		نشارة خشب عصاري		نشارة خشب قلبي	
		مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%	مصفولة $\bar{X}$ VK%	غير مصفولة $\bar{X}$ VK%
٤٨	٢,٥	٠,٧٣ ٢,٢٠	٠,٨٩ ١,٦٩	٠,٦٦ ١,٨٢	٠,٧٣ ١,٦١
١٢٤	٠,٥	٠,٦٩ ٥,١٢	٠,٨٦ ٥,٤٥	٠,٦٦ ٥,١٥	٠,٦٨ ٣,٠٤
	١٧	٠,٧١ ٢,٥٨	٠,٨٤ ٣,٢٣	٠,٦٦ ٣,٦٣	٠,٧ ٤,٣٩

$n = 6$ قياسات VK = معامل التباين

٥- تأثير تجفيف النشارة الخشبية على مقدرة المواد اللاصقة المختلفة على التعمق داخل كل من نشارة الخشب العصاري و الخشب القلبي للصنوبر الحراجي

تعتبر عملية التجفيف للنشارة الخشبية عملية هامة أثناء صناعة الخشب المضغوط . و تحدث المعاملة الحرارية تغيرات مختلفة في السطح الخشبي الأمر الذي يؤثر على قابلية التغيرية . هذا ولقد أثبت الباحث ^{١٩٨٣} Poblele , تغير محتوى النشارة الخشبية للتوب و الزان نتيجة لمعاملتها حرارياً على درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية و لمدة ١٦ ساعة . ولقد ذكر الباحث ^{١٩٦٣} Hancock , وجود صعوبات في تغرية الرقائق الخشبية للدوغلان أثناء صناعة الخشب المعاكس منها و ذلك نتيجة ضعف مقدرة الغراء على التعمق داخل الرقائق الخشبية المعالجة حرارياً . و قد أثبت ^{٢٠٠٠} Hameed , أن عملية التجفيف للنشارة الخشبية لا تؤثر فقط على مدى قابليتها للتبلل بالمواد اللاصقة وعلى حموضتها و كفاءة تعديلها و إصدارها للحموض و إنما تؤثر أيضاً على مقدرة المواد اللاصقة على التعمق داخل الخشب و ذلك بنوصله إلى النتائج التالية :

١- إن مقدرة المواد اللاصقة المستخدمة على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري للصنوبر الحراجي كانت وبشكل دائم قبل وبعد التجفيف على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة أكبر من مقدرتها على التعمق داخل نشارة الخشب القلبي.

٢- قلت مقدرة المواد اللاصقة المستخدمة على التعمق داخل نشارة كل من الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي بعد التجفيف على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة. لذلك تثبت النتائج في هذا الجزء أن التجفيف يضعف من قوة التماسك القائمة بين المصطحين الخشبيين والمادة اللاصقة بينهما. وهذا ما يعزى إلى مايلي:

- بنتيجة المعاملة الحرارية تزداد كمية الراتنج المفردة التي تصل سطح الخشب الأمر الذي يؤدي إلى تقليل مقدرة المادة اللاصقة فيه (Koljo , ١٩٥٦) .

- نتيجة المعاملة الحرارية تتأكسد الحموض الدهنية غير المشبعة و استرھا إلى مركبات ثقّل من مقدرة المواد اللاصقة على التعمق داخل الخشب (Heminway, ١٩٦٩).
- تؤدي عملية التجفيف إلى هجرة المستخلصات الخشبية القابلة للانحلال بالماء و الطيارة (المركبات التربينية) إلى السطوح الخشبية و بالتالي ثقّل من نفاذيتها و قابليتها للتغرية (Marutzky ١٩٧٨ and Hancock ١٩٩٣).
- يتم إنتقال السوائل بين التراكيدات في الشجرة الحية من خلال الفتحات المتواجدة بين جدر الخلايا حيث أن هذه الفتحات تنغلق نتيجة لعملية التجفيف للخشب الأمر الذي يقلل من مقدرة السوائل على التعمق بداخله .
- توضح الجداول من رقم (٦٣) و حتى الرقم (٦٦) تأثير تجفيف نشارة الخشبية على مقدرة المواد اللاصقة المختلفة: يوريا فورمالدهيد - فينول فورمالدهيد - ميلامين يوريا فينول فورمالدهيد - وبوليميرات مكونة من دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات. على التعمق داخل نشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي.

جدول رقم (٦٣) : متوسط القيم لمقدرة المادة اللاصقة اليوريا فورمالدهيد UF على التعمق في كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر قبل التجفيف و بعده (n = ٦ قياسات)

المقدرة على التعمق (مم) بعد ٥ دقائق					
نشارة خشب قلبي			نشارة خشب عصاري		
بعد التجفيف		قبل التجفيف	بعد التجفيف		قبل التجفيف
$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
٠.٢٢	٦.٤٣	٠.٣٤	٣.٥٦	٠.٣١	٣.٥٣
٠.٤١	٣.٧١	٠.٤١	٣.٧١	٠.٤١	٣.٧١

VK - معامل التباين

جدول رقم (٦٤) : متوسط القيم لمقدرة المادة اللاصقة الفينول فورمالدهيد PF على التعمق في كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر قبل التجفيف و بعده (n = ٦ قياسات)

المقدرة على التعمق (مم) بعد ٥ دقائق					
نشارة خشب عصاري				نشارة خشب قلبي	
قبل التجفيف		بعد التجفيف		قبل التجفيف	
$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
٠.١٧	٤.٤٧	٠.١٤	٦.٣٩	٠.١٣	٥.٨٧

VK = معامل للتباين

جدول رقم (٦٥) : متوسط القيم لمقدرة المادة اللاصقة الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPF على التعمق في كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر قبل و بعد التجفيف (n = ٦ قياسات)

المقدرة على التعمق (مم) بعد ٥ دقائق					
نشارة خشب عصاري				نشارة خشب قلبي	
قبل التجفيف		بعد التجفيف		قبل التجفيف	
$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
٠.٦٠	٤.١٧	٠.٤٤	٥.٣٨	٠.٥٦	٥.٦٢

VK = معامل للتباين

جدول رقم (٦٦): متوسط القيم لمقدرة المادة اللاصقة البوليميرات دي فونيل ميثان دي إيزوسيانات على التعلق في كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر قبل التجفيف و بعده (٦ قياسات)

المقدرة على التعلق (مم) بعد ٥ دقائق							
نشارة خشب عصاري				نشارة خشب قلبي			
قبل التجفيف		بعد التجفيف		قبل التجفيف		بعد التجفيف	
$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
٠.٨٢	٥.٤٥	٠.٥٣	٤.٩٦	٠.٦٨	٣.٨٠	٠.٤٢	٢.١٣

VK - معامل التباين

٦- تأثير المقطع التشريحي للخشب على قوة التماسك القائمة بين السطوح الخشبية الملتصقة مع بعضها لكل من الخشب العصاري و القلبي للصنوبر الحراجي كل على حده

أثبت الباحث Chen, ١٩٧٠ علاقة خطية ما بين المقدرة على التبلل و المقاومة للقص . كما بحث Hameed, ٢٠٠٠ تأثير المقطع التشريحي للخشب على قوة التماسك القائمة بين السطوح الخشبية الملتصقة مع بعضها لكل من الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي كل على حدة وذلك بالمادة اللاصقة يوريا فورمالدهيد وتوصل إلى النتائج التالية :

١- إن مقاومة القص لأزواج مكعبات الخشب العصاري للصنوبر الحراجي المأخوذة من شجرة بعمر ١٢٤ سنة والملتصقة مع بعضها بالمادة اللاصقة يوريا فورمالدهيد كانت أكبر

من مقاومة القص لأزواج مكعبات الخشب القلبي الملتصقة بنفس المادة لنفس الشجرة في جميع المقاطع للتشريحية مماسي - عرضي - شعاعي.

٢- إن مقاومة القص لدى إلصاق السطوح الخشبية بمقطعها العرضي كانت أكبر من مقاومة القص لدى إلصاقها بمقطعها الشعاعي وأضعفها كانت مقاومة القص لدى إلصاق السطوح الخشبية بمقطعها المماسي.

إن هذه النتائج تحزى إلى القدرة العالية للخشب العصاري على التكلل بالمواد اللاصقة مقارنة بالخشب القلبي من جهة ومن جهة أخرى للقدرة الضعيفة للسطح الخشبي بمقطعه المماسي على التكلل بالمواد اللاصقة مقارنة بالسطح الخشبي لكل من المقطعين العرضي والشعاعي. ويبين الجدول رقم (٦٧) هذه النتائج.

جدول رقم (٦٧) : قيم مقارنة القص لأزواج مكعبات الخشب العصاري و القلبي الملتصقة بالمادة اللاصقة يوريا فورمالدهيد UFA و علاقتها مع المقطع التشريحي

المقطع التشريحي	متوسط قيم مقاومة القص نيوتن/مم ^٢			
	خشب عصاري		خشب قلبي	
	$\bar{X}$	VK%	$\bar{X}$	VK%
مماسي إلى مماسي	١.٠٥	٢.٠٢	٠.٤٥	٤.٧١
شعاعي إلى شعاعي	١.٢٥	١.٦٩	٠.٦٥	٣.٢٦
عرضي إلى عرضي	٢.٢٥	١.٥٧	١.٢٥	٢.٠٩

n = ١٠ قياسات

VK% = معامل التباين

٧- تغير بعض المواصفات الكيميائية لنشارة الخشب العصاري والقلبي للصنوبر الحراجي نتيجة لمعالجتها الحرارية

لأجل صناعة الخشب المضغوط يجب تجفيف النشارة الخشبية بحيث يصبح محتواها من الرطوبة ما بين ٢-٦% حيث تؤدي عملية التجفيف هذه إلى تغيرات في خواصها الفيزيائية والكيميائية الأمر الذي يؤثر على عملية تجفيفها. هذا وقد تبين بوضوح من خلال المراجع أن المعالجة الحرارية للخشب تؤدي إلى تغير في درجة حموضته وعلى كفاءة تعديله وفي محتواه من المستخلصات الخشبية وعلى إصداره من الفورمالدهيد حيث تؤدي هذه التغيرات إلى تغير في السلوك الكيميائي والفيزيائي للنشارة الخشبية أثناء تصنيع الخشب المضغوط. هذا ولقد أثبت الباحث Packman, 1960 تناقص درجة حموضة الخشب أثناء تخزينه على درجة حرارة ٤٨ درجة مئوية. هذا وقد أدت المعالجة الحرارية لنشارة كل من خشب السدر و الزان بدون إضافة مواد لاصقة و مادة مقسية إلى تناقص درجة الحموضة و محتوى المستخلصات الخشبية بالإيثانول بنزول إضافة إلى تناقص في مجموعات الأستيل كما أدت إلى زيادة كفاءة التعديل (Poblere, 1982). وتبين مقالة الباحثين Roffael and Stegmann, 1983 دور المستخلصات الخشبية من الناحيتين التكنولوجية والكيميائية. هذا وتخضع النشارة الخشبية أثناء عمليتي التجفيف و الضغط إلى التحليل الحراري لذلك يعتبر تأثير المعالجة الحرارية على المستخلصات الخشبية ذا أهمية.

هذا وقد وجد الباحث Fengel, 1966 أنه بنتيجة المعاملة الحرارية لخشب السدر على درجة حرارة ما بين ٢٠ وحتى ٢٠٠ درجة مئوية و لمدة ٢٤ ساعة يزداد مستخلص الماء الساخن اعتباره من درجة حرارة ٨٠ مئوية تبلغ نسبة الزيادة ٢% عند درجة حرارة ٩٠ درجة مئوية و ٩.٢% عند درجة حرارة ٢٠٠ درجة مئوية. هذا وقد أثبت الباحثان Hajny and Springer, 1972 لزيادة نسبة مستخلص الماء الساخن و مستخلص الكحول بنزول لدى تجفيف كل من خشب الإسبن وخشب الدوغلاس على درجة حرارة ٥٥ درجة مئوية لمدة ستة أشهر.

هذا وقد وجد الباحث Kollmann, 1939 أن تبخير خشب الدردار أدى إلى تناقص في مستخلص المواد الذوابة في الإيثر مثل الدهون و الراتنج ، و إن هذا التناقص يتعلق بفترة

التبخير . هذا وقد أثبت الباحث Wilke, ١٩٥١ إزدياد مستخلص الماء الساخن و مستخلص الإيثانول نتيجة المعاملة الحرارية لخشب الزان و السيدر .

كما أثبت الباحث Stegmann, ١٩٥٩ إزدياد مستخلص الأسيتون نتيجة تسخين خشب السيدر داخل الأوتوغلاف . أثبت الباحثان Marutzky and Roffael, ١٩٧٧ أن الفورمالدهيد يصدر من نشارة الخشب بتعرضها لدرجة حرارة ٤٠ درجة مئوية كما أن كمية الفورمالدهيد الصادرة تتعلق بدرجة الحرارة وفترة المعالجة الحرارية و للنوع الخشبي Roffael, ١٩٨٢ على الرغم من أن هناك أبحاثاً كثيرة حول تغير المواصفات الكيميائية للنشارة الخشبية نتيجة للمعاملة الحرارية مثل أبحاث : Kollmann ١٩٣٩, Wilke ١٩٥١, Fengel ١٩٦٦, a, b, ١٩٦٧ and ١٩٧٠, Kurschner and Melcerova, ١٩٦٥, a, b, Feist, Hajny and Springer, ١٩٧٣, Poblete, ١٩٨٣.

وقد بحث Hameed, ٢٠٠٠ تغير الخصائص الكيميائية للنشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر نتيجة للمعاملة الحرارية حيث أثبت التالي :

٧-١- تغير درجة الحموضة

يبين الجدول رقم (٦٨) للتغيرات في درجة الحموضة لنشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر نتيجة المعاملة الحرارية حيث يستنتج منها مايلي :

١- إن الاختلافات في درجة الحموضة لمستخلص كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر قبل التجفيف وبعده على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة كانت طفيفة .

٢- إن درجة الحموضة لمستخلص نشارة الخشب العصاري للصنوبر كانت دائماً قبل التجفيف وبعده أقل من درجة الحموضة لمستخلص نشارة الخشب القلبي للصنوبر .

٣- أدت المعاملة الحرارية لنشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر إلى تناقص درجة حموضة مستخلصها .

٤- إن مقدار تناقص درجة الحموضة لمستخلص نشارة الخشب العصاري بنتيجة المعاملة الحرارية لنشارة الخشب العصاري للصنوبر (٣٠.٧٢%) كانت أقل من مقدار تناقص درجة الحموضة لمستخلص نشارة الخشب القلبي نتيجة لنفس المعاملة الحرارية . حيث يعزى هذا التناقص في درجة الحموضة إلى الحموض المتحررة و مجموعات الأسيتيل المشتقة بنتيجة المعاملة الحرارية للخشب و التي تؤدي إلى تشكل حمض الخل (Sandermaun et al. ١٩٧٠).
 إن هذا التناقص في درجة الحموضة يعتبر من الأهمية بمكان في عملية التخرية لنشارة الخشب إذ إن له تأثيراً مقيماً للمادة اللاصقة .

جدول رقم (٦٨) : متوسط قيم درجة الحموضة للمستخلص المالي لنشارة الخشب العصاري و القلبي قبل المعاملة الحرارية و بعد ما على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة

رقم الشجرة	درجة الحموضة pH			
	قبل المعاملة الحرارية		بعد المعاملة الحرارية	
	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي
١	٤.٤٧	٤.٧٢	٤.٣٤	٤.٣٨
٢	٤.٣٥	٤.٦٦	٤.١٧	٤.٢٨
٣	٤.٥٠	٤.٨٧	٤.٣٤	٤.٥٠
٤	٤.٤٠	٤.٦٢	٤.٢٦	٤.٢٦

٧-٢- تغيير كفاءة التعديل القلوية

يظهر الجدول رقم (٦٩) تغيير كفاءة التعديل لكل من مستخلص نشارة الخشب العصاري و القلبي نتيجة لمعالجتها الحرارية . هذا ويستنتج من الجدول مايلي :

- ١- كفاءة التعديل لمستخلص نشارة الخشب العصاري كانت بشكل واضح سواء قبل المعاملة الحرارية أو بعدها أكبر من كفاءة التعديل لمستخلص نشارة الخشب القلبي .
- ٢- ازدياد كفاءة التعديل للمستخلص المائي لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر بعد المعاملة الحرارية على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة .
- ٣- إن متوسط زيادة كفاءة التعديل الناتجة عن المعاملة الحرارية لنشارة الخشب القلبي (٦٤.٣٢%) كانت بوضوح أكبر من كفاءة التعديل لنشارة الخشب العصاري المعاملة بنفس الشروط (٨٨.١٠%) .

جدول رقم (٦٩) : متوسط قيم كفاءة التعديل للمستخلص المائي لنشارة الخشب العصاري و القلبي قبل المعاملة الحرارية و بعدها على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة

رقم الشجرة	كفاءة التعديل ميلي مول NaOH / ١٠٠ غ نشارة جافة			
	قبل المعاملة الحرارية		بعد المعاملة الحرارية	
	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي
١	٣.١٥	١.٩٨	٣.٤٢	٢.٦٠
٢	٣.٦٩	١.٨٤	٤.٠٧	٢.٤٣
٣	٣.٢١	١.٨٠	٣.٦٦	٢.٤١
٤	٣.٣٨	١.٨٩	٣.٧٤	٢.٥٢

٧-٣- تغير محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان

يستخلص الإيثانول سيكلوهكسان المركبات الكارهة للماء مثل الشموع و الدهون و الراتنج من المادة الخشبية كما يستخلص الإيثانول اضافة إلى ذلك المركبات الكربوهيدراتية المتولدة خلال عملية الاستخلاص Kroon, ١٩٦٥ . هذا ويلخص الجدول رقم (٧٠) نتائج تغير محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان لكل من نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر نتيجة المعالجة الحرارية حيث يلاحظ تناقص مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان نتيجة المعاملة الحرارية على درجة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة حيث كان متوسط هذا التناقص لنشارة الخشب العصاري ١٣.٣% بينما لنشارة الخشب القلبي ٨.٤% حيث تتفق هذه النتيجة مع للنتائج المستحصل عليها من قبل الباحث Poblere, ١٩٨٣ في أبحاثه على نشارة اللوغلاس و الميندر . هذا وقد كان محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان لنشارة الخشب القلبي أكبر بأربع مرات من محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان لنشارة الخشب العصاري . هذا ولم تبد الأشجار الأربعة المستخدمة فيما بينها اختلافات واضحة في محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان لنشارة كل من خشبها العصاري و القلبي .

جدول رقم (٧٠) : متوسط قيم محتوى نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر من مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان قبل المعاملة الحرارية و بعد ها على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة

رقم الشجرة	محتوى مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان للنشارة الجافة %			
	قبل المعاملة الحرارية		بعد المعاملة الحرارية	
	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي
١	٣.٥٣	١٤.١١	٢.٨٦	١٣.١
٢	٣.٤٢	١٤.٩١	٣.٠٨	١٣.٦٤
٣	٣.٣٧	١٤.٤٨	٢.٩٧	١٣.٣١
٤	٣.٦٦	١٤.٨١	٣.٢٠	١٣.٣٣

٧-٤- تغير محتوى مستخلص الماء الساخن

يعمل الماء الساخن على استخلاص المستخلصات الخشبية الذوابة في الماء إضافة إلى متعددات السكر القصيرة السلسلة الموجودة في الخشب . لقد أثبت الباحث ١٩٦٦a, Fengel, أنه بنتيجة معاملة الخشب بالماء المغلي تتحلل بقايا الأرابينوز جزئياً و التي هي عبارة عن كسيلان و غالاكتان نصف السللوز المرتبطة فيما بينها بروابط ألفا الغليكوزيدية حيث تظهر هذه المركبات بشكلها البسيط في مستخلص الماء الساخن . هذا ويبين الجدول رقم (٧١) ازدياد محتوى مستخلص الماء الساخن لنشارة كل من الخشب العصاري و القلبي نتيجة للمعاملة الحرارية على درجة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة . تتفق هذه النتيجة مع نتائج أبحاث الباحث ١٩٦٦a, Fengel, إذ تعزى هذه الزيادة إلى التحلل الكربوهيدراتي الحاصل نتيجة المعاملة الحرارية . هذا وقد كان محتوى مستخلص الماء الساخن لنشارة الخشب القلبي قبل المعاملة الحرارية أو بعدها أكبر من محتوى مستخلص الماء الساخن لنشارة الخشب العصاري . بهذا نكون قد أثبتنا أن زيادة مستخلص الماء الساخن نتيجة للمعاملة الحرارية لنشارة الخشب القلبي (٤٥. ٣١%) كان بوضوح أكبر من زيادة مستخلص الماء الساخن لنشارة الخشب العصاري نتيجة للمعاملة الحرارية (٢٧. ٢%) وهذا ما يعزى إلى المحتوى العالي من المستخلصات الخشبية للخشب القلبي مقارنة بالخشب العصاري .

جدول رقم (٧١) : متوسط قيم محتوى نشارة الخشب العصاري و القلبي للصنوبر من مستخلص الماء الساخن قبل للمعاملة الحرارية و بعدها على درجة حرارة 103 ± 2 درجة مئوية لمدة ١٦ ساعة

رقم الشجرة	محتوى مستخلص الماء الساخن لنشارة الجافة %			
	قبل المعاملة الحرارية		بعد المعاملة الحرارية	
	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي	نشارة خشب عصاري	نشارة خشب قلبي
١	٢. ٥١	٣. ٧٢	٣. ١٥	٤. ٨٣
٢	٢. ٦٨	٣. ٧٦	٣. ٤٥	٤. ٩٦
٣	٢. ٣٩	٣. ٥٧	٣. ٠٥	٤. ٧٥
٤	٢. ٦١	٣. ٨٥	٣. ٣١	٥. ٠٥

الفصل الخامس

ديمومة الخشب والمنتجات الخشبية وتدهورها

Durability and deterioration of wood & wood products

I- ديمومة الخشب *Durability of wood*

تملح المستخلصات الخشبية في الخشب القلبي للسنوبر مثل مركب البينوسولفين الخشب مقاومة ضد الفطريات و الحفارات Dietrichs, ١٩٧١a; Lelis, ١٩٩٥; Wolcott, ١٩٥١; Erdtman, ١٩٥٣. كذلك يثبط مركب البينوسولفين موزو ميثيل إيثر عمل بعض الإنزيمات مثل الميلولاز ، كسينالاز و البكتيناز Hart, ١٩٨٩; Lyr, ١٩٦١b; هذا و يملك مركب ستلين تأثيراً سميّاً للفطريات و الحفارات Dix and Roffael, ١٩٩٧. وقد أثبتت ألواح الخشب المضغوط المصنعة من نشارة الخشب القلبي ذي المحتوى العالي من المستخلصات الخشبية ديمومة و مقدرة عالية على البقاء إضافة إلى مقاومتها البيولوجية للفطور والبكتيريا المحللة للخشب «Dix and Roffael, ١٩٩٨» وتحظى المقاومة الحيوية العالية للخشب القلبي للسنوبر إلى وجود مركبي: «Pinosylvin and Pinosylvin monomethyl ether».

وبشكل عام تمنح المستخلصات الخشبية الراتنجية المتواجدة على سطح الألواح الخشبية للأصناف الإبرية مقاومة ضد الفطريات «Johansson, ١٩٩٩». و تكسب مركبات «*Thujaplicin* γ , β , α » لخشب الثويا «*Thuja plicata*» تأثيراً ساماً ضد الفطريات الدعامية وتزيد عمر استخدامه «Rudman, ١٩٦٢».

وتمنح أيضاً المركبات الفيلولية «*Robinetin and Dihydrorobinetin*» خشب الروبينيا «المسكة» مقاومة ضد الفطريات المحللة للخشب «Freudenberg and Hartmann, ١٩٥٣-١٩٥٤».

II- تدهور الخشب و المنتجات الخشبية:

Deterioration of wood and wood products

تؤدي عوامل الوسط البيولوجية كالفطور والأحياء البحرية والحشرات وعوامل الوسط الفيزيائية كالحرارة والجفاف وعوامل التجوية إلى تدهور الخشب والمنتجات الخشبية وفيما يلي استعراض موجز لأهم لهذه العوامل:

١ - الفطور Fungi:

تهاجم الفطور الأخشاب عموماً مسببة تدهور ما decay أو فقدانها للونها Discoloration حيث تحصل الفطور على الطاقة اللازمة لحياتها من تفكيك المواد الكربوهيدراتية ومسن اللغنين الموجود في الخشب حيث تفرز هيفات الفطر أنزيمات تحطم بها هذه المواد وتبسطها إلى وحدات سكرية أصغر تستعمل في الحصول على الطاقة.

وتصنف الفطور التي تهاجم الخشب إلى فطور هدامة Decay وأخرى ملينة Soft-rot للخشب وثالثة ملونة Stain له ورابعة معفنة mold حسب الضرر الذي تسببه. تعمل للفطريات الهدامة على تخرية الخشب أو إضعافه لدرجة يفقد معها كامل صفاته الفيزيائية ويعرف الخشب المتأثر بها بالخشب المتدهور أو العفن Rotten.

تهاجم الفطريات المسببة للتعفن الرخو Soft rot الأخشاب الرطبة ببطء حيث تقتصر ببطء من السطح الخارجي للخشب لدخله. وتعمل الفطريات الملونة التي تسكن الخشب على تلويحه بلون أزرق أو أسود وتسبب تدهوراً في صفاته الشكلية ولا تحدث هذه للفطور أضراراً فيزيائية كبيرة. ويحدث العفن molds على السطوح المعرضة. وقد يلون الخشب إلا أنه لا يؤثر في صفاته مئانته.

تنتمي معظم الفطور الهدامة للخشب إلى صف الفطور البازيدية Basidiomycetes أي الفطور الدعامية Spore-bearing structure وبعض منها ينتمي إلى الأسكوماسيتيس Ascomycetes ومن أكثر الفطور شيوعاً في مهاجمة الأخشاب ومنتجاتها أجلاس Basidiomycetes ومنها Poria, Coniophora, Lentinus, Polyporus, Gleophyllum وتختلف الأنواع ضمن هذه الأجلاس في مهاجمتها الخشب حسب النوع الخشبي ورطوبته ودرجة الحرارة الملائمة لنمو الفطر فبعضها يوجد في خشب البناء وبعضها في الخشب غير المجفف وبعضها الآخر في الركائز والأعمدة الخشبية. ونادراً ما تهاجم الفطور التي توجد في الأخشاب الحية المنتجات

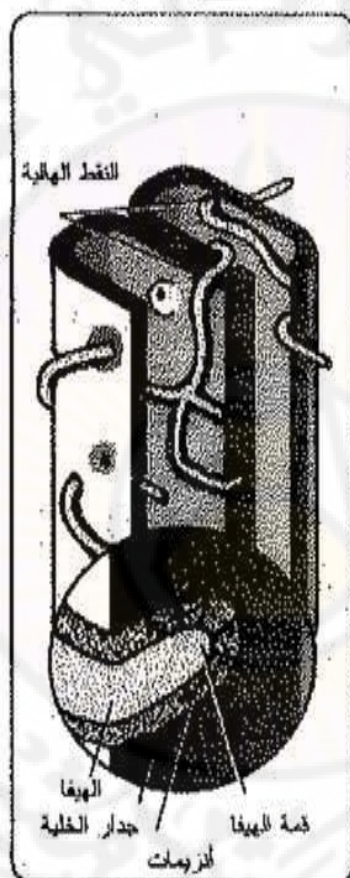
الخشبية على الرغم من أن بعضها يستمر في نشاطه بعد قطع الأشجار خاصة إن لم تجفف السوق.

ويمكن تقسيم الفطور الهدامة للخشب إلى فطور مسببة للعفن البني وأخرى مسببة للعفن الأبيض ، حيث تهاجم الفطور المسببة للعفن البني السللوز ونصف السللوز في الخلايا ولا تؤثر كثيراً في اللغنين ، ويتأثر لون الخشب المهاجم من قبل هذه المجموعة باكتسابه لوناً بنياً أو أحمر وتسبب هذه الفطور تشققات عمودية على الألياف وتتكسر القطع الخشبية المتأثرة عند تجفيفها إلى مكعبات صغيرة ، وقد تهاجم هذه الفطور جميع طبقات جدران الخلايا إلا أن طبقة 2-8 تعد أولى الطبقات المتأثرة بها وقد يستهلك $\frac{2}{3}$ المواد الكيميائية الموجودة في الخشب بهذه الفطور.

تعيش الفطور المسببة للعفن الأبيض على هدم اللغنين والسللوز في الخلايا ويكون لها تأثير طفيف على لون الخشب إلا أنها غالباً ما تكسبه اللون الأبيض ، وتهاجم هذه الفطور المواد الخلوية بدءاً من لمعة الخلية باتجاه جدرانها مسببة هدم الجدران الثانوية للخلايا تدريجياً حيث يصبح الجدار الخلوي المتأثر رقيقاً ، ويميل الخشب المتأثر بها إلى عدم السقلم أو التشقق أو التهدم كما هو الحال في العفن البني ويحافظ الخشب على شكله إلا أنه يصبح إسفنجياً. هذا وتقوم بعض أنواع الفطور بنقل الرطوبة إلى داخل الخشب مخلقة الظروف الملائمة لتهدمه. ومن هذه الفطور أجناس *Serpula*, *poria*.

ولا تسبب الفطور الملونة أو المعفنة تدهم الجدر الخلوية الخشبية بل تنمو إما على سطح الجدر أو في لمعة الخلايا خاصة الخلايا البارانشيمية الشعاعية مسببة تكون الفطر والإقلال من قيمته المظهرية، وتكون هيفات الفطور المسببة للعفن عديمة اللون وبذلك لا تكون الخشب. إلا أن أبواغها تلون السطوح الخشبية ، وتنتمي الفطور الملونة والمعفنة إلى مجموعة الاسكوماسيتيس *Ascomycetes*. وبما أن هذه الفطور لا تدهم جدران الخلية فلا بد أن تعيش على الغذاء الموجود ضمن لمعة الخلايا من سكريات ونشأء ولهذا توجد في الخلايا البارانشيمية الشعاعية في الخشب العصاري وتكون هذه الفطور مشكلة فسي الأخشاب المقطوعة حديثاً حيث نسبة الرطوبة العالية والمحتوى الغذائي المرتفع للخلايا. ويمكن الحد من التلون الأزرق للجذوع المقطوعة أو المنشورة حديثاً بتجفيفها لمنع حدوث تشكل الصبغات في هيفات الفطر التي يمكن أن تنشأ من انتشار أبواغ الفطر. ويمكن معاملة الخشب فور نشره مباشرة في الظروف المساعدة على انتشار الإصابة والعدوى وذلك بغمره أو رشه

بمبيد فطري. ويحدث العفن في المنتجات الخشبية المخزنة تحت ظروف رطوبة جوية عالية حيث تبقى رطوبة سطحه بحدود ٢٠ - ٢٥% لفترة طويلة أو أحياناً على السطوح المطلية ويمكن مزج المبيد الفطري مع الطلاء للحد من هذه المشكلة. وتسبب الفطور المسببة للعفن الرخو تدهماً تدريجياً في الخشب بدءاً من سطحه الخارجي باتجاه الداخل وتكون آثارها بطيئة التطور وغير ظاهرة مقارنة مع الفطور الهدامة أو الملونة وقد ينجم عنها تكسر في الأعمدة والركائز.



الشكل رقم (٩١): نمو هيفات الفطر داخل الخلية الخشبية

بعد انتشار الأبواغ تخترق هيفات الفطر الخشب من أطراف حبيباته أو من قطع فسي الخلايا وتنتشر الهيفات ضمن الخشب من خلية لأخرى عبر النقاط الهالية الموجودة في الجدر الخلوية انظر الشكل رقم ٩١ وتنتج الهيفات مجتمعة (الميسيليوم) أبواغاً تنتش وتغطي هيفات

لتنمو وتخترق الخلايا الخشبية ، ويتهدم المزيد من المواد الخشبية ويفقد معها الخشب جزءاً من متانته ووزنه. وتغطي الأجسام الثمرية Fruting bodies المزيد من الأبواغ التي تكثر بالرياح أو بعوامل أخرى ومن الجدير ذكره أنه لا يوجد وسيلة لمنع وصول الأبواغ إلى المواد الخشبية إلا أنه توجد وسائل لمنع الظروف الملائمة لإنباتها ونموها من التشكل (التخلق) وخاصة منع وصول الرطوبة إلى الخشب.

في الحقيقة هناك فرصة ضعيفة لتدهور الخشب بفعل الفطور ما دامت رطوبته بالقرب من نقطة تشبع الألياف حيث ينمو القليل من الأنواع الفطرية تحت تلك النقطة وينصح غالباً بمعاملة الخشب بمبيدات فطرية أو مواد حافظة عند استخدام الخشب في ظروف رطوبة فوق ٢٠% باستمرار. ولذلك يعمد إلى مراقبة الخشب لمنع رطوبته من الارتفاع لما بعد تلك النقطة عبر تهوية المباني ومنع بخار الماء من الوصول إليها وعبر سد ثغور الخشب بالعلاء.

هذا ولا تقتصر الظروف المواتية لنمو الفطور في الخشب على الرطوبة فحسب بل هناك عدة شروط إلا أن السيطرة عليها تبقى خفيفة. هذا ومن المعلوم أن نمو الفطور يكسب سريعاً بدرجة حرارة من ٧٠ - ٩٠ ف ويتوقف نموها دون الصفر المئوي وكذلك نحو درجة ١٠٠ ف ولا تموت الفطور دون درجة الصفر بل تصبح سباتية وتموت بدرجات حرارة عالية وتجفيف للخشب بالفرن يعمل على خفض رطوبته وقتل الفطور معاً. وتحتاج الفطور إلى أكسجين وتنمو بكميات دون المتوفرة في الهواء الجوي. ويلجأ أحياناً إلى بخ الأخشاب المخزنة في المخازن بالماء لرفع نسبة الرطوبة ومنع نشاط نمو الفطور لقلية الأوكسجين المتوفر وكذلك لا يتوفر الأكسجين للفطور لغزو الأخشاب المغموسة في الماء الرائدة أو التربة إلا أن الأخشاب المغمورة في المياه قد تتعرض لفعل البكتريا اللاهوائية التي تدمر بناء النقط الهائية وتزيد من نفاذية الخشب. يعد رقم pH من ٤ - ٦ ملائماً لنمو الفطور.

منع تدهور الخشب بالفطور Preventing wood decay with fungi:

يوجد ثلاث طرق للحد من تدهور الخشب وهي:

١ - تجفيف الخشب وإبقاؤه جافاً رطوبة أقل من ٢٠%.

- ٢ - استعمال المواد الحافظة للخشب والسامة للفطور إن لم يكن بالإمكان حفظ الخشب دون رطوبة ٢٠% وفي هذه الحالة يعامل الخشب ومشتقاته.
- ٣ - استعمال أخشاب مقاومة طبيعياً لفعل الأحياء الدقيقة وخاصة أخشاب القلب لبعض الأنواع كالأرز مثلاً وتعتمد مقاومة أخشاب الأنواع لأثر الفطور على كمية المواد السامة وطبيعتها حيث تختلف الكمية حسب النوع والعمر ومكان وجودها في الشجرة ومعدل نموها.

معاملة الأخشاب بالحافظات :Preservative Treatments

يجب أن تتمتع المادة الحافظة المستعملة بما يلي:

- ١ - سموميتها لمعظم فطريات الخشب.
- ٢ - إدامتها (قلة تطايرها ومقاومتها للرشح وثباتها الكيميائي).
- ٣ - مقدرتها على اختراق الخشب والنفاذ فيه بسهولة.
- ٤ - ألا تسبب صدمة للمعادن وضراً للخشب.
- ٥ - سلامة استعمالها.
- ٦ - اقتصاديتها.

يستعمل حالياً مواد حافظة ذوابة في الزيت وأخرى ذوابة في الماء ، ويفضل استعمال المواد الكيميائية الذوابة في الزيت في المناطق الرطبة جداً وسليبتة أنه يجعل سطح الخشب زيتياً يصعب طلاؤه إلا أنه يمكن استعمال مواد كيميائية متطايرة يدهن بها الخشب ثم يطلى بعد تطاير حامل هذه المواد. وتتصف الكيماويات الذوابة في الماء بسهولة استعمالها ونظافتها وعدم رائحتها ، ومن الضروري تجفيف الخشب بعد معاملته بهذه الكيماويات لإتفاص نسبة رطوبته بعد استعمال الماء على أنه حامل لها وإن لم يحدث ذلك سينكمش الخشب عند استعماله كما لو كان أخضر . ومن أهم المواد الزيتية المستعملة فحم القار (الكريوزوت) ومحاليل الكريوزوت والفحم والقار والمحاليل البترولية الكريوزيتية والبنساكلوروفيلول (pcp) المنحل في الزيت ونفثالينات النحاس وpcp في محاليل عضوية خفيفة كارهة للماء ويجب التذكر هنا أنه لا قيمة للزيت نفسه باعتباره مادة مقاومة للفطور بل باعتباره حاسماً للمواد الفعالة فقط.

وتشمل المواد الحافظة المحلّة في الماء أمونيا النحاس الأرسينية (ACA) كرومات النحاس الحامضية (ACC) كرومات الزنك المكلورة (CZC) أرسينات النحاس المكلورة

(CCA) ويعتمد تأثير المواد الحافظة عموماً على سميتها ومدى اختراقها للخشب والكمية المتبقية منها في الخشب المعامل بها ، وتشمل عموماً المعاملات بها معاملات تحت الضغط حيث يوضع الخشب المراد معاملة في أوعية ويضاف السائل الحافظ ويطبق الضغط لمدة معينة ويستعمل السائل تحت درجة حرارة مرتفعة لتسهيل نفاذه ضمن الخشب ، وقد يسحب الهواء بشفافات قبل استعمال السائل الحافظ لإزالة الهواء من لمعة الخلايا. وتتبع طريقتا ملء الخلايا وعدم ملئها حيث تستمر العملية لوصول السائل الحافظ إلى لمعة الخلايا وترك جزء منه فيها ، بينما يسحب السائل المعامل بالطريقة الثانية بعد وصوله إلى لمعة الخلايا.

وتستعمل طرق النقع أيضاً في معاملة الأخشاب حيث تلقى الأخشاب ضمن أحواض أو تترك ولقفة ضمنها وينفذ السائل بالانتشار من جزء لآخر. وقد تجرح أو تشقق الجذوع الخشبية (٢,٥سم) في الأنواع صعبة نفاذ السوائل فيها لتسهيل نفاذ السوائل ضمنها. ويصعب معاملة خشب القلب في معظم الأنواع مقارنة بخشب المحيط (الخشب العصاري).

٢ - الحفارات البحرية Marine borers:

يتعرض الخشب المغموس في مياه البحار والمياه المالحة عموماً إلى الضرر بفعل الحفارات البحرية ويدخل ضمن هذا المفهوم الركائز الخشبية والأعمدة والقوارب. وتضم الأنواع التي تهاجم الخشب في المياه المالحة ديدان السفن وتنتمي لأنواع Bankia, Teredo والمجموعة الثانية تضم الفولاد Pholads وبشكل رئيس Martesia وتنتمي إلى مجموعات المحار Calms, oysters وتضم المجموعة الثالثة القشريات Crustaceans وأهمها أنواع Limnoria, Sphaeroma, Chelura وتنتمي إلى Crayfish.

تلتصق هذه الأحياء بالسطوح الخشبية صانعة أنفاقاً ضمن الأخشاب وتتسع الأنفاق بمرور هذه الأحياء ولموها ويصعب عموماً مكافحة هذه الآفات وتعالج عموماً الأعمدة المستعملة في هذه المواقع بالكريوزوت وغيرها.

٣ - الحشرات Insects:

يتعرض الخشب لهجوم العديد من أنواع الحشرات كالنمل الأبيض والخنافس وبعض أنواع النمل والنحل وتسبب الخنافس والنمل الأبيض بخسائر كبيرة في مختلف أنحاء العالم

وتعيش جماعات النمل الأبيض في ممالك تحت الأرض Subterranean termites عموماً حيث تضم مملكتها شغالات وملكات وجنوداً وتهاجم هذه الأحياء الخشب من قاعدته فسي التسراب، وعبر أنفاق غير مرئية وتستعمل الخشب باعتباره ملجأ ومادة للحصول على السيللوز، وتكمن الصعوبة في مكافحة هذه الآفات في عدم رؤيتها حتى تتمكن جماعاتها من الخشب إذ لا تتعرض نهائياً للجدران الخارجية له ويهاجم النمل الأبيض Termites الخشب الجيد إلا أنه يفضل الخشب الذي تعرض لغزو الفطور وتحصل هذه الأحياء على الرطوبة من الأرض.

يجب أن تؤخذ جماعات النمل الأبيض بعين الاعتبار عند غرس أعمدة خشبية أو إنشاء منشآت خشبية ويحد من مهاجمتها وأضرارها بالعناية بالأساسات المستعملة في إنشاء المباني الخشبية. بهدف منع النمل من الوصول إلى الخشب دون رؤيته. ويمكن رش مبيدات ضده في التربة المجاورة. أو تعالج أحياناً منتجات الأخشاب المستعملة في بناء ضد الحشرات بمواد كيميائية في المناطق ذات الأخطار الكبيرة كالمناطق الاستوائية، وهي نفسها المبيدات ذات الفعالية ضد الفطور.

ويدخل نمل الخشب الجاف Dry wood termites الخشب من أي مكان فوق سطح الأرض من الهواء وتعيش ضمنه بنسبة رطوبة من ٥ - ٦% ولا بد من منع هذه الأحياء من ملامستها للخشب لمنع أضرارها.

وتهاجم بعض أنواع الخنافس الملتجاة الخشبية حيث يلاحظ وجودها من خلال فتحات صغيرة مليئة بالنشارة وعادة تدخل المنتجات التي تعرضت لهجومها بالغازات السامة.

٤ - الحرارة والحرائق Heat and fire:

تتهدم المكونات الخلوية الخشبية عند ارتفاع درجة الحرارة عن مئة مئوية ويحدث الهدم ببطء شديد بين درجتَي حرارة ١٠٠ - ٢٠٠ مئوية حيث يتطاير بخار الماء و CO_2 ويتهدم الخشب حرارياً بغياب الأكسجين ويتمزج الهدم بدرجة فوق ٢٠٠ مئوية ويتسارع بشدة بين ٢٦٠ - ٣٥٠ مئوية حيث تتطلق الغازات القابلة للاشتعال عند هذه الحرارة حيث تشتعل هذه الغازات بوجود الأكسجين من مصدر لهب أو تلقائياً إذا ارتفعت

درجة حرارتها كثيراً وتستمر الحرائق بالاشتعال فوق 270° م حيث تفوق كمية الحرارة المتولدة الحرارة المطلوبة لتوفير للغازات.

ويمكن حماية المنتجات الخشبية من الحرائق في الأماكن المعرضة لها بطلائها بالجبس على أنها مواد عازلة للحرارة وبمعاملتها بمواد تسوخر أو مقاومة للحرائق Fire Retardant باستعمال كيمياويات مؤلفة أساساً من أملاح للإقلال من درجة استعداد هذه المنتجات للاشتعال ومن هذه الأملاح كلوريد الزنك، سلفات الأمونيوم وثلاثي فوسفات الأمونيوم وحمض البوريك ، وتستخدم الأخشاب للمعالجة بهذه المواد داخلياً منعاً لرشح هذه الأملاح منها.

وزيادة تركيز هذه الأملاح يجعل الخشب أكثر إمكانية لامتصاص الرطوبة وبعد هماماً عندما تتجاوز الرطوبة 65%.

٥ - التجوية Weathering :

يتعرض الخشب الموجود خارجاً لعوامل البيئة حيث يَدهور سطحه ويخشوشن ويتشقق ويعرف ذلك الأكثر بعامل التجوية حيث يتحول لونه إلى رمادي أو فضي حسب الأنواع وتتهدم خلايا سطح الخشب وتجرّف ولا تعد التجوية ذات أهمية إلا من حيث تأثيرها في مظهر السطوح الخشبية ، ويشارك في عمليات التجوية الماء والحرارة والرياح ويمكن حماية السطوح الخشبية بطلائها بمواد عازلة أو بالدهانات.



الفصل السادس

التربية والتنمية وجودة الخشب

Silvicultural Practices and Wood quality

تؤثر عمليات التربية و التنمية في الخشب الناتج وكميته ونوعيته، إذ تهدف هذه العمليات إلى زيادة وثيرة النمو عبر توفير المزيد من المساحة الغذائية للأشجار وكذلك توفير الضوء الكافي وذلك بعمليات التقريد أو إضافة الأسمدة والرعي وعمليات التحسين الوراثي.

١ - قياس جودة الخشب Measures of wood quality:

الجودة هي مقياس لصفات الخشب التي تؤثر في صفات المنتجات المصنعة منه ونقاس الجودة إما بالكثافة density أو تجانس حلقات النمو ونسبة الخشب الخالي من العقد أو نسبة الخشب النهائي إلى البدائي (الربيع) أو غلة السللور أو نسبة الألياف إلى الأوعية ، ويؤثر العديد من العوامل كالكثافة وتجانس حلقات النمو وطول الألياف ونسبة الخشب الخالي من العقد واستقامة الألياف ونسبة خشب القلب فيه ونسبة الأوعية ودرجة وجود الخشب الليناف (الفتي) والخشب المفعل في صلاحية الخشب للاستعمال.

أ - الكثافة Density:

تعد الكثافة معياراً لمتانة الخشب والعلاقة مباشرة بين المتانة والكثافة ، وتستعمل الأخشاب عالية الكثافة في الأعمال الإنشائية ، وتستعمل الأنواع قليلة أو متوسطة الكثافة في أعمال الخشب المنشور حيث تكون ثباتية الأنواع أبعداً أكثر أهمية من متانتها.

هذا وتجدر الإشارة إلى أن كثافة خشب النوع الواحد تختلف ضمن مواقع انتشاره ، وبذلك فإن أية عملية حراجية تزيد من كثافة النوع تعمل على استغلاله في الأعمال الإنشائية التي تتطلب متانة عالية.

وتفضل عموماً الأخشاب متوسطة إلى قليلة الكثافة في صناعة الورق وعجينة الورق على الأنواع ذات الكثافة العالية ، علماً أن الأنواع ذات الكثافة العالية تعطي غلة أكبر من العجينة لحجم ما من الخشب ، وبالتالي يواجه الحراجي بأهداف مختلفة من حيث زراعته

أنواع ذات كثافة منخفضة كالتنوب والاسبن بهدف تعظيم كل من الحجم بوحدة المساحة وكثافة الخشب.

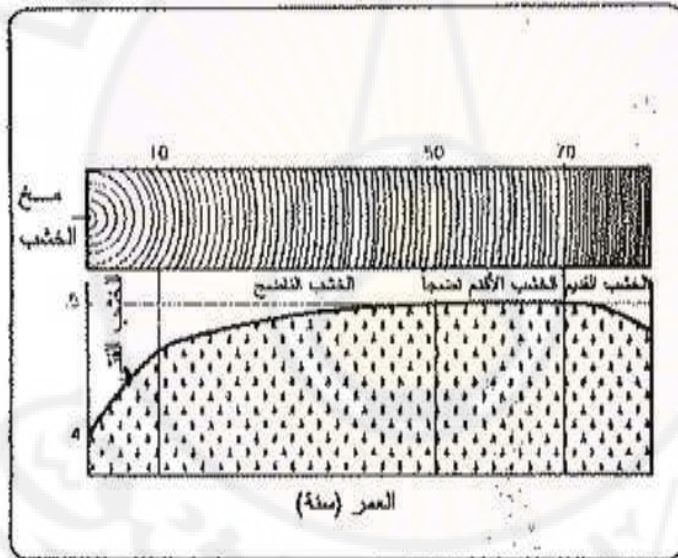
تؤثر وكثرة النمو في كثافة الخشب ، وهذا صحيح بشكل خاص في عريضيات الأوراق ذات الخشب الحزمي ring ونصف الحزمي الذي تزداد متالته وكثافته بزيادة وتيرة النمو بغض النظر عن نوعية الخشب سواء أكان حزمياً أو نصف حزمي ، يبقى عرض الخشب الربيعي في حلقة النمو ثابتاً نسبياً وبالتالي فإن إبطاء النمو في هذه الأنواع يؤدي إلى تقارب الأوعية ذات الأقطار الكبيرة في حلقات النمو المتتالية ، ويعمل إبطاء النمو في هذه الأخشاب على إضعاف تشكل الألياف ذات الجدران السميكة وتشكل الأوعية ذات الأقطار الصغيرة وضمن حدود كلما زاد نمو الأنواع ذات الأخشاب الحزمية كلما كانت أكثر كثافة وبالتالي أكثر متانة ، لأن زيادة النمو بشكل كبير قد يؤدي إلى تشكل ألياف دقيقة الجدران أو إلى كثرة الخلايا البارانشيمية وبشكل عام تتشكل الكثافة العظمى في هذه الأخشاب عندما يكون عدد حلقات النمو في السنتيمتر الواحد نحو ٢,٥ - ٤.

تغطي المخروطيات ذات حلقات النمو المميزة خشباً يتصف بتناوب خشب الربيع والصيف بصورة مميزة ويتصف الخشب الصيفي في هذه الأنواع بسماكة الجدران وصغر قطر خلاياه مقارنة بالخشب الربيعي ويكون الانتقال بين الخشبين واضحاً ومميزاً ومفاجئاً. وبشكل عام يمكن القول تتناقص كثافة هذه الأخشاب بزيادة وتيرة نموها بسبب أن نسبة الخشب النهائي تبقى ثابتة نسبياً في الحلقة الواحدة من حيث العرض على الرغم من اختلاف معدل النمو على الرغم من التسليم بهذه العلاقة العكسية بين سرعة النمو والكثافة فقد أوضح أحد الباحثين أن هذه العلاقة تتعلق بالعمر وليس بمعدل النمو ويوضح ذلك الشكل رقم (٦٣) حيث يلاحظ تسارع الكثافة ازدياداً ضمن الخشب الفتي مع تقدم الشجرة بالعمر ويتباطأ معدل التسارع بشكل تدريجي ضمن الخشب الناضج إلى أن تثبت على معدل منع الاقتراب من مرحلة الشيخوخة لتتناقص مع نهاية عمر الشجرة. وقد لوحظت هذه العلاقة في العديد من الأنواع الخشبية منتشرة الأوعية وبمعنى آخر لو قيست الكثافة بعدد حلقات النمو في أشجار النوع الصنوبري سريع النمو وأخرى بطيئة النمو لوجد نفس الكثافة لكن عند مقارنة الأقطار يهمل العمر وهو هام جداً في هذا الموضوع.

ب - التجانس في حلقات النمو Uniformity:

يؤثر تجانس معدل النمو خلال السنين في الاختلاف في بنية الخشب وكثافته ضمن حلقات النمو المختلفة وبينها، وبعد الاختلاف في وتيرة النمو للنوع من المشاكل الرئيسة في جودة الخشب وصلاحيته للاستعمال. فمثلاً قد يؤدي عدم التجانس في الخشب الكثيف في فقد في غلة العجينة بسبب زيادة أو نقصان طبخ مختلف الأجزاء الخشبية المستعملة وبذلك تختلف مواصفات الورق الناتج من حيث المتانة وجودة السطح، ويصعب ضبط هذه الصفات علماً بأنه يمكن ضبط هذه المواصفات حال استخدام مواد متجانسة حلقات النمو.

وتتأثر صفات الخشب الطلانية في حال كونه غير متجانس (Within ring density variation) حيث يتقشر الطلاء Flake off بعد مدة من طلائه حيث يستقلص الخشب العالي الكثافة ويتفخ أكثر من الخشب قليل الكثافة مما يدفع بالطلاء للحركة وبالتالي التقشر.



شكل رقم (٦٣): العلاقة بين عمر الشجرة والوزن النوعي لخشبها.

ويصعب كذلك نشر وشغل الخشب وتدعيم سطحه بسبب اختلاف قساوة الخشب الربيعي عن الصيفي إضافة للاختلاف في القساوة ضمن الحلقة الواحدة للنمو بسبب الاختلاف بين الحلقات مشاكل في تصنيع الخشب لأعمال النجارة وكذلك المشاكل الناجمة عن وجود الخشب الغني ونسبته، ويحدد معدل النمو درجة التجانس بين الحلقات وضمن الحلقة الواحدة

من حيث بناء الخشب إضافة إلى ظروف النمو نفسها ولذلك لابد من إجراء عمليات التربية والتمتية آخذين بعين الاعتبار تجانس وكثافة الخشب الناتج.

جـ - نسبة خشب القلب : Proportion of heartwood

يعد خشب القلب أكثر متانة ومقاوماً للتدهور بفعل الفطور والحشرات مقارنة بخشب المحيط ، ويعد خشب القلب أقل نفوذية للمواد الحافظة أيضاً وتؤثر هذه الصفة (المقاومة للحشرات والفطور) في استخدام الخشب في المناطق التي تعد الآفات مشكلة كبيرة فيها (تحد من استعمال الخشب) وقد يؤثر عدم تطور خشب القلب على نوعية الاستعمال كما في حالة عدم وضوح خشب الجوز والكرز وغيرها من الأخشاب. لذلك يجب تجنب دورات القطع القصيرة وسرعة النمو عندما يراد الحصول على أكبر كمية من خشب القلب القاسي في الأنواع المطلوبة (والمرغوبة لخشب قلبها).

د - طول الألياف : Fiber length

لطول الألياف أثر كبير في العديد من خواص العجينة الورقية والورق الناتج عنها ومن هذه الخواص المقاومة للتمزق والشد واللي والاختراق ويحدد بشكل عام الألياف الطويلة في صناعة الورق. وتؤثر عمليات تسريع النمو (تسميد، ري) ودورة القطع في طول الألياف في الساق ويؤثر طول دورة القطع في صفات الألياف من حيث نسبة الخشب النافع حيث تكون أليافه قصيرة وكلما قصرت دورة القطع كانت نسبة الخشب النافع كبيرة وتقل هذه النسبة بزيادة قطر الأشجار وبالتالي قلت نسبة الألياف القصيرة. وثانياً تستمر بداءات الفيوزيوم في الكامبيوم في النمو طويلاً لعدة سنوات ويعني ذلك طول الألياف الناتجة من هذه الخلايا مع تقدمها في العمر. ويمكن زيادة طول الألياف بالتحسين الوراثي للأصناف ، وتؤثر عمليات التسميد والري بصورة مختلفة في طول الألياف في كل من المخروطيات وعريضات الأوراق . فقد أوضح العديد من الأبحاث أن الزراعة المكثفة تؤدي إلى قصر الألياف في الصنوبريات بعكس عريضات الأوراق حيث تطول أليافها بتكثيف زراعتها.

هـ - وجود الخشب الفتى وخشب زد الفعل:

Occurrence of juvenile wood and Reaction wood:

تتعلق نسبة الخشب الفتى في سوق الأشجار الفتية بمعدل نمو هذه الأشجار فالأشجار التي تنمو بوتيرة مرتفعة في مراحل تطورها الأولى تحوي نسبة كبيرة من

الخشب الفتى مقارنة بالأشجار التي تنمو ببطء في بداية عمرها. (بداية دورة القطع). ويزداد امتداد هذا الخشب الفتى بتحفيز نمو الأشجار في تلك المراحل ، وبذلك لا بد من توقيت عملية التربية والتنمية في الموعد المناسب عندما يراد الحد من كمية الخشب الفتى في سوق الأشجار.

وكذلك تزيد سرعة النمو في المراحل الأولى من عمر الأشجار نسبة للخشب الفتى والخشب للمفعل دون أن يحدث ميلاً في الأشجار (أي العلاقة مباشرة بين سرعة النمو في المراحل الأولى ونسبة الخشب المفعل).

و - التركيب (البناء) الخلوي Cellular Composition:

يعد التركيب الخلوي هاماً في صناعة الورق حيث نسبة عناصر الأوعية والألياف والأشعة فتتمثل الأشعة والأوعية المفقدة خلال عملية التصنيع (مستورات البذور) وتسبب الأوعية الباقية صعوبة من حيث السيطرة على سطح الورق وجودته فلا يساعد شكل الأوعية على تشكيل روابط بينية متينة ، ويتبين ذلك عند الكتابة على الورق حيث تتفقت الأوعية من المسطح على شكل شعيرات رقيقة وبذلك فإن زيادة نسبة الأوعية في الخشب من خلال عمليات التربية والتنمية لا يحد في صناعة عجينة الورق (هذا في بعض الأنواع) إلا أنه بشكل عام وجد أن عمليات التسميد والري لا تزيد من نسبة هذه العناصر بل يتحكم بها عوامل وراثية وبشكل عام تتميز الأنواع ذات معدل النمو السريع بعدد أقل من الأوعية إلا أن أقطار هذه الأوعية يكون كبيراً.

ز - العقد Knots:

تشكل العقد مشكلة كبيرة في صناعات الرقائق الخشبية والألواح الخشبية وتخفض من جودة وقيمة الخشب إلى حد كبير كما وتخفض من مثاقته ، ويعمل على فرز الجذوع الخشبية إلى هذه الصناعات مدى وجود العقد.

وعلى الرغم من إنتاج جميع الأشجار لأغصان وبالتالي لعقد فإنه بالإمكان إلى حد كبير التقليل من تطور هذه الأغصان وبالتالي السيطرة على وجود العقد كماً وحجماً وذلك عن طريق التحكم بالمسافات البينية وقت الزراعة وتوقيت عمليات التقريد ومعاملات تحفيز النمو والتقليم وكذلك عمليات التحسين والوراثي التي تعود إلى تطوير أصناف ذات أغصان قليلة.

ويعتقد البعض أن زيادة نسبة العقد في الخشب يمكن أن تعوض بزيادة كثافته ويعتقد الكثير من الباحثين أنه من الأفضل والأجدي السيطرة على جودة الخشب من خلال عمليات التربية والتحصين على الجزء السفلي من الجذع وصرف النظر عن القسم العلوي لكثرة تكاليفه وذلك عند أخذ هذه الجذوع لأعمال الدجارة. وهي فكرة معقولة وغير مكلفة لقرب الأول من الأرض.

ح - اتجاه الألياف Grain orientation:

إن انحراف اتجاه الألياف عن محور الساق يؤدي إلى نقص في متانة المنتجات الخشبية الناتجة عن مثل هذه الجذوع ويؤثر الانحراف في اتجاه الألياف على إمكانية نشر الخشب وشغله ومدى انكماشه وانفخاضه ، لذلك يتجنب استعمال مثل هذه الأخشاب في أعمال الدجارة. وقد أوضح بعض الباحثين العلاقة بين ظروف النمو وظهور الألياف الملتفة أو غير الطبيعية ومن الملاحظ أن عمليات التربية المكثفة وعمليات الري بشكل خاص تقللان من تطور هذه الصفة وظهورها ويعتقد أيضاً أن التقليم المبكر يعمل على كبت تطور هذه الحالة.

ك - التركيب الكيميائي Chemical Composition:

تؤثر نسب المكونات الكيميائية للخشب من سللوز ونصف سللوز ولغنين ومسود مستخلصة أخرى في غلة عجينة الورق كما ويتأثر الاستهلاك من المواد الكيميائية في عمليات الطبخ وبشكل عام يفضل أن يحوي الخشب على محتوى عال من السللوز مترافقاً مع محتوى منخفض من اللغنين والمواد المستخلصة الأخرى.

وحيث إن التسارع في النمو في المراحل الأولى يؤثر في صفات الخشب الفتي في الساق من حيث احتوائه على سللوز أقل ولغنين أعلى مقارنة بالخشب الناضج وبالتالي فإن زيادة وتيرة النمو في المراحل الأولى من دورة القطع تؤدي إلى ازدياد نسبة الخشب الفتي في الساق وبالتالي قلة السللوز وزيادة في اللغنين ولا يعرف بالضبط أثر التسارع في النمو بعد مرحلة اليفاع في صفات الخشب الكيميائية.

النمو وجودة الخشب Growth Manipulation and wood quality:

تحدد المسافات البيئية ظروف النمو وتحدد من أثره وتؤثر بالتالي في صفات الخشب وتتنافس الغراس أولاً مع الأعشاب ومع بعضها بعضاً للوصول إلى مرحلة الشباب حيث تشتد المنافسة على الماء والغذاء والضوء ويتباطأ النمو قليلاً لشدة المنافسة ومع ذلك تأخذ

المجموعة الحراجية في التمايز إلى طبقات مما يحسن من ظروف نمو الطبقات العليا في المجموعة وتزداد وتيرة نموها. وهنا يكمن دور الحراجي في توجيه النمو وإجراء مختلف العمليات التي من شأنها زيادة وتيرته للحصول على أكبر ناتج خشبي عبر مجموعة عمليات سنستعرض آثارها على جودة وقيمة الخشب فيما يلي:

١ - تنظيم المسافات البيئية عند الغرس Spacing Trees at planting time

بشكل عام تنمو الأشجار ذات المسافات الكبيرة بسرعة أكبر من تلك ذات المسافات المتقاربة في حال وجود عوامل محددة كالماء والغذاء والضوء ، ومن السهل تصوركم للمسافات بين الأشجار من أهمية في كثافة الخشب وبالتالي متانته. إذاً بزيادة المسافات البيئية يزداد معدل نمو الأشجار وتكبر كثافة خشب الأشجار ذات الأغصان الحزمية وتزداد متانة أخشابها إلا أنه ليس من الواضح مدى تأثير المسافة البيئية في كثافة المخروطيات ذات الخشب النهائي المميز. إلا أنه يمكن القول : إن زيادة المسافة البيئية بين الأشجار يعمل على تسريع النمو وزيادة نسبة الخشب الفني ذي الكثافة المنخفضة في الساق مما يخفض من متوسط كثافة الساق (John et al., ٢٠٠٣) . تزداد نسبة العقد في الخشب بزيادة المسافات البيئية بين الأشجار ويزداد حجمها مقارنة فيما لو كانت المسافة أقل (ازدحاماً) وذلك لأن وفرة الضوء تعمل على استمرار وجود الأغصان السفلى وكبر هذه الأغصان قطراً مما يؤدي إلى تشكل عقد كبيرة الحجم. وهنا يفضل استعمال أخشاب المجموعات الحرجية الكثيفة في أعمال النجارة وتستغل المفتوحة في أعمال أخرى.

ويكون عموماً الساق في المجموعات الحرجية المفتوحة أكثر استكشافاً من تلك النامية في مجموعات كثيفة حيث تنتج الأكسينات في قمم البراعم المنفخعة وتوجه لأسفل الساق محفزة الكامبيوم خلال مسارها وقد يحفز نمو الكامبيوم بنحو ٣ أسابيع في قمة الأشجار المخروطية عن أجزائها السفلية، ثم يتوقف النمو بنفس الوقت تقريباً في كامل طول الساق وبذلك ففي الأشجار الطويلة ذات الأغصان المحفزة فقط في الأعلى (مجموعة حرجية كثيفة) يضاف نمو سنوي في القمة أكثر من الأسفل مما ينتج عنه ساق أكثر شبهاً بالأسطوانة من حيث القطر. يمكن أشجار المجموعات الحرجية المفتوحة حيث تحافظ بأغصانها كاملة على طول الساق ويعني ذلك تباطؤاً زمنياً بين بداية النمو القطري في التاج

وذلك في أسفل الساق مما يشجع تطور الاستدقاق. وبشكل عام تفضل الجذوع ذات الشكل الأسطواني على المستدير في صناعة الخشب المنشور.

والخلاصة : تعمل زيادة المسافات بين الأشجار على زيادة نسبة الخشب الفتي في الساق، وكثرة العقد وكبرها وزيادة في استدقاق سوق الأشجار مقارنة مع المجموعات الحرجية الكثيفة ، وعند زراعة الأشجار للحصول على أخشاب منشورة لابد من إدارة المجموعة لإبطاء نموها أولاً لمدة ٥ - ١٠ سنوات ثم أخذ الإجراءات لتسريع النمو فيما بعد.

٢ - التفريد Thinning:

يعمل التفريد على زيادة المساحة الغذائية والمساحة الفضائية المتوفرة للشجرة ويترجم ذلك إلى زيادة في عرض حلقات النمو في الساق لهذه الأشجار بعد خف جوارها. ويعمل الخف على زيادة كمية الخشب والاستفادة القصوى من كامل أشجار المجموعة الحرجية ، وقد يؤثر التفريد سلباً في بعض الصفات الخشبية ويمكن الحد من هذا التأثير بتوقيت عملية التفريد فإذا أجري التفريد في وقت مبكر من عمر المجموعة الحرجية كان له نفس أثر الزراعة المتباعدة حيث يؤدي إلى كبر نسبة الخشب الفتي في الساق عبر زيادة عرض حلقاته ويؤدي التفريد المبكر إلى زيادة طول فترة تشكل الخشب اليافع ويزيد من المنطقة الانتقالية بين الخشب الفتي والناضج وبالطبع بزيادة نسبة الخشب الفتي في الساق تنخفض كثافة الساق الخشبية ومثاقنه وتقتصر أليافه ويتمتع الساق بانكماش محوري عند التجفيف وتزداد نسبة اللغزين فيه. والتأخير في عمليات الخف يؤدي إلى تجنب هذه المشاكل. ويؤدي التفريد إلى تشجيع نمو الأغصان الموجودة وتحفيز تطور أخرى لم تكن موجودة مما يزيد من وجود العقد في الساق ويزيد من انبراء الساق.

ويعمل التفريد على زيادة نسبة حدوث الخشب المضغوط في الأشجار وخاصة في السوق المائلة التي تميل بعد الخف عما قبله. وتؤثر الظروف المحلية في تطور أثر التفريد في نوعية الخشب فمثلاً الخف في مناطق للرياح الشديدة أو في المنحدرات المحيطة يؤدي إلى تطور تيجان غير متناظرة مما يسبب انحرافاً في الوضع الشاقولي لسوقها. وبالتالي تطور الخشب المنضغط في سوق هذه الأشجار وظهوره (vgl. John et al., ٢٠٠٣).

ويؤثر الخف في نسبة الخشب الإنتهائي في حلقات النمو اللاحقة ودرجة التأثير هذه مرتبطة بالعمر وتاريخ المجموعة الحرجية وشدة التفريد نفسه. فخف مجموعة حرجية كثيفة مخروطية ذات حلقات نمو مميزة يؤدي إلى زيادة في نسبة الخشب الإنتهائي وبالتالي زيادة

في الكثافة ولو بالمقابل كانت الاستجابة قليلة للخف سيكون هناك ضعف قليل في الوزن النوعي بسبب زيادة نسبة الخشب الصيفي مع تقدم الشجرة بالعمر ويزداد الوزن النوعي بنسبة ١% نتيجة للخف مقارنة مع الخشب الناتج عن المجموعات الحرجية الكثيفة حيث بلغ عمر المجموعة الحرجية ٥٠ - ٦٥ عاماً ونفذ الخف بعمر ٣٠ عاماً. وفي الخلاصة ينصح بعدم الخف لحين انتهاء فترة تشكل الخشب الفني للإقلال قدر الإمكان من تشكل العقد مع ملاحظة عدم تأخير الخف لزمّن تصبح معه استجابة المجموعة الحرجية قليلة له.

٣ - التسميد والري : Fertilization and Irrigation

تأثير التسميد والري في جودة الخشب : Effects of fertilization and Irrigation

يشبه التأثير في الخشب نتيجة التسميد والري ذلك الأكثر المتولد عن الأعمال التي من شأنها زيادة وتيرة النمو فمثلاً سرعة النمو تعني زيادة الكثافة في الأخشاب الحزمية وآثار مختلفة أخرى في مختلف أنواع الخشب الأخرى. وقد بينت الأبحاث المختلفة أن تسميد الصنوبر *P. taeda* بمعدل ١٧٩ كغ N، ٩٠ كغ P، ٩٠ كغ K (في الهكتار) أدى إلى انخفاض الوزن النوعي للخشب من ٠,٤٨ إلى ٠,٣٩، كما أدى إلى انخفاض في نسبة الخشب النهائي من ٤٧ إلى ٣٦% ويعادل هذا الانخفاض في الوزن النوعي (٢٠%) إلى نقص في ألياف الخشب مقداره ٩٠ كغ/م^٣ من الخشب الصلب. وقد أدت هذه الإضافات إلى زيادة وتيرة النمو بمعدل ٥٠% مما يعوض هذا النقص في الكثافة. هذا ويعمل التسميد على زيادة وتيرة النمو دون الإضرار بالكثافة وذلك في الأخشاب التي لا زالت في مرحلة اليافع. ويؤدي التسميد إلى حدوث تجانس في الكثافة ضمن حلقة النمو الواحدة رغم تأثيره العام في إنقاص الكثافة. ويستمر تأثير التسميد لفترة بسيطة بعد وضعه من ٣ - ٥ سنوات تعود بعدها مواصفات الخشب لسابق عهدها. وفي الواقع هناك اختلاف في الرأي في أثر التسميد في طول تراكيدات المخروطيات حيث لاحظ بعضهم زيادة في طولها وبعضهم نقصاناً بعد التسميد إلا أنه من المسلم به أن هناك تناقصاً في كمية السيللوز ونصف السيللوز وزيادة في المواد المستخلصة في الأخشاب سريعة النمو (vgl. John et al., ٢٠٠٣).

يجمع الكثير من الباحثين على عدم تأثير كثافة خشب عريضات الأوراق بسرعة النمو بسبب التسميد حيث يمكن القول : إنه لا يؤثر التسميد في كثافة خشب الأنواع منتشرة الأوعية ويزيد منها قليلاً في الأنواع ذات الأخشاب حزمية الأوعية. ومن الأبحاث فقد وجد

عدم تأثر نسبة الأوعية إلى الألياف بالتسميد مع زيادة طفيفة في نسبة الحجم الذي تشغله الأوعية بسبب زيادة قطر الأوعية. ولم يوجد زيادة في طول الألياف إذ كانت الزيادة طفيفة نتيجة للتسميد وكما في التفريد يعمل التسميد الباكر للمجموعات الحرجية الفتية في زيادة حجم الخشب الفتى بسبب زيادة عرض حلقات النمو فيه وزيادة طول فترة اليقاع. ويعمل التسميد على زيادة حجم الأغصان ويؤخر التقليم الطبيعي وبالتالي لابد من توقيت التسميد بالموعد المناسب لمنع حدوث هذه الإشكالات. ويمكن مثلاً تحسين جودة الخشب بالتسميد والتقليم معاً إذا عمل التسميد على زيادة طول السلاميات وزيادة حجم الأغصان. وبالتقليم تزال الأغصان ويعمل الري بدوره على حدوث تغيرات في أبعاد الخلايا وغالباً ما يسبب تجانساً في كثافة الخشب ويمكن أن يطول فترة تشكل الخشب الفتى. ويعمل الري على زيادة نسبة الخشب النهائي في حلقات النمو وبالتالي زيادة في كثافة الساق.

٤ - التقليم Pruning:

يرفع التقليم من جودة الخشب وذلك للحصول على خشب خال من العقد خاصة في المنتجات الصلبة للخشب و صناعة المراتج الخشبية ولا سيما أنه تزداد متانة المراتج وتحسن مظهرها.

هذا ويجب إجراء التقليم باكراً للحصول على جذع خشبي خال من العقد في كامل مقطعه العرضي ، ويقترح أو ينصح عادة بتقليم أشجار الصنوبر بقطر ٨ - ١٠ إنش فأكبر حيث يكبر إنتاج هذه الأشجار مقارنة مع الأشجار صغيرة الأقطار حتى ولو كانت تنمو بسرعة النمو. وتعتمد فعالية التقليم على أقطار الأغصان المقلمة وطريقة قصها وطول العقب المتبقى منها. فيفضل التقليم بالمنشار على البيلطة ويفضل تقليم الأغصان الصغيرة على الكبيرة حيث الشفاء أسرع ويفضل تركيز التقليم في الجذع الأول من الشجرة لاقتصاديته.

يؤثر التقليم في جودة الخشب بصورة غير مباشرة فعند قطع الأغصان السفلية الميتة للشجرة لا يتأثر نمو الشجرة ولكن عند إزالة أغصان خضراء وبشكل جائر يتأثر النمو قليلاً حيث يسبب التقليم الجائر نقصاناً في معدل النمو الطولي وإنتاج الخشب بسبب فقد جزء من سطح التمثيل الضوئي وقد يكون هذا الفقد مهماً بسبب الحاجة إلى نمو قطري كبير. هذا وتكبر أقطار الأغصان الباقية بعد التقليم وقد تصبح المنطقة الانتقالية بين الخشب الربيعي والصيفي حادة الانتقال. ويمكن من خلال التقليم زيادة طول الساق الخالي من العقد فيما بعد

وإنقاص استتقاق الساق. هذا وإن إزالة 1/3 تاج الشجرة في المخروطيات يؤثر سلباً في نموها القطري بينما يشير آخرون إلى أن إزالة 1/3 التاج لا يؤثر كثيراً في النمو (vgl. John et al., 2003).

هذا وقد يؤدي التقليم الجائر في عريضات الأوراق إلى ظهور عدة أغصان جديدة Epicormic من البراعم النائمة. وفي الخلاصة يحسن التقليم جودة الخشب للنسج والشمرائح والحصول على قيمة مرتفعة من الخشب لا بد من تركيز التقليم في الجزء الأول من الجذع الخشبي للأشجار الكبيرة وتبقى بعد تقليمها من 30 - 40 عاماً ويجب تجنب التقليم الجائر قدر الإمكان.

التحسين الوراثي وجودة الخشب Genetic improvement and wood quality:

يوفر التحسين الوراثي خير وسيلة لزيادة إنتاج الخشب كماً ونوعاً ولا بد من مراقبة المتفوق من أشجار الغابة التي تبدي نمواً كبيراً أو شكلاً معقولاً وتجمع بذورها وتكاثر للحصول على أشجار تمتلك العديد من مواصفات الأمهات. ويتم أيضاً إكثار بعض الأنواع خضرياً وتستخدم طريقة الإكثار بالأنسجة في ذلك أيضاً واستعملت وسائل التهجين أيضاً للحصول على أفراد تجمع صفات كلا الفردين بما فيها صفات جودة الخشب وقد سمح للتحسين الوراثي بإنتاج أفراد مخروطية وعريضة أوراق ذات نمو سريع وكثافة خشب معتدلة إلى مرتفعة. وقد وجد أنه بالإمكان التربية والتحسين لألياف أطول ونسبة عالية منها نسبة إلى الأوعية وإلى تجانس في الكثافة ونسبة المواد المستخلصة ونسبة أخفض من اللغنين والخشب اللين وتطور أغصان ضعيف ويمكن بالتحسين الوراثي إنتاج قلف نحيف (قليل السماكة) وكذلك عند خلايا حجرية أقل وتوصف الصفات عموماً بدرجة توريتها وتكون صفة التوريت عالية أو كاملة إذا كانت واحدة وتكون ضعيفة جداً وخاضعة لتأثير البيئة حال كونها صفراً ومن المعلوم أن الوزن النوعي وطول الألياف صفتان ذواتا توريت عال جداً. وكذلك سماكة الجدران في الخشب النهائي ونسبة الخشب النهائي في حلقة النمو الواحدة لهما صفة توريت عالية أيضاً ويوضح الجدول التالي (John et al., 2003) بعض الصفات التوريتية في المخروطيات:

الصفة	درجة التوريث
الوزن النوعي للخشب (صنوبر شعاعي)	٠,٨ - ٠,٥
طول الألياف (الصنوبر الشعاعي)	٠,٨٣ - ٠,٧٣
نسبة الخشب النهائي (الصنوبر الشعاعي)	٠,٥٤ - ٠,٤٧
مساكة الجدران الخلوية للخشب النهائي	٠,٨٤
استقامة الساق	٠,١٤
إنتاج الراتنج	٠,٥٥
المقاومة للأمراض (صدأ الفيوزيوم)	٠,٢٢

وفي الخلاصة يمكن وبشكل معقول اختيار الأشجار الأسهات وانتقاء الصفات المرغوبة وإكثار هذه الأسهات على الرغم من قلة توريث بعض الصفات إلا أنه يمكن الحصول على توريث أعلى لصفات أخرى مرغوبة.

الفصل السابع

المستخلصات الخشبية و منتجات الغابة

Wood Extractives and Forest Products

I- المستخلصات الخشبية (أهميتها من وجهة النظر البيولوجية والكيميائية

والتكنولوجية) Wood extractives :

١- المقدمة:

إن المكونات الأساسية للجدار الخلوي في الخشب هي السيللوز والهيميسيللوز إضافة للغلين انظر الشكل (٦٤).

يبين الشكل أن نسبة السيللوز في كل من أخشاب الأنواع عريضة الأوراق تكاد تكون مساوية لنسبتها في أخشاب الأنواع الإبرية بينما تزيد نسبة الهيميسيللوز في أنواع أخشاب عريضة الأوراق عنها في الأنواع الإبرية، هذا وتكفص نسبة اللينين في الأنواع عريضة الأوراق مقارنة بالأنواع الإبرية.

فضلاً عن ذلك يحتوي الخشب بغالبية عدد كبيراً من المكونات الكيميائية المختلفة التي تتواجد في الجوف الخلوي (جدار الخلية)، إضافة إلى الفراغات الخلوية.

هذه المركبات الكيميائية تسمى بمجموعها المستخلصات الخشبية أو المكونات الجانبية ولكن ليس كل مادة قابلة للاستخلاص تدخل ضمن المستخلصات الخشبية فهناك بعض المكونات تعارض بشدة عملية الاستخلاص.

إن المستخلصات الخشبية تؤثر على السلوك البيولوجي والفيزيائي ، كذلك الكيميائي للخشب والتي تؤثر بدورها على كثير من عمليات معالجة واستخدام هذه الأخشاب هذا ولقد أجري الكثير من الدراسات والبحوث حول هذه التأثيرات فعلى سبيل المثال الكتاب المنشور من قبل الباحث «Sandermann, ١٩٦٠» حول الراتنج الطبيعي. كما قام الباحث «Hillis, ١٩٦٢» ببيان أهمية المستخلصات الخشبية لعملية فصل الأخشاب كذلك قام الباحث «Rovwe, ١٩٨٩» بشرحه للمنتجات النباتية.

هذا ونصنف المستخلصات الخشبية وفقاً لدورها في عملية البناء إلى:

(١) - مستخلصات خشبية أولية.

(٢) - مستخلصات خشبية ثانوية.

(١) - مستخلصات خشبية أولية:

حيث تعرف المستخلصات الخشبية الأولية بأنها المستخلصات الخشبية المتواجدة في كل نوع نباتي، بينما يقتصر وجود المستخلصات الخشبية الثانوية وفقاً للنوع النباتي وتركيبه الكيماوي حيث ينحصر وجودها كذلك في أنواع خشبية محددة. أنظر الشكل (٦٥).
نلاحظ من هذا الشكل تجمع التانين على الصفحة المتوسطة لجدار الخلية في الخشب القلبي للأنواع المتواجدة تحت الجنس *Quebracho*، حيث توجد المستخلصات الخشبية الأولية بشكل أساسي في الخشب العصاري بنسبة تتراوح من ١% وحتى ٢% وتختلف هذه النسبة في الخشب وفقاً للتغيرات الفصلية.

نلاحظ في الشكل (٦٦) أن محتوى السكر في خشب التنوب *Picea* يختلف وفقاً للفصول حيث يختلف محتوى السكر من شهر نيسان وحتى شهر تموز حيث يكون مرتفعاً بينما تنخفض نسبته في الأشهر الفصول الأخرى «Gaumann, ١٩٢٨». ويختلف توزيع السكر في المقطع العرضي لساق نبات *Picea* التنوب الشكل (٦٧) «Dietrichs, ١٩٦٤» نلاحظ من هذا الشكل أن محتوى السكر في المقطع العرضي للجذع يتناقص من المحيط (القشرة) وباتجاه المركز كذلك يتجلى الاختلاف في محتوى النشاء الذائب على مستوى الحلقة السنوية الواحدة لكل من الخشب العصاري والخشب القلبي لكل من الجذع والجذور للنوع *Robinia pseudoacacia* (المسكة أو زهرة العنقود) «Holl, ١٩٧٢» أنظر الشكل (٦٨) حيث يقوم النشاء في الخشب على أنه مادة احتياطية كما هو الحال في الدهون.

هذا وتنتشر المستخلصات الخشبية الأولية بشكل أساسي في الخلايا البرانشيمية للخشب وفي طور النشاط الخضري تقوم الدهون من خلال دخولها بدورة حمض الليمون بالتحول إلى مواد كربوهيدراتية لبناء الأعضاء.

إن المكون الأساسي للدهون في خشب الصنوبر هو عبارة عن الحموض الدهنية غير المشبعة إضافة إلى حمض الزيت وحمض الصوف، فضلاً عن ذلك وجسود حمض النخل إضافة إلى الحموض الدهنية المشبعة ويعاني المحتوى الدهني في الخشب من تبدلات خلال الفصول. «Saranpaa and Nyberg, ١٩٧٨ - Holl and Priede, ١٩٨٥».

هذا ويؤثر محتوى السكر بشكل سلبي على مواصفات المتانة للخشب المضغوط الإسمنتي، وتعتبر الأخشاب المقطوعة في فصل الصيف نظراً لمحتواها المنخفض من السكر مناسبة لصناعة الخشب المضغوط الإسمنتي، ويفضل تخزين الأخشاب ذات المحتوى العالي من السكر لفترة زمنية معينة بهدف خفض محتوى السكر فيها قبل استخدامها باعتبارها مادة أولية لإنتاج الخشب المضغوط الإسمنتي. وهذا ما ينطبق على النوع الخشبي «*Hevea brasiliensis*» شجرة المطاط المستخدم كمادة أولية في جنوب شرق آسيا لإنتاج هذا النوع من المنتجات الخشبية الشكل (٦٩) «Kadir and Sudin, ١٨٩٨».

إن المحتوى العالي للمستخلصات الخشبية الأولية في الخشب يؤدي إلى خفض المقاومة البيولوجية للخشب؛ لذلك تكون المقاومة البيولوجية للأخشاب المأخوذة من جذوع مقطوعة في الصيف أقل من المقاومة البيولوجية للأخشاب المأخوذة من الجذوع المقطوعة في الشتاء أو الخريف. كذلك فإن المقاومة البيولوجية للخشب العصاري قبل قطع الشجرة تكون أعلى منها بعد القطع.

(٢) - مستخلصات خشبية ثانوية:

تعتبر المستخلصات للخشبية الثانوية من جميع النواحي على درجة أكثر أهمية من المستخلصات الخشبية الأولية حيث تتراوح نسبة المستخلصات الخشبية بشكل عام للأنواع الخشبية المتواجدة في ألمانيا ٢ - ٥%، بينما تصل هذه النسبة بالنسبة للأنواع الخشبية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية إلى ٤٠% من الوزن الجاف للخشب. هذا وتختلف كمية المستخلصات الخشبية وتركيبها داخل الشجرة وفقاً لعدة عوامل:

نوع السميح الخشبي (خشب عصاري، خشب قلبي، خشب أعصان) كذلك وفقاً للموقع ومن شجرة إلى أخرى «Kingge and Schulz, ١٩٦٦».

ومن العوامل المؤثرة الأخرى على كمية المستخلصات الخشبية وتركيبها عمر الشجرة وارتفاع أخذ العينة من جذع الشجرة (مكان أخذ العينة من ساق الشجرة).

هذا وقد قام الباحثون «Erdtman et al., ١٩٥١» بدراسة العلاقة ما بين كمية هذه المستخلصات الخشبية وبين ارتفاع أخذ العينات من جذع الشجرة وذلك لـ (٢٧٠) شجرة صنوبر، كذلك قام الباحث «Buckland et.al, ١٩٥٣» بدراسة العلاقة ما بين كمية

المستخلصات الخشبية الذوابة باللايتر وعلاقتها مع ارتفاع أخذ العينات أنظر الشكل (٧٠) نلاحظ منه أن كمية المستخلصات الخشبية تقل مع ارتفاع أخذ العينة.

هذا وإن قدرة الأشجار السريعة النمو على تشكيل المستخلصات الخشبية تكون أكثر من الأشجار البطيئة النمو، فعلى سبيل المثال: يحوي للصنوبر الشعاعي في تشيلي كمية من المستخلصات الخشبية أعلى من الكمية التي يحويها الصنوبر الشعاعي في أمريكا. هذا وتتشكل المستخلصات الخشبية الثانوية في المنطقة الفاصلة ما بين الخشب القلبي والعصاري وذلك أثناء عملية تحول الخشب إلى خشب قلبي حيث يتم تركزها في الخلايا البرشيمية للأشعة الخشبية «Fengel, ١٩٧٠» أي يرافق عملية تحول الخشب إلى خشب قلبي ارتفاع في كمية المستخلصات الخشبية، هذا ويؤدي تشكل المستخلصات الخشبية وتوضعها في الأنسجة المختلفة للخشب إلى رفع كثافة الخشب «Noack, ١٩٦٣».

وتتضمن أيضاً المركبات غير العضوية إلى المستخلصات الخشبية، على سبيل المثال مركبات البوتاسيوم، والكالسيوم والمغنيزيوم إضافة إلى العناصر النادرة. وتصل نسبة هذه المركبات غير العضوية في خشب المنطقة المعتدلة (١% - ٠,١%) وتصل إلى حدها الأعظمي في خشب الأشجار الاستوائية وشبه الاستوائية إذ تصل إلى ٥%. كذلك تحتوي أخشاب المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية على محتوى عال من السيليكات «SiO₂» «Hurtzmann, ١٩٨٨» كذلك تتوضع عادة المركبات الكريستالية الصعبة الذوبان في الماء في جدر الخلايا كذلك في الصفائح المتوسطة للخلايا وهذه المركبات في أغلبها هي مركبات كربونات الكالسيوم - أو كسالات الكالسيوم - كبريتات الفوسفات - سيليكات الفوسفات أيضاً مركبات سيليكاتية فوسفاتية أو كبريتية.

حيث يؤدي المحتوى العالي من السيليكات إلى تكاثف الأدوات المستخدمة في نشر الأخشاب كذلك تم الاعتماد بشكل أساسي في تصنيع الزجاج وإنتاج الصابون على كربونات البوتاسيوم المكتسبة من الرماد الناتج عن الأخشاب الغنية بهذه المركبات غير العضوية حيث استمر ذلك حتى نهاية القرن الثامن عشر.

٢ - المستخلصات الخشبية ومواصفاتها الخشبية:

لا تملك المستخلصات الخشبية تأثيراً نوعياً على المواصفات الميكانيكية للأخشاب «Noack, ١٩٦٣» ولكن هذا لا ينطبق على المواصفات الفيزيائية الأخرى للخشب هذا وتقل

المستخلصات الخشبية الكارهة للماء (الإنتيج، الشمع، الدهون، الحموض الدهنية) من مقدرة الخشب على امتصاص الرطوبة وبالتالي تؤدي إلى ثبات أبعاده ؛ لذلك يتميز الخشب القلبي للأشجار عريضة الأوراق بضعف مقدرة أليافه على التشنج بالماء كما أثبت الباحثان «Wangaard and Granados, ١٩٦٧» زيادة مقدرة الخشب على تشنج أليافه بالرطوبة من خلال القيام بعملية الاستخلاص للمستخلصات الخشبية الكارهة للماء وذلك لعدد من الأنواع الخشبية الاستوائية شكل (٧١).

وتؤثر المستخلصات الخشبية على مقدرة الخشب على الانتفاخ أو الانكماش «Kuo and Arganbright, ١٩٨٠»، هذا وتؤدي الأنواع الخشبية الغنية بالمستخلصات الخشبية كخشب البتولا مقدرة على الانتفاخ أقل من مقدرة خشب السنديان «Puth, ١٩٤٦» شكل (٧٢).

كما توصل لذلك الباحثون «Mantanis et al., ١٩٩٤» شكل (٧٣) ، هذا ويعزى ضعف مقدرة خشب البتولا على الانتفاخ ليس فقط نتيجة لمحتواه العالي من المستخلصات الخشبية وإنما لمحتواه القليل من السيلولوز كذلك يشارك خشب البتولا في هذه الصفة كخشب من عريضات الأوراق النوع الخشبي الروبينا (زهر العنقود) وتزيد المستخلصات الخشبية من عمر استخدام الخشب.

وتؤثر عوامل أخرى على عمر استخدام الخشب منها عمر النوع الخشبي، للموقع، المنطقة المناخية التي يتواجد فيها النوع الخشبي حيث تتباين مقدرة الخشب على الديمومة والبقاء وفقاً للمنطقة المناخية الموجودة فيها «Scheffler, ١٩٧١» ويعتبر من أهم العوامل التي تؤثر في مقدرة الخشب على الاستمرار والديمومة محتواه من المستخلصات الخشبية حيث يمنع وجود هذه المستخلصات في الخشب زيادة قدرته على مقاومة الجراثيم والفطور المعلقة للخشب وبذلك تمنح هذه المستخلصات الخشبية الخشب القلبي مقاومة طبيعية وعمرأ مديداً نظراً لمحتواه العالي منها، بينما نلاحظ تعرض الخشب العصاري بسهولة للحشرات والميكروبات والفطريات المحللة للأخشاب نظراً للمحتوى العالي من المستخلصات الخشبية الأولية، ويعزى ضعف مقدرة الخشب القلبي للسنديان على امتصاص الرطوبة إضافة إلى زيادة قدرته على مقاومة الإصابة بالفطور والبكتيريا المحللة للخشب إلى محتواه العالي من المستخلصات الخشبية.

ولقد أثبت الباحثان «Hart and Hillis, ١٩٧٢» تدهم المستخلصات الخشبية في الوسط الحامضي وبالتالي فقدان تأثيرها باعتبارها مبيداً فطرياً وقد أثبتت ألواح الخشب المضغوط المصنعة من نشارة الخشب القلبي ذي المحتوى العالي من المستخلصات الخشبية مقدرة عالية على البقاء إضافة إلى مقاومتها البيولوجية للفطور والبكتيريا المحللة للخشب ، وإلى ضعف مقدرتها على امتصاص الرطوبة «Dix and Roffael, ١٩٩٨» وتعزى المقاومة الحيوية العالية للخشب القلبي للصنوبر إلى وجود مركبي: «Pinosylvin and Pinosylvin monomethyl ether».

وبشكل عام تمنح المستخلصات الخشبية الراتنجية المتواجدة على سطح الأسواح الخشبية لأنواع الإبرية مقاومة ضد الفطريات «Johansson, ١٩٩٩». وتملك مركبات «*Thujaplicin* γ, β, α » لخشب التنوبا «*Thuja plicata*» تأثيراً ساماً ضد الفطريات الدعامية «Rudman, ١٩٦٣».

وتمنح أيضاً المركبات الفينولية «*Robinetin* und *Dihydrorobinetin*» خشب الروبينزيا «المسكة» مقاومة ضد الفطريات المحللة للخشب «Freudenberg and Hartmann, ١٩٥٣-١٩٥٤» وبشكل عام يمكن القول : إن المستخلصات الخشبية الثانوية تكسب الخشب مقاومة بيولوجية طبيعية تزيد من عمر استخدامه ، بينما على العكس من ذلك تقلل المستخلصات الخشبية الأولية من المقاومة البيولوجية الطبيعية للخشب ، فعلى سبيل المثال: تستخدم كثير من المتعضيات المحللة للأخشاب المركبات الكربوهيدراتية بصفتها مستخلصاً أولياً على أنها مواد غذائية ، الأمر الذي يضعف مقاومة الخشب البيولوجية ؛ لذلك نلاحظ ضعف مقاومة الخشب العساري البيولوجية مقارنة بالخشب القلبي نظراً لمحتواه العالي من المستخلصات الأولية.

٣ - المستخلصات الخشبية والتقرية:

إن عملية لصق الخشب بالخشب عن طريق عملية التقرية بمواد لاصقة مختلفة هي عملية هامة جداً في تصنيع المادة الخشبية ، وإن عملية تبلييل المادة اللاصقة للسطح الخشبي إضافة إلى تصلب المادة اللاصقة تحت درجات حرارة مختلفة وضغوط مختلفة تعتبر من الأمور الهامة التي تحدد متانة المادة الخشبية المصنعة ويبين الشكل (٧٤) طريقة الربط

ما بين جزئي الخشب والمادة اللاصقة ومن أهم العوامل التي تؤثر على عملية التغيرية هي ما يلي:

- ١ - مقدرة السطح الخشبي على التبلل بالمادة اللاصقة.
- ٢ - التفاعل الكيميائي الذي يحدث ما بين المادة اللاصقة والخشب.
- ٣ - قدرة المادة اللاصقة على التكثف.

هذا وإن عملية التغيرية هي عملية معقدة ترتبط بالعديد من العوامل. ومن الجدير ذكره أن المستخلصات الخشبية المهاجرة من داخل الخشب إلى السطوح الخشبية وخاصة المستخلصات الخشبية الثانوية الكارهة للماء تؤدي إلى إضعاف مقدرة المادة اللاصقة على الربط ما بين السطوح الخشبية وخاصة المادة الخشبية التي تتعرض خلال التصنيع إلى عملية التجفيف حيث تؤدي هذه العملية بدورها إلى هجرة المستخلصات الخشبية من جوف الخشب إلى سطحه الأمر الذي يضعف مقدرة السطح الخشبي على التبلل بالمواد اللاصقة «Christiansen, ١٩٩١-١٩٩٠» كما أثبت «Hamood, ٢٠٠٠» ضعف مقدرة السطح الخشبي لكل من الخشب القلبي والخشب العصاري على التبلل بالمواد الصناعية اللاصقة (البورينا فورم ألدهيد، ألفينول فورم ألدهيد، الميلامين فورم ألدهيد، بوليمرات مكونة من مادة دي فينيل ميتان دي إيزو سيانيت) من جراء عملية التجفيف سواء للقطع الخشبية أو النشارة الخشبية للصنوبر الحراجي.

ولقد قام كل من الباحثين «Roffael and Dix, ١٩٩٤» بتلخيص العوامل المؤثرة على عملية التغيرية وعلاقاتها المتبادلة مع بعضها البعض في الشكل رقم (٧٥).

٣ - ١ - تأثير تخزين الخشب على عملية التغيرية:

لوحظ من خلال الأبحاث التي أجريت في السويد أن تصنيع الخشب المضغوط من نشارة الخشب الطازجة للنوع الخشبي /الصنوبر/ تمتلك قدرة ضعيفة على التلاصق بالمادة الغرائية لبورينا فورم ألدهيد وذلك نظراً لمحتواها العالي من المستخلصات الخشبية الراتنجية بينما أظهرت النشارة الخشبية للصنوبر والمخزنة لفترات طويلة قدرة كبيرة على اللصق بالمادة الغرائية لبورينا فورم ألدهيد للحصول على الخشب المضغوط وذلك يعزى إلى أن المستخلصات الخشبية الراتنجية قد تفككت خلال عملية التخزين وبالتالي كانت المواصفات الميكانيكية للخشب المضغوط المصنع من النشارة الخشبية المخزنة أفضل بكثير من الخشب المضغوط المصنع من النشارة للخشبية الطازجة.

وبين الشكل رقم (٧٦) تغير التركيب الكيميائي للمستخلصات الراتنجية نتيجة لعملية التخزين.

ولقد أظهرت الأبحاث المشتركة ما بين معهد تكنولوجيا الأخشاب وحيوية الأخشاب في جامعة جوتنجن في ألمانيا وبين مركز أبحاث الأخشاب «Fraunhofer - WKI» في مدينة براون شفايغ في ألمانيا أن خزن للنشارة الخشبية للخشب العصاري لكل من الصنوبر والتنوب والغنية بالمستخلصات الراتنجية أدت إلى انخفاض محتوى النشارة من المركبات الليبوفيلية «الدهنية» «Schafer, ١٩٩٦» هذا وقد امتازت الألواح الخشبية المضغوطة والمنتجة من النشارة الخشبية للصنوبر بعد عملية التخزين لفترة قليلة والمغراة بالمادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد زيادة في قوة الشد العرضي وقللت من قدرة هذه الأخشاب المنتجة على الانتفاخ أو الانتهاج بالماء شكل (٧٨،٧٧).

إن مقدرة الخشب المضغوط المصنع من النشارة الخشبية المأخوذة من خشب التنوب الفقير بالمستخلصات الخشبية والمغراة بالمادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد على الانتهاج بالماء كانت أقل من مثيلاتها المصنعة من خشب الصنوبر الغني بالمستخلصات الخشبية وهذا ولقد كانت قيمة انخفاض مقدرة الخشب المضغوط المصنع من التنوب على التبلل بالماء أقل من قيمة انخفاض قربنتها المصنعة من خشب الصنوبر، بينما كان تأثير عملية تخزين النشارة الخشبية على مواصفات الخشب اللزفي المتوسط الكثافة المصنع منها (MDF) وخصائصه غير ملموس وهذا يعزى إلى أنه خلال عملية فصل النشارة الخشبية إلى الألياف وفقاً للطريقة الحرارية الميكانيكية TMP أن جزءاً من المستخلصات الخشبية يذهب مع محلول للطبخ وبالتالي لا تؤثر هذه المستخلصات على عملية تغرية الألياف للحصول على خشب MDF.

هذا وتلرس أيضاً الحموض العضوية التي يحتويها الخشب كحمض النمل وحمض الخل كذلك المركبات متعددة الفينول الحامضية على سلوكية المادة اللاصقة المستخدمة في صناعات خشبية متعددة والجدير بالذكر أن للمستخلصات الخشبية تسطيع أن تؤثر من خلال رقم حموضتها على عملية التغرية وبالأخص تسريع مقدرة المادة اللاصقة أو إبطائها على التصليب وبالتالي تسطيع أن تتحكم بالمواصفات الفيزيائية والمركانية والكيميائية للمادة الخشبية المصنعة.

٣ - ٢ - تأثير كل من الخشب العصاري والقلبي على مواصفات المادة الخشبية المصنعة:

ولقد أظهرت الأبحاث الأخيرة على كل من الخشب القلبي والعصاري للصنوبريات المحلية في ألمانيا سلوكاً مختلفاً خلال عملية تصنيع المادة الخشبية:

ولقد أبدت الأخشاب المضغوطة المصنعة من كل من الخشب القلبي والعصاري للصنوبر والمغرة بالمادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد UF ومادة بوليميرات مكونة دي فينيل ميتان دي إيزوسيانات PMDI مقدرة مختلفة على الانتباج بالماء كذلك على مقدرتها لامتصاص الماء «Lelis, ١٩٩٢» حيث كانت مقدرة الخشب المضغوط المصنع من الخشب القلبي للصنوبر على الانتباج بالماء دائماً أقل من مقدرة الخشب المضغوط المصنع من الخشب العصاري للصنوبر شكل (٢٨، ٢٩).

وتعزى هذه النتيجة إلى أن المستخلصات الخشبية المخزنة في جدران خلايا الخشب القلبي والتي تمتاز بصفتها الكارمة للماء، وتطبق هذه النتيجة أيضاً على الخشب المضغوط المصنع من كل من الخشب القلبي والعصاري للدوغلامين «بيدوتسوغا» «Lelis, ١٩٩٥» لذلك نستخلص مما سبق أن الخشب القلبي يعتبر مادة أولية جيدة أو ممتازة للحصول على خشب مضغوط مقاوم للماء.

ولقد كانت نسبة إصدارات الفورم ألدهيد من الخشب المعاكس المصنع من الرقائق الخشبية للخشب القلبي للدوغلامين والمغرة بالمادة اللاصقة يوريا فورم ألدهيد أقل من مثيلاتها المصنعة من الرقائق الخشبية للعصاري للدوغلامين «Sachse and Roffael, ١٩٩٣» وهذا ما بينه الشكل (٨١).

٣ - ٣ - الثانيين «المادة الدايفة = المادة العفصية» باعتباره مادة لاصقة للمادة الخشبية المصنعة:

يمكن لمستخلصات خشبية معينة أن تستخدم على أنها مادة لاصقة في صناعة المادة الخشبية (الخشب المضغوط - الخشب المتوسط الكثافة MDF)، ففي عام ١٩٦٠ استخدمت المادة اللاصقة الثانيين فورم ألدهيد في أستراليا لتصنيع الخشب المضغوط وقد برز دورها كونه متعادلات فينولية طبيعية حيث استخدمت على أنها مادة لاصقة منذ السبعينيات وذلك باستخلاصها من خشب القشرة لأنواع الجنس أكاسيا، ويتم الحصول على التانين في تشيلي

لاستخدامه على أنه مادة لاصقة في تصنيع الخشب المضغوط وذلك من قشرة النوع الخشبي الصنوبر. الشعاعي *Pinus radiata* «Roffael, and Dix, ١٩٩٨».

هذا ولقد ساهم معهد بيولوجيا وتكنولوجيا الأخشاب في جامعة جوتنجن في ألمانيا في إنتاج الخشب المضغوط باستخدام التانين على أنه مادة لاصقة من خلال رسالة الدكتوراه المقدمة من «Jung, ١٩٨٨».

وللتانين نوعان: التانين المكثف والتانين القابل للتحلل حيث يصلح التانين المكثف مادة لاصقة، بينما يؤثر التانين القابل للتحلل سلباً على عملية التغيرية في الصناعات الخشبية والمثال على التانين المكثف نذكر التانين المستخلص من قشرة النوع الخشبي ميموزا.

بينما التانين المستخلص من خشب الكينا «*Eucalyptus pilularis*» هو من نوع التانين القابل للتحلل أو ما يسمى «Ellagannine» التي تعيق عملية التغيرية، وقد تم إثبات أن التانين القابل للتحلل بالماء بهاجر خلال عملية تخفيف الرقائق الخشبية إلى سطح الرقيقة الخشبية مما يعيق عملية تقسية جفاف المادة اللاصقة وسرعان «Yazaki et al., ١٩٩٣».

كذلك أثبتت الأبحاث أن هناك اختلافات في صلاحية كل من الخشب المسأخوذ من أشجار البلوط الصغيرة والكبيرة في الصين باعتباره مادة أولية لصناعة الخشب المضغوط وذلك يعود إلى اختلاف محتواها من التانين القابل للتحلل بالماء الذي يؤثر بدوره على عملية التغيرية خلال تصنيع الخشب المضغوط «Roffael and Rauch, ١٩٧٤».

ولابد من الإشارة إلى أن التانين المستخلص من النوعين الخشبيين البلوط والكستناء لا يكاد يستخدم بصفته مادة قابضة وسوف نقوم بشرح مفصل لمتعددات الفينول الطبيعية في الفقرة ٧ (المستخلصات الخشبية واستخداماتها).

٤ - الصمغ (الراتنج) وتأثيراته التكنولوجية المختلفة:

الراتنج (الصمغ) هو خليط من مركبات ليبوفيلية (دهنية) كالأدهون والحموض الدهنية الحرة والشح والستيرول والفربين والتربينويد، كذلك إن المكونات الأساسية للراتنج الموجود في القنوات الراتنجية للأنواع الإبرية هي ثنائيات التربين والحموض الراتنجية. هذا ويتواجد الراتنج في الأنواع التابعة للأجناس التالية: «*Pseudotsuga - Pinus - Picea - Larix*»، ويجب للتمييز ما بين الراتنج الموجود بشكل وظيفي وطبيعي في هذه الأجناس، وبين الراتنج

الذي يتشكل كرد فعل للجروح والأضرار الميكانيكية والذي يسمى بصمغ الجروح «Traumatic resin» والذي يختلف في تركيبة عن الصمغ الطبيعي «Back, ١٩٩٩».

هذا وقد يؤثر الراتنج في الصناعات الخشبية إما سلباً أو إيجاباً، حيث يؤدي الراتنج إلى صبغ السطوح الخشبية لخشب السدر «Johansson, ١٩٩٩» هذا وتؤدي الحرارة العالية أثناء تجفيف الخشب إلى هجرته إلى السطوح الخشبية.

إن قدرة الخشب القلبي للأشجار الإبرية على امتصاص الماء ازدادت بعد استخلاص الراتنج منه، ولقد أثبت «Back, ١٩٩٩» أن المستخلصات الخشبية المتواجدة في الخشب القلبي لكل من الدوغلاس والسيدر تقلل من قدرته على الانتفاخ بالماء.

وتؤدي الحرارة العالية أثناء كبس الألواح العالية الكثافة إلى إعادة توزيع الراتنج في الألياف الأمر الذي يكسب هذه الألواح خاصية الكراهية لامتصاص الماء والرطوبة.

٥- تأثير المستخلصات الخشبية على عملية فصل الألياف الخشبية:

إن المستخلصات الخشبية تؤثر بطرق مختلفة على عملية فصل الألياف الخشبية بالطرق الميكانيكية ونصف الكيميائية كذلك الكيميائية، إن وجود الراتنج في الأشجار الإبرية كالصنوبر يعيق عملية الحصول على الألياف الخشبية ميكانيكياً، لذلك تعتبر الأنواع الخشبية الغنية بالمستخلصات الخشبية مثل الدوغلاس والاركنس والصنوبر أقل صلاحية للحصول على الألياف الخشبية من الأنواع الفقيرة مثل خشب السيدر. «Putz and Götting, ١٩٨٨».

كذلك إن وجود المستخلصات الخشبية يعيق ويقلل من تغلغل المحاليل الكيميائية المستخدمة في عمليات فصل الألياف الخشبية بالطرق الكيميائية ونصف الكيميائية المستخدمة للحصول على السيللوز، كذلك تتفاعل بعض المستخلصات الخشبية مع المحاليل الكيميائية الأمر الذي يتطلب استهلاك كمية كبيرة من هذه المحاليل الأمر الذي يؤثر سلباً من الناحية الاقتصادية كذلك إن احتواء الخشب على كمية عالية من المستخلصات الخشبية يقلل من كمية السيللوز المراد الحصول عليها وكذلك على درجة بياضها، فقد بينت الأبحاث قلة كمية السيللوز المستحصل عليها بطريقة السلفات من خشب كل من الاركنس والاولكالبيتوس وذلك نظراً لوجود المستخلص الخشبي الأرابينو غالاكتان في الاركنس ومتعددات الفينول في الأولكالبيتوس «Hall et al., ١٩٧٣» و «Jacopian, ١٩٦٥» هذا ويبين الشكل (٨٢) بعض المستخلصات الخشبية التي تؤثر على عمليات فصل الألياف سلباً، حيث يعرقل مركبا

البيدوسلفين والبيغوسولفين مونو. مثيل اوتر. الموجودين في الخشب القلبي للصنوبر عملية الأكلاف في الوسط الحامضي وفقاً لطريقة الكالسيوم سولفيت كذلك يصعب فصل خشب كل من اللاركس والدوغلاس وفقاً لهذه الطريقة.

كذلك يتأكسد الديهايدروكوبيرستين (تاكسيبولين) الموجود في الخشب القلبي للدوغلاس وتفاعله مع محاليل النيتريك الكيميائية إلى كوبيرستين الأمر الذي يجعل محاليل الطبخ غير صالحة للاستخدام مرة ثانية لفصل الأكلاف بطريقة السافيت. كذلك تتفاعل المستخلصات الخشبية الموجودة في خشب الأرز الأحمر الغربي *Thuja plicata* مع مراحل الطبخ الأمر الذي يسبب تآكلها كذلك تسبب المواد الراتنجية بترامها على آلات صناعة الورق مشاكل كبيرة كما تسبب تلوث الورق المنتج حيث بدأ ذلك جلياً في فنلندا خلال عملية صناعة الورق من خشب بعض الأنواع الفنية بالمركبات الدهنية مثل خشب القيقب إذ تم التغلب على هذه الصعوبات عن طريق تخزين الخشب بضعة أشهر قبل التصنيع كذلك عن طريق عزل الأكلاف القصيرة جداً السماعة بالأياف الصفر والغنية بالمواد الدهنية.

ويبين الشكل (٨٢) انخفاض محتوى المادة الراتنجية من السيللوز المنتج من خشب القيقب نتيجة عملية تخزين الخشب لمدة تسعة أشهر كذلك نتيجة استبعاد نسبة من الأكلاف القصيرة «أياف الصفر» وعزلها «Flamm, ١٩٦٣» وبسبب المحتوى العالي من المستخلصات الخشبية لصفرار الورق «Bergman, ١٩٦٥» حيث تؤدي عملية تخزين الخشب إلى حدوث عمليات ميكروبيولوجية وتفاعلات كيميائية تغير من تركيب المواد الراتنجية أو تدهمها كما تخلص من رقم الحموضة.

وتؤدي عملية تخزين اللشارة الخشبية بشكل غير مناسب إلى زيادة الأكلاف القصيرة كذلك يزداد من استهلاك المواد الكيميائية اللازمة لعملية الفصل للحصول على السيللوز كما تقلل من خواص الساندة للمادة السيللوزية المنتجة.

٦- تأثير المستخلصات الخشبية على الإصدارات من الخشب والمنتجات الخشبية:

المقصود بالإصدارات المركبات الغازية الطيارة التي تنبعث من الخشب والمنتجات الخشبية كالفورم ألدهيد والحموض العضوية الطيارة كحمض الخل وحمض اللمل. تنبعث الإصدارات أثناء عمادة التجفيف الصناعي للششارة والأياف الخشبية حيث تختلف هذه

الإصدارات حسب ظروف التجفيف ونوع المجفف وكذلك النوع الخشبي. هذه الإصدارات عبارة عن مركبات عضوية طيارة أهمها التربينات الأحادية مثل ألفا بينين وبيتا بينين وثلثا ٣ كارين التي تتركز في أخشاب الصنوبريات، وتشكل المستخلصات الخشبية الطيارة كالأدهون والحموض الدهنية والشموع والتربينويد أيسروزولات عضوية تسمى الضباب الأزوتي Blow haze «Marutzky, ١٩٩٦».

ويؤدي انشطار الرابطة الكربونية المضاعفة للحموض الدهنية غير المشبعة إلى تشكل الأدهيد والفورم ألدهيد، كما تؤدي عمليات التحلل الحراري للخشب إلى إصدار الحموض العضوية كحمض الخل وحمض النمل وكذلك إصدار مركبات فينولية «Roffael, ١٩٨٩». ويعتقد أن الهكسانال عبارة عن مركب عضوي طيار ينشأ من الحموض الدهنية غير المشبعة الموجودة في الخشب «Risholm - Sundman, et al., ١٩٩٨».

هذا وقد قدر «Sundin et al., ١٩٩٢» الإصدارات من الفورم ألدهيد والمركبات التربينينية للمادة الخشبية المصنعة.. كما بحث علاقتها مع عمر المادة الخشبية المصنعة حيث أثبت تناقص كمية الإصدارات (فورم ألدهيد - تربينات) من المادة الخشبية المصنعة مع تقدمها بالعمر.

ولقد أثبتت الأبحاث أن المادة الخشبية المصنعة من الخشب القلبي للأشجار الغنية بالمستخلصات الخشبية كالصنوبر (خشب مضغوط وخشب ليفي متوسط الكثافة MDF) تنبعث منها كمية قليلة من الإصدارات (فورم ألدهيد) أي أن هذه المستخلصات تقوم بدور مادة قابضة للفورم ألدهيد «Lelis-١٩٩٢».

٧- المستخلصات الخشبية باعتبارها منتجات للغابة واستخداماتها:

للمستخلصات الخشبية إمكانات متنوعة للاستخدام الصناعي وفيما يلي بعض الأمثلة:

٧-١: الكاوتشوك:

وهو عبارة عن Polypren طبيعي، يستخدم في مجالات متعددة من حياتنا اليومية حيث يتم الحصول على الكاوتشوك في مزارع كبرى في ماليزيا، أندونيسيا وتايلاند من شجرة المطاط *Hevea brasiliensis*.

هذا ويتم الحصول على اللين النباتي من أشجار بعمر من ٥ - ٦ سنوات بإجراء شق قطري أو حلزوني في قشرة الشجرة بدون إحداث جرح في طبقة الكامبيوم بعدها يتم جمع اللين النباتي السائل بأوعية جمع حيث يتم الحصول على الكاوتشوك من الشجرة لمدة ٢٠ - ٢٥ سنة. والسائل النباتي «الكاوتشوك» هو عبارة عن سائل حليبي يتألف من ثلثين ماء وثلث من مركب الكولودالين «Kleinschmit and Roffael, ١٩٨٣». يستخدم الكاوتشوك في تصنيع إطارات السيارات الشاحنة، صناعة كفوف الجراحة إضافة إلى منتجات مطاطية صحية هذا ولا يقتصر وجود الكاوتشوك على قشرة الشجرة فحسب بل يتواجد في الخشب القلبي للتيك *Tectona grandis* وفي الخشب العصارى لشجرة اللببا *Terminalia superba*.

٧-٢- متعددات الفينول الطبيعية (الثانين) المواد الدايفة:

يستخلص الثانين من الفشور والخشب أو الثمار أو الأوراق لأنواع مختلفة، هذا والثانين استخدامات مختلفة حيث يستخدم مادة لاصقة في الصناعات الخشبية. كذلك يستخدم الثانين مادة دابغة للجلود، ويتم الحصول على الثانين في فرنسا، وإيطاليا ويوغسلافيا من خشب الكستناء *Castanea sativa*، ويتم الحصول على الثانين المكثف في جنوب إفريقيا والبرازيل من قشرة شجرة الميموزا وفي تشيلي ونيوزيلندا من قشرة الصنوبر الشعاعي *Pinus radiata* للحصول على متعددات الفينول. ويقدر الإنتاج العالمي من الثانين ٣٠٠.٠٠٠ طن. في ألمانيا لا يستخدم الثانين على مدى واسع. ويجب أن يعدل الثانين قبل استخدامه في نياحة الجلود للحصول على جلد فاتح اللون. إن المواد الدايفة حساسة جداً للعناصر الثقيلة كالحديد حيث تشكل معها أملاحاً صعبة الذوبان.

ويكسب الثانين الجلد ثباتاً في أبعاده أثناء ثنيه. تملك المادة الدايفة المكثفة قدرة عالية على التفاعل مع الفورم ألدهيد حيث تشكل معه مواداً لاصقة «Stashevski and Deppe, ١٩٧٣» «Dalton, ١٩٥٣» ويتم في استراليا وجنوب إفريقيا إنتاج خشب مضغوط المادة اللاصقة فيه هي الثانين، ونظراً للقدرة العالية للثنانين على التفاعل مع الفورم ألدهيد فهي تخدم على أنها مادة مسرعة لتصلب المادة اللاصقة الفينول فورم ألدهيد القلوية المستخدمة في الصناعات الخشبية. لقد تم في السنوات الأخيرة في ألمانيا استخدام الثانين المكثف على أنه مادة لاصقة للخشب المضغوط والخشب اللفي متوسط الكثافة «Roffael and Parameswaran, ١٩٨١»

.MDF

استخدم التانين سليقاً في طلاء المراحل المائية للقطارات البخارية وذلك لمنع تأكلها وترسيب الكلس فيها حيث يقوم التانين بالقبض على الأكسجين حيث استخلص التانين لهذا الغرض من خشب الكستناء.

للحصول على التانين يتم تحطيم الخشب أو القشرة إلى قطع صغيرة بعدها يتم استخلاص التانين منها بالماء تحت الضغط ودرجة حرارة ١١٠ - ١٢٥ درجة مئوية. وللحصول على التانين من خشب بعض الأنواع أو قشورها يحذف إضافة مواد كيميائية مثل سلفيت الصوديوم أو ثنائي سلفيت الصوديوم حيث يزيد ذلك من قدرة التانين على الانحلال بالماء وبالتالي يزيد من كمية التانين المستخلص لذلك يثبت لون التانين حيث يمكن استخلاص التانين على مرحلة واحدة أو عدة مراحل بعدها يتم تكثيفها تحت التفريغ. ويمكن الحصول على جانب التانين على الفورفورول إضافة إلى مواد قابلة للذوبان بالماء كالبكتين والسكر والنشاء وتسمى هذه المواد بالمواد غير التانينية. وتختلف نسبة المواد التانينية إلى غير التانينية حسب طريقة الاستخلاص ودرجة الحرارة المطبقة وفي العادة تستخدم درجات حرارة بين ٨٠ - ١٢٠ درجة مئوية.

إن محتوى التانين يعتمد على عدة عوامل هي: الفصل، عمر الشجرة، الموقع، حيث يزداد محتوى التانين مع زيادة العمر في خشب البلوط بينما يقل في قشورها. هذا وتؤثر المواد غير التانينية الكربوهيدراتية سلباً على صفات المتانة للخشب المصنع والمقترنة على الانصاق «Pizzi, ١٩٨٣»، ويبين الشكل (٨٤) نسبة كل من المادة التانينية والمواد الغير التانينية لعدد من الأنواع الخشبية «Roffuel and Dix, ١٩٨٩»، «Stather, ١٩٥٧».

٧-٣- الراتنج:

يتم الحصول على الراتنج من أنواع مختلفة من الصنوبر وهناك ثلاثة طرق للحصول على الراتنج من الصنوبر:

- ١- من الأشجار الصنوبرية الحية.
- ٢- استخلاص الراتنج من الخشب القلبي لبقايا جذوع الأشجار بعد القطع.
- ٣- كسب الراتنج من المحلول المتبقي بعد طبخ الخشب للحصول على العجينة الورقية (فصل الألياف الخشبية بطريقة السلفات) «Sander mann, ١٩٧٤».

١- الحصول على الراتنج من الأشجار الحية:

يتم عمل جرح في جذع الشجرة بأشكال مختلفة يسيل فيها الراتنج ليجمع في أوعية خاصة. ولا يؤخذ الراتنج من الأشجار التي يقل قطرها عند مستوى ارتفاع المصدر عن ٢٠ سم. وإن إنتاجية الشجرة الواحدة من الراتنج بالسنة ١-٤ كغ ويمكن استخدام مواد تشجع زيادة سيلان الراتنج من الجروح وبالتالي زيادة كمية الراتنج المستحصل عليه وذلك بمعاملة الجذوع بمواد مجرصة لسيلان الراتنج مثل حمض الكبريت تركيز ٥٠% ويتكون الراتنج من ٧٠-٨٠% مواد صمغية الكولوفان أو الروزن Rosin إضافة إلى ١٥ - ٢٥% تربنتين ويمكن استخدام الراتنج بشكل أساسي للحصول على المواد اللاصقة المستخدمة في صناعة الورق حيث يمتاز الورق المنتج باستخدام هذه المصمغ بسهولة الكتابة عليه.

٢- استخلاص الراتنج من الخشب القلبي لبقايا جذوع الأشجار بعد القطع:

تستخدم هذه الطريقة في الولايات المتحدة الأمريكية وذلك للحصول على الراتنج من بقايا الجذوع الخشبية بعد إجراء القطع الجزئي للغابة حيث يتعفن الخشب العصاري لهذه الجذوع بالإضافة إلى القشرة بينما يبقى الخشب القلبي سليماً ليصار إلى استخلاص الراتنج بالطرق الكيميائية منه.

٣- كسب الراتنج من المحلول المتبقي بعد طبخ الخشب للحصول على العجينة الورقية بطريقة السلفات:

حيث يدخل الراتنج في الوسط القلوي لسائل الطبخ خلال عملية الطبخ مكوناً مسلفات التربنتين إضافة إلى التحلل المائي لكل من مكونات الراتنج والدهون حيث أنه يمكن الحصول على زيت التال من سائل الطبخ بنسبة ٢% (نسبة إلى الخشب) حيث يتكون زيت التال من ٣٥ - ٥٥% حموض دهنية ومن ٤٠ - ٦٠% حموض راتنجية إضافة إلى ٥ - ١٠% مكونات حيادية. كما لوحظ أن الأشجار المعاملة بمبيد الأعشاب باراكوات أعطت نسبة عالية من زيت التال. «Roberts, ١٩٧٣».

وتأتي في طليعة الدول المنتجة للراتنج في العالم: الولايات المتحدة الأمريكية، الصين، يوغسلافيا سابقاً، البرتغال، المكسيك، الهند، ويقدر الإنتاج العالمي من الراتنج ١,٢ مليون طن سنوياً.

٨- الفلين:

يتم الحصول على الفلين من شجرة السندبان الفليني *Quercus suber* في منطقة البحر المتوسط كذلك في شمال إفريقيا. ينشأ الفلين نتيجة نشاط الكامبيوم الفليني هذا ويتكون الفلين من السوبرين واللغنين ومواد مرافقة مثل السيرين والتانين «المادة الدابضة» كذلك هناك عناصر معدنية. حيث يحمي الفلين الشجرة من الأضرار الميكانيكية ويحميها من درجات الحرارة العالية كذلك يقلل من التبخر. يستخدم الفلين في كثير من تجهيزات البناء وسدادات المقارير كذلك تستخدم القطع الفلينية الصغيرة في تصنيع الخشب المضغوط الفليني.

أهم الدول المنتجة للفلين: البرتغال وإسبانيا وفرنسا، في سوريا يمكن الحصول على الفلين من السندبان العادي والعذري *Quercus cerris* (نحال و زملاؤه ، ١٩٨٩) .

٩- المستخلصات الخشبية وتأثيراتها على صحة الإنسان:

يسبب خشب الكثير من الأنواع الخشبية حساسية لدى الكثير من الأشخاص بسبب محتواه من المستخلصات الخشبية. مثل النوع الخشبي التيك *Tecunia grandis* وخشب الإبين *Diospyros crassiflora* يسبب محتواه على مركب السشبنون كذلك السندوبير والسندوبير والدوغلاس نظراً لمحتواه العالي من التربينات كذلك يسبب مركب الكالويد الموجود في خشب أخشاب بعض أنواع السنديانيات التسمم للإنسان «Hansen, ١٩٧٣» و «Sandermann and Barghuorn, ١٩٥٦» كذلك يسبب غبار كل من خشب البامبو والسندبان أمراضاً سرطانية.

II- بعض أهم منتجات الغابة غير الخشبية Others forest products

١- الصبغات النباتية

تستخدم بعض الصبغات المستخلصة في بعض الأنواع الحرجية مثل : البقس *Rhus cotinus* والروبي *Rubia tinctorum* في صبغ الجلود والقطن والصوف .

٢- الثمار

من أهم الأنواع الحرجية التي يستفاد من ثمارها الأنواع التالية :

أ- البطم الفلسطيني *Pistacia platinus* : حيث تستخدم ثماره كمكبرات بعد تحميصها .
ب- الخروب (الخروب) *Ceratonia siliqua* : يصنع من قرونها دبس الخروب كما أن هناك بعض الاستخدامات الطبية الشعبية لبذوره و قرونها في علاج بعض الأمراض المعدية و المعوية ، كما تمتاز قرونها بقيمة علفية جيدة .

ج- الغار النبيل *Laurus nobilis* : تحضر ثماره للحصول على زيت الغار الذي يحتوي على حمض الغار و حمض الزيت و حمض النخيل و حمض الصوف حيث يستخدم هذا الزيت في صنع صابون للغار ويغش هذا الصابون بمزج زيت الغار مع زيت المطراف المستخلص من العرجوم (نقل الزيتون) . كما يدخل زيت الغار في تصنيع الشامبو ويستخدم في علاج الروماتيزم المفصلي .

د- الكستناء *Castanea sativa* : تشوى ثمارها في الشتاء وتؤكل نظراً لطعمها اللذيذ وقيمتها الغذائية العالية . يمكن الحصول على المادة العفصية (التانين) من قشور جنوعها حيث تستخدم في دباغة الجلود و في صناعة المادة اللاصقة الطبيعية التانين فورم ألدهيد TF-resin .

هـ- السنديان العادي *Quercus calliprinos* : تستخدم ثماره البلوطية علفاً لتغذية الحيوان .

٣- النباتات الرحيقية

تعتبر بعض الأنواع النباتية في الغابة مصدراً جيداً لغبار الطلع و الرحيق إذ أنها تؤمن مرعى جيداً للنحل و من أهم هذه الأنواع :

الشجرة *Foeniculum vulgare* ، الزعتر بأنواعه *Thymus sp.* ، البردقوش السوري *Origanum syriacum* ، المايسة الطبية *Melissa officinalis* ، اللاوند *Lavandula* ، الستوخاس *Hedera helix* ، الطيون *Inula viscosa* ، الكستناء *Castanea sativa* ، الحالب بأنواعه *Euphorbia sp.* ، الزعرور *Crataegus azaralus* ، الجربان *Calycotome villosa* .

٤- النباتات الطبية و العطرية

تحتوي الغابة على بعض الأنواع النباتية ذات القيمة الطبية و العطرية . يعرف النبات الطبي بأنه النبات الذي يحتوي في عضو أو أكثر من أعضائه على مادة طبية فعالة بتركيز مرتفع

أو منخفض و تنفيذ في علاج مرض معين أو في التقليل من أعراض الإصابة بمرض معين إذا ما استخدم بصورته الطبيعية أو على شكل مستحضر صيدلاني طبي . ومن الأهمية بمكان التمييز بين النبات الطبي ذي الاستخدام المباشر و النبات الطبي ذو الاستخدام غير المباشر . حيث يعرف النبات الطبي ذي الاستخدام المباشر بأنه النبات الذي يملك مجال استخدام آمن إذا ما استخدم بكمية كبيرة مثل الشمرة ، بينما النبات الطبي ذو الاستخدام غير المباشر هو النبات الذي لا يمكن استخدامه استخداماً شعبياً مباشراً بل تدخل مواده الفعالة في تصنيع العقاقير الدوائية الصيدلانية . أما الأنواع النباتية العطرية فهي الأنواع التي تحتوي على الزيوت العطرية . ومن أهم النباتات الطبية : الزعرور *Crataegus monogyna* ، الخرنوب *Ceraonia siliqua* ، اللبلاب *Hedera helix* ، العرق سوس *Glycyrrhiza glabra* ، العرن مقبب الأوراق (حشيشة القلب) *Hypericum perforatum* ، القراص المحرق *Urtica urens* ، الطليون *Inula viscosa* ، الشيكوريا *Cichorium intypus* ، السماق *Rhus coriaria* ، رجل الديك *Ruscus aculeatus* ، السوسن *Iris pseudoacorus* ، السرو الدائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* ، كزبرة البئر *Adiantum capillus* ، الشربين *Juniperus oxycedrus* .

و من أهم النباتات العطرية : الغار النبيل *Laurus nobilis* ، البنفسج العطري *Viola odorata* ، الشيع *Artemisia arborescens* ، البردقوش السوري *Origanum syriacum* ، المليسة الطبية *Melissa officinalis* ، اللوند *Lavandula stoechas* ، الزعتر السوري *Thymus syriacus* ، الأس *Myrtus communis* ، المريمية *Salvia sclarea* ، النلع *Mentha pulegium* .

٥- النباتات التزيينية

تشمل الغلبة على العديد من النباتات التزيينية التي يمكن الاستفادة منها اقتصادياً كما تعتبر مصدراً وراثية هامة و من أهم هذه الأنواع النباتية : بخور مريم *Cyclaman persicum* ، النرجس *Narcissus tazetta* ، الدفنة الزيتونية *Daphne oleifolia* ، الياسمين *Jasminum fruticans* ، الوزال *Spartium junceum* ، الأوركيدا *Orchis moria* ، الأس *Myrtus communis* ، اللوند *Lavandula stoechas* .

٦- النباتات الرعوية

تؤمن بعض الأنواع النباتية مادة رعوية جيدة للأغنام و الماعز و الأبقار على أن يكون الرعي منظماً بحيث لا يضر بالغابة .

٧- الدبال

يمكن الاستفادة من دبال الغابة على أنها مخصب للترب و عادة ما يستثمره أصحاب المشاتل التزيينية.

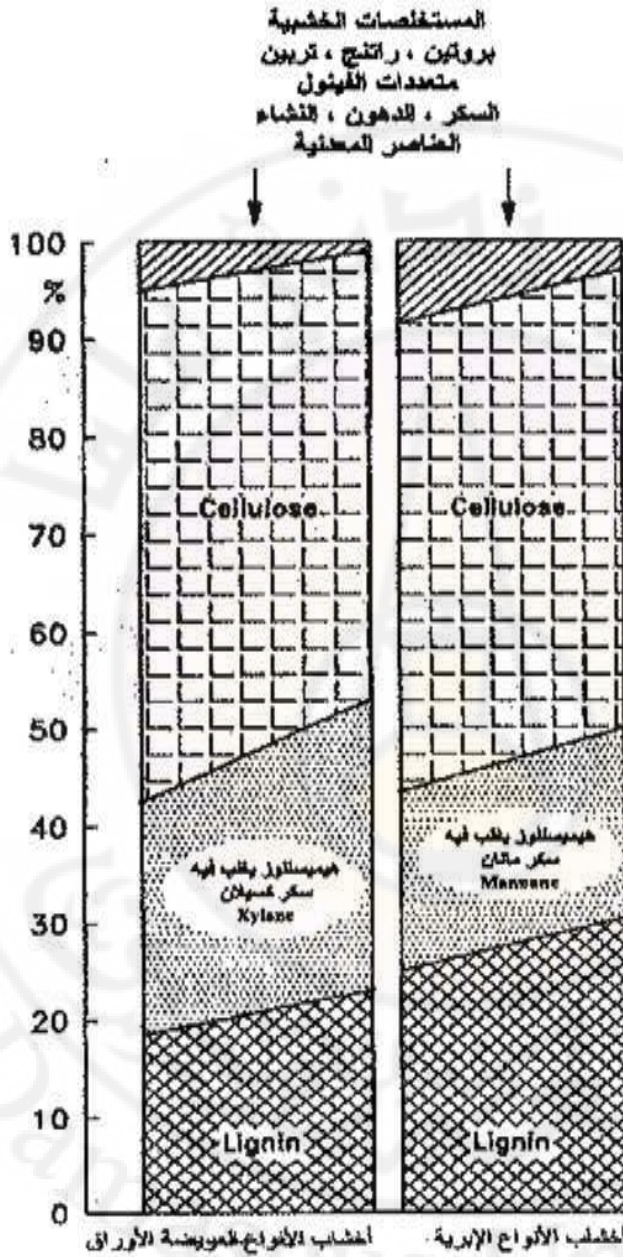
٨- الحياة البرية

يمكن الاستفادة من الحيوانات البرية في الغابة بالصيد للمنظم و المدروس . من الحيوانات البرية التي يمكن الاستفادة من لحومها الأرنب للبري السوري *Lepus capensis syriacus* و الغزال العربي *Gazella gazella arabica* و الخنزير البري *Sus scrofa typico* ، كما يجب منع الصيد في المحميات ومنع صيد الأنواع المهددة بالانقراض . منح ترخيص الصيد فقط للمسيدين الخاضعين لدورات تدريبية في علم الصيد و الحياة البرية تنظمها الجهات المختصة (أقسام الحراج في الكليات ، مديريات الحراج) .

٩- السياحة البيئية

يمكن الاستفادة من الغابة و مناظرها الجميلة و الأولاد الأثرية التاريخية التي تكتنفها من قلاع و آثار و مدن تاريخية و مزارات دينية في اجتذاب السائحين و عشاق الطبيعة و الباحثين عن المعرفة و الاستجمام . تعتبر السياحة البيئية شكلاً من أشكال الاستثمار للغابة كما تؤمن فرص عمل موسمي للسكان المحليين .

الشكل رقم (٦٤)



التركيب الكيميائي للخشب كل من الأنواع الإبرية والأنواع العريضة الأوراق
وفقاً للباحثين (Augustin and Puls 1982)

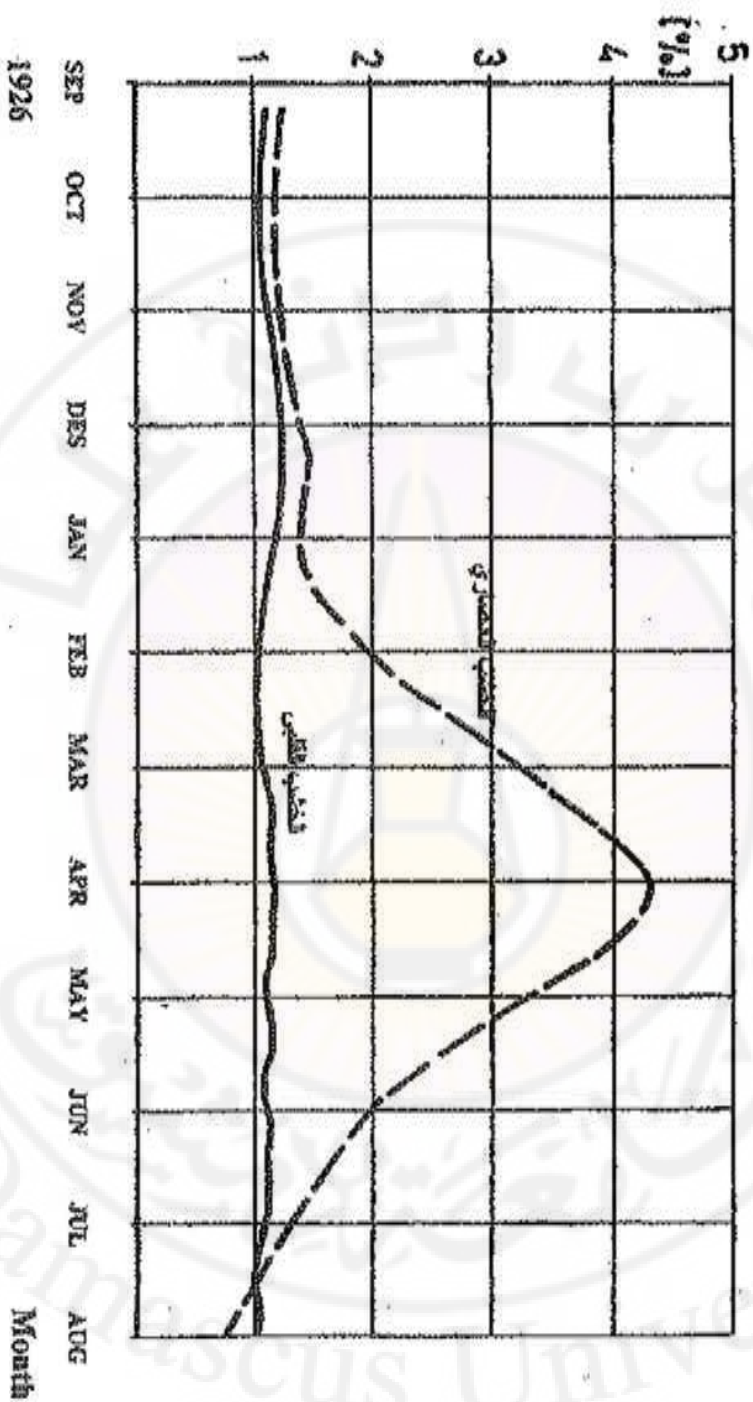
الشكل رقم (٦٥)



صورة مكبرة 3700 مرة

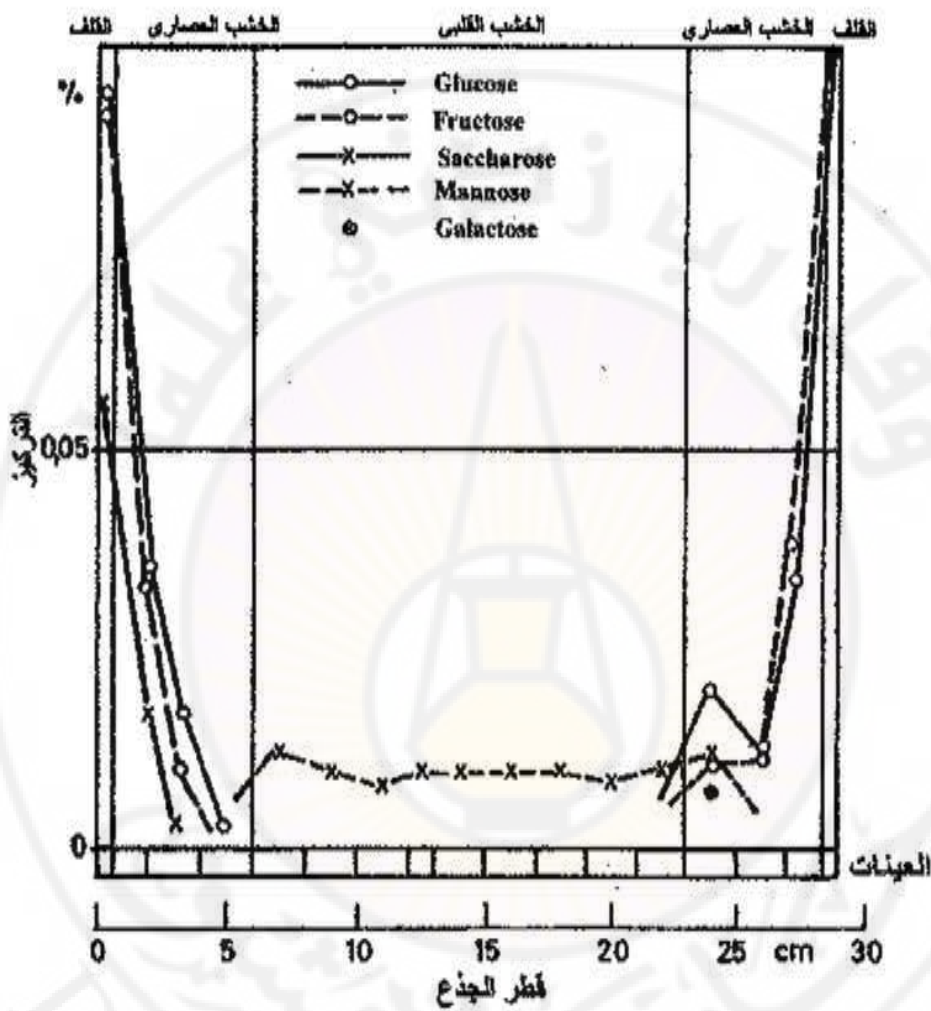
تجمع التاتين في الجدار الخلوي في الأنواع الخشبية للجنس
Quebracho (Fenegl , 1989)

الشكل رقم (١١)



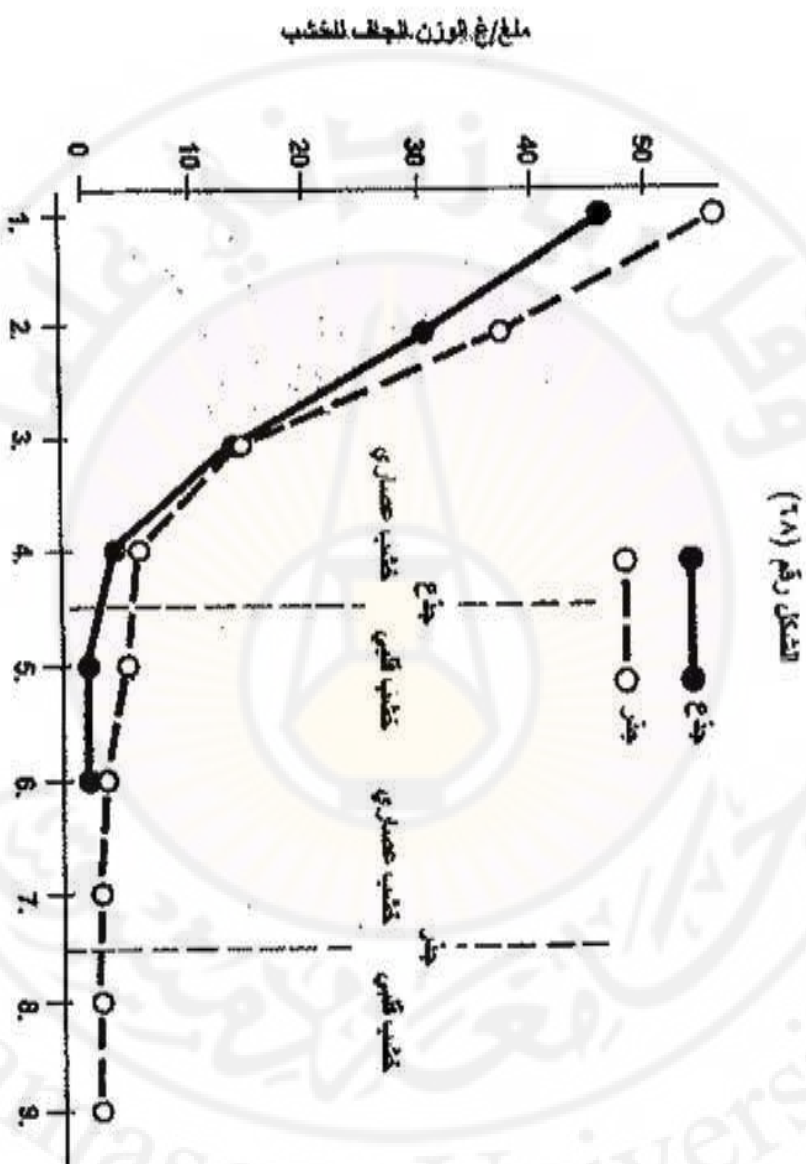
نسبة المستخلصات القابلة للذوبان في الماء على مدار العام لخشب القريب (Gaumann, 1928)

الشكل رقم (٦٧)

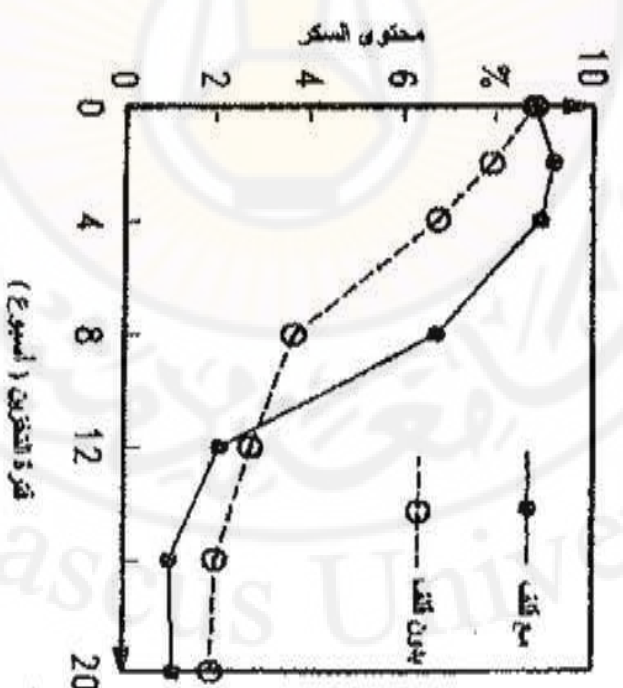
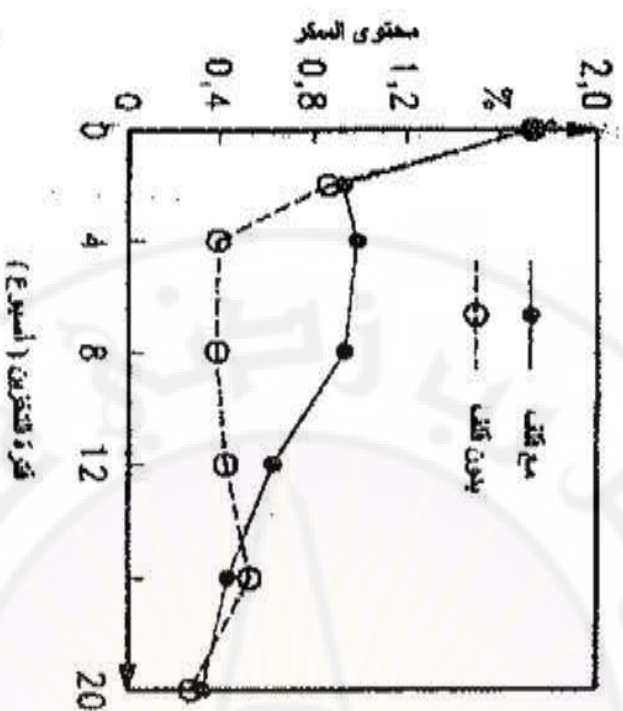


توزع السكر في جذع النوع الخشبي التلوي
(Dietrichs , 1964)

تركيز النشأ في كل من الخشب القلبي و العصاري لخشب الجنج و خشب الجنجور لنبات
Robinia pseudacacia (Holl, 1972)

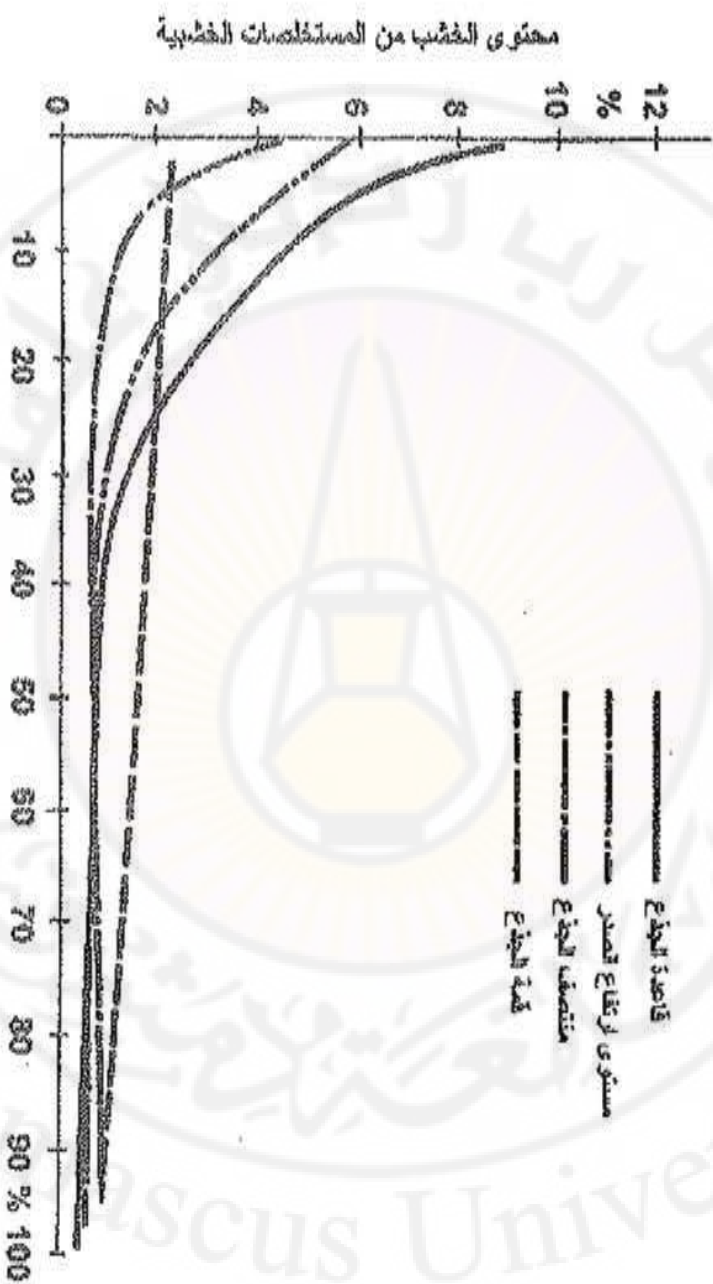


الشكل رقم (١٩)



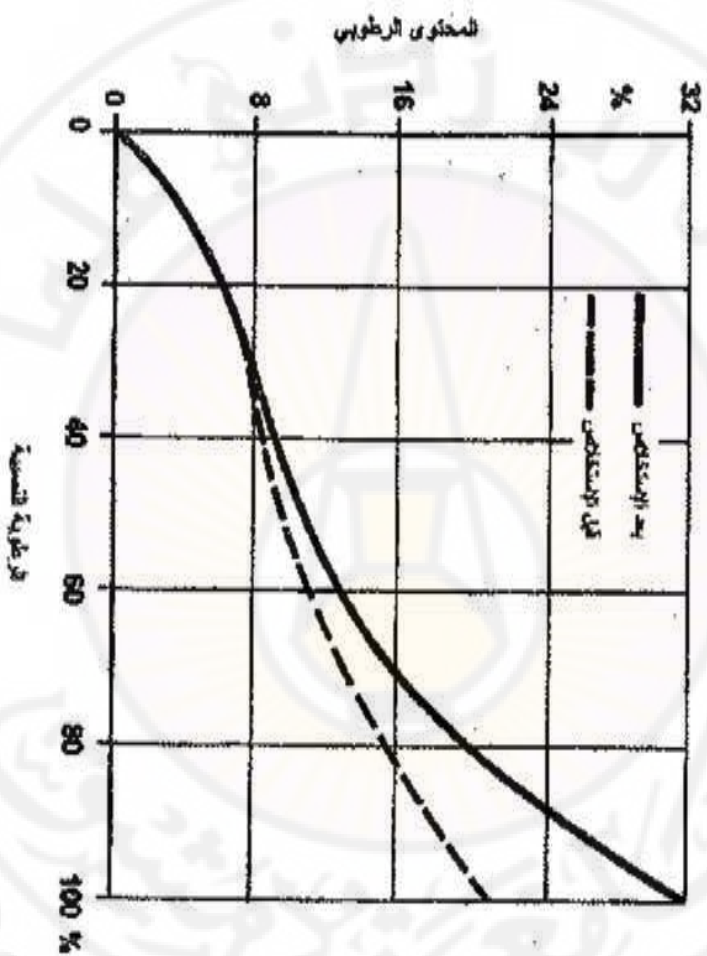
تغير محتوى السكر والنشاء ، لحشب شجرة المطاط (*Hevea brasiliensis*)
وعلاقتها مع مدة التخزين في الهواء (Kadir and Sudin, 1989)

الشكل رقم (٧٠)

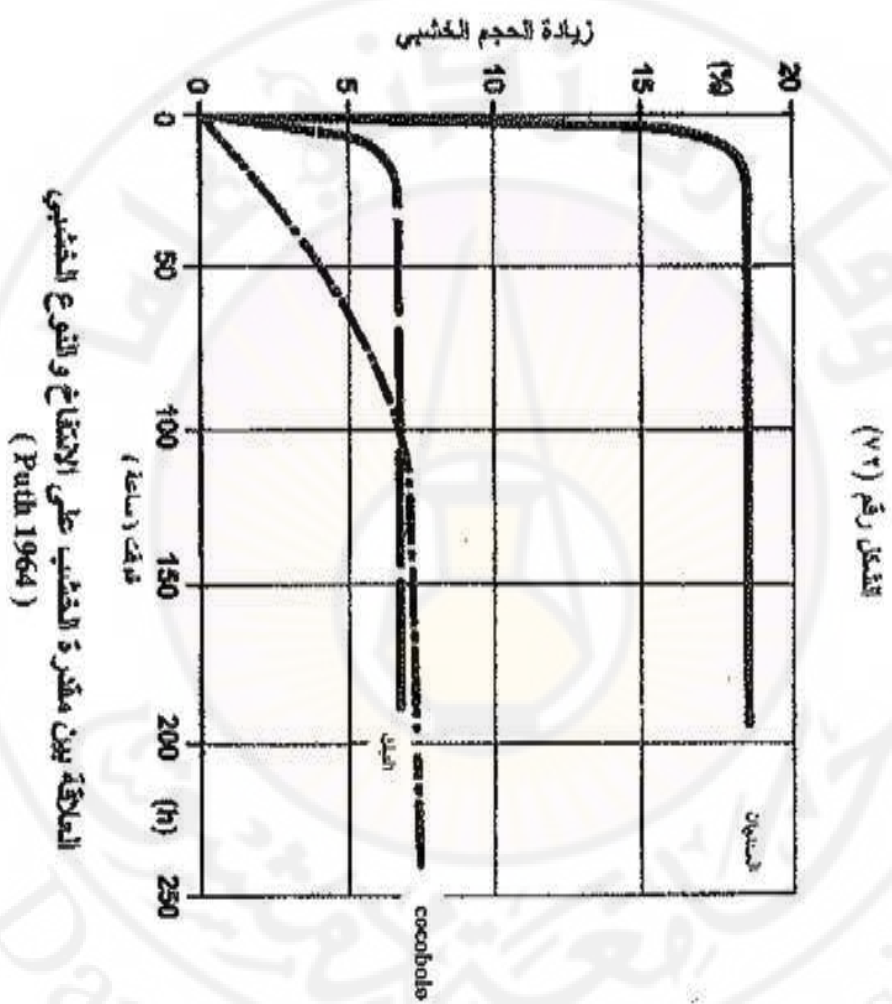


علاقة كل من المستخلصات الخشبية مع ارتفاع أخذ العينة (Buckland, 1953)

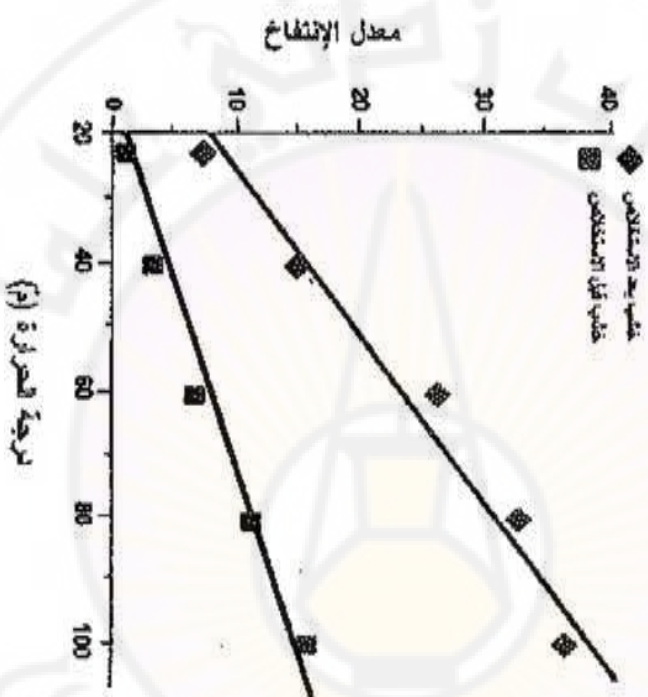
الشكل رقم (٧١)



مفكرة أليف النوع الخطي Chlorophora tinctoria على التثبيغ بالماء قبل و بعد الاستخلاص
(Wangard and Granados , 1967)

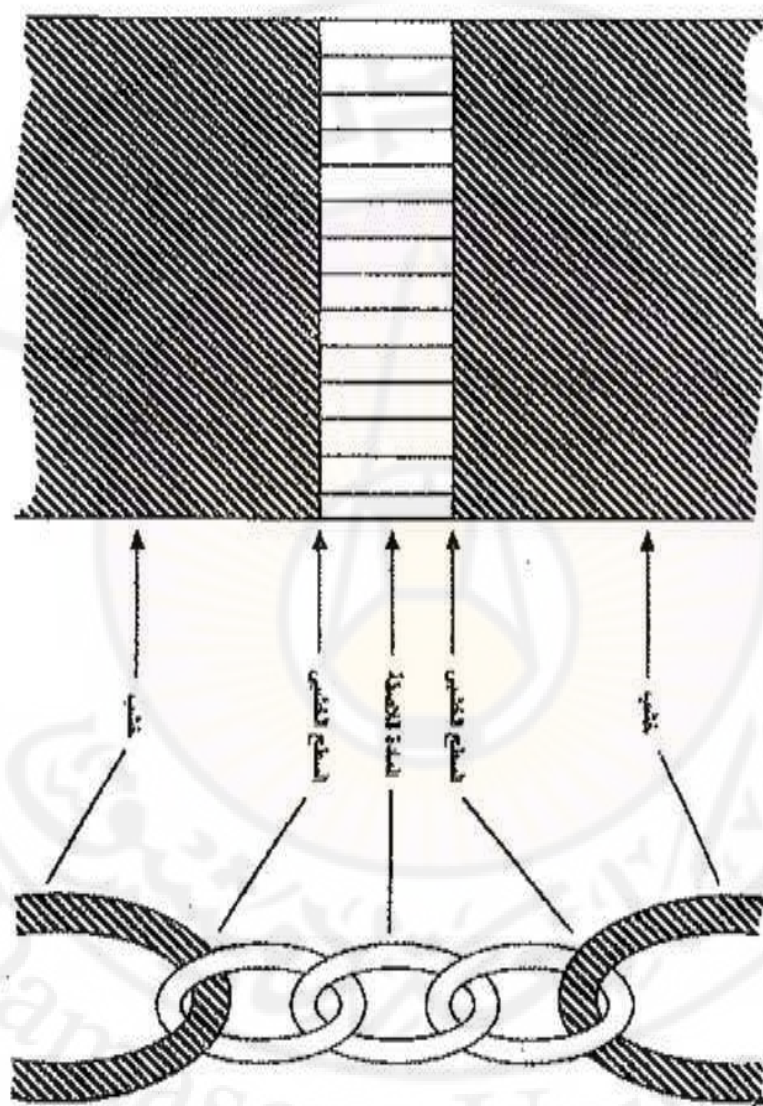


الشكل رقم (٧٣)



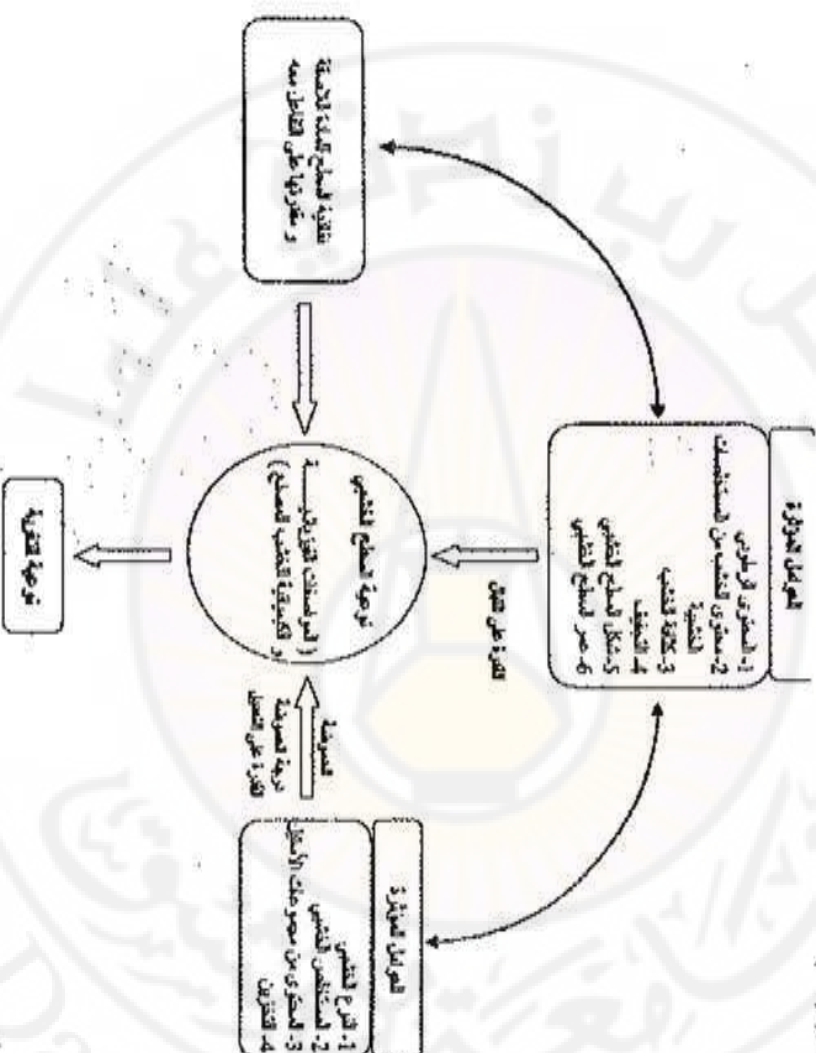
معدل الإنتفاخ في الماء لكل من خطيب للتوب قبل وبعد الإنتفاخ عند درجات مختلفة من الحرارة
(Mantanis, 1994)

طريقة ربط المادة اللاصقة لسطحين خشبيين



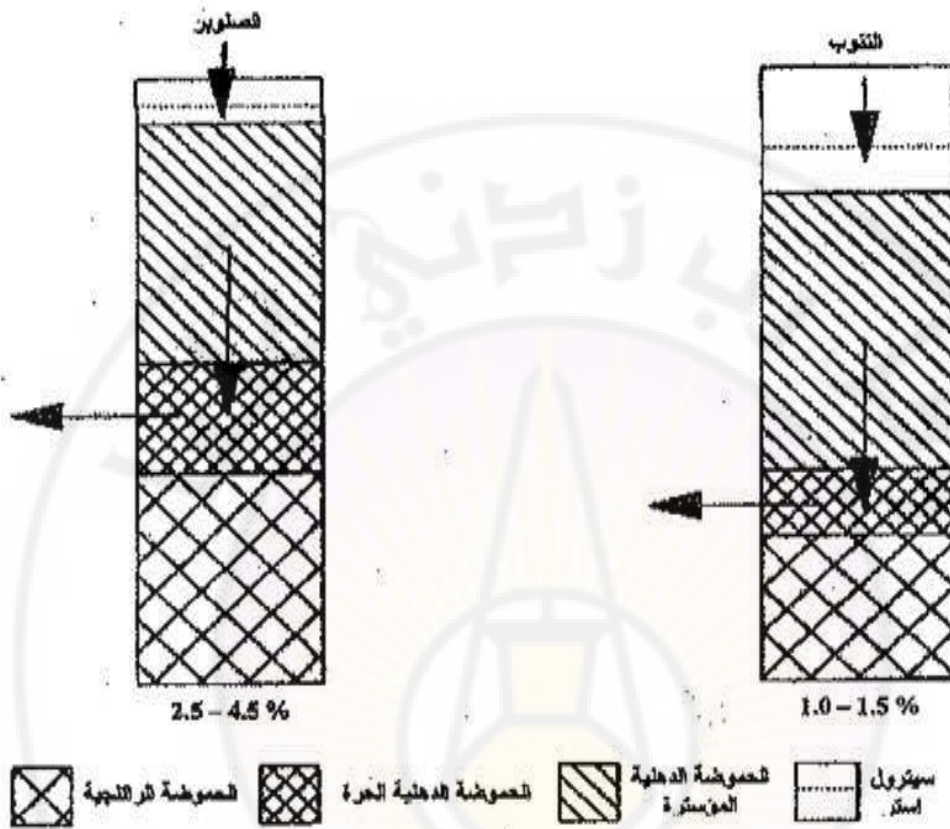
الشكل رقم (٧٤)

الشكل رقم (٧٥)



المعامل المؤثرة على عملية التغيرية وعلاقتها المتبادلة مع بعضها البعض (Roffael and Dix, ١٩٩٤)

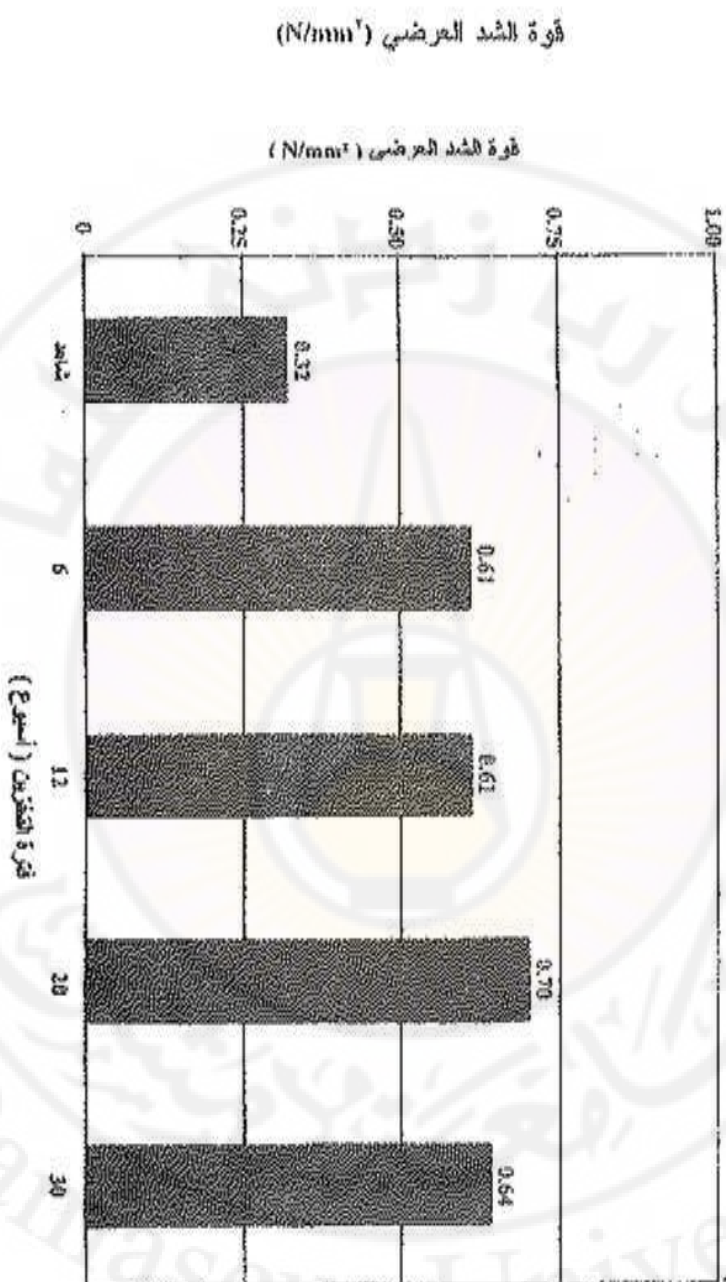
الشكل رقم (٧٦)



تغير التركيب الكيميائي للمواد الصمغية (الراتنجية) القابلة للذوبان في الإيثر

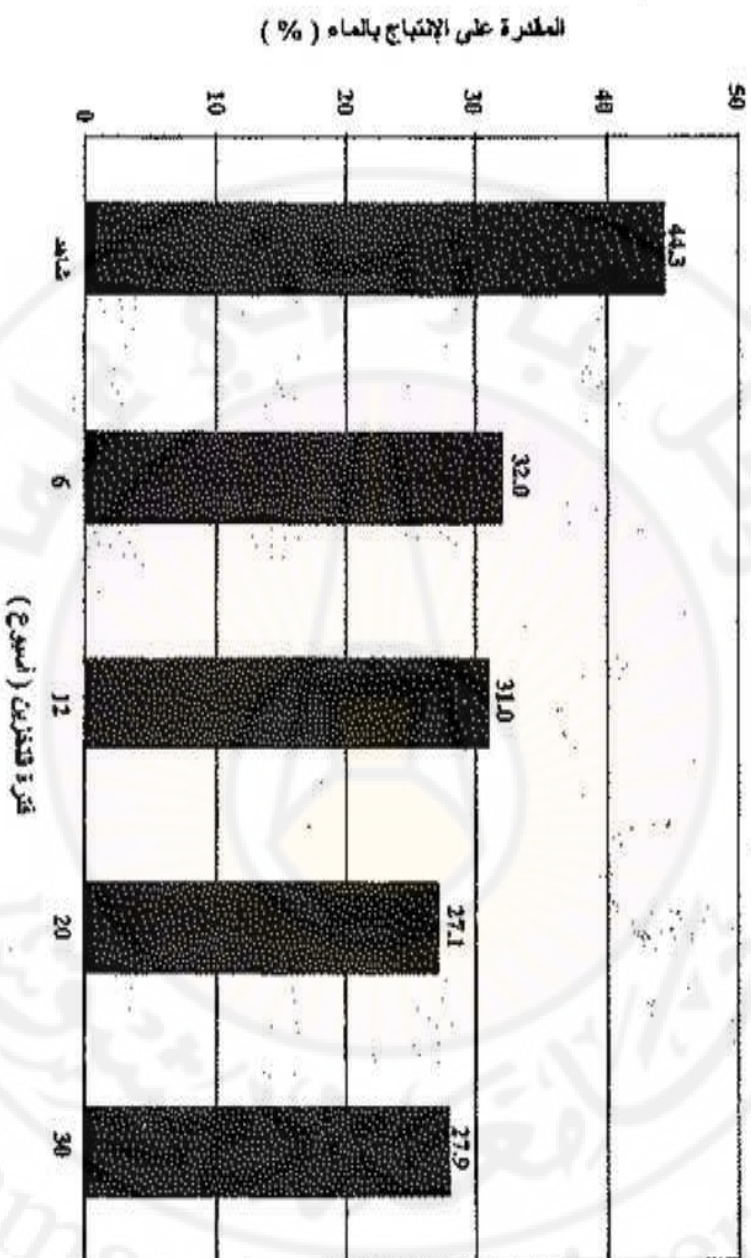
(Back and Bjorkl und Jansson, ١٩٨٧)

الشكل رقم (٧٧)



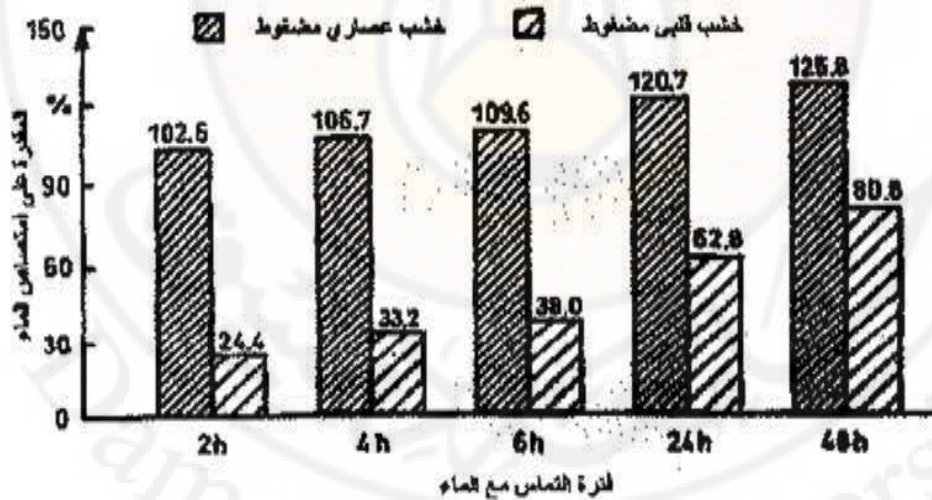
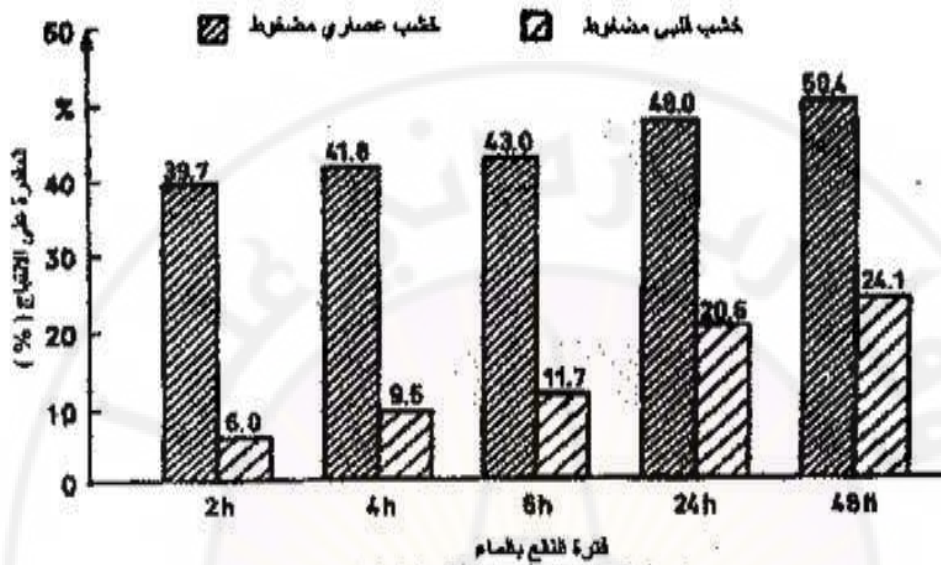
متوسط قوة الشد العرضي (N/mm²) للخراب المضغوط المصنوع من خشب الصنوبر لأشجار مقطوعة في فصل الشتاء وعلاقتها مع فترة التخزين (Schäfer, ١٩٩١)

الشكل رقم (٧٨)



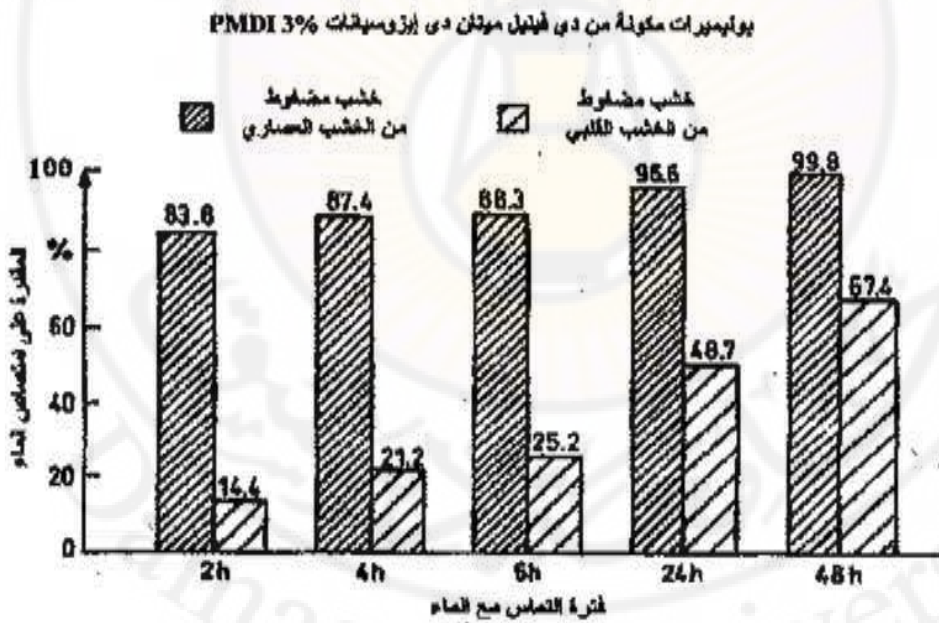
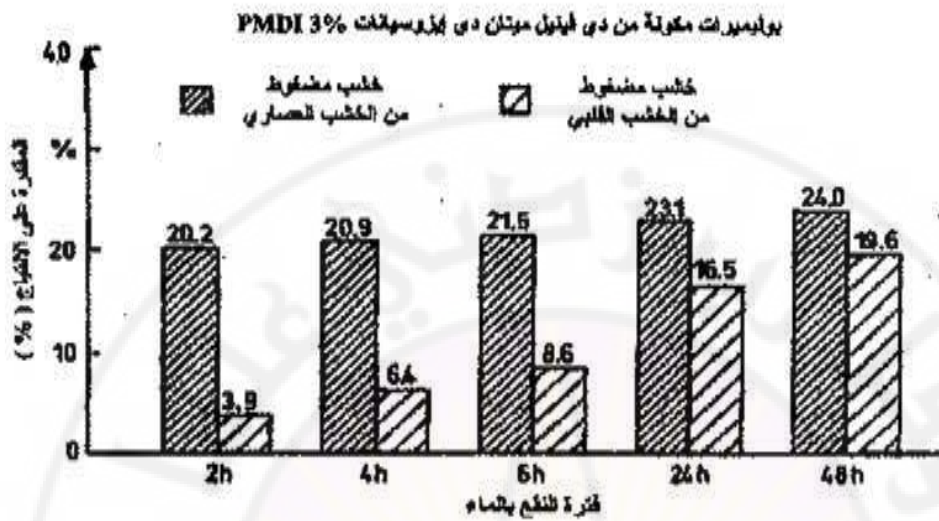
متوسط قيمة المقدرة على الإنتاج بالماء (بعد النقع بالماء مدة 24 ساعة) للخشب المضغوط المصنع من خشب الصنوبر لأشجار مقطوعة في فصل الشتاء وعلاقتها مع فترة التخزين (Schaffer , 1996)

الشكل رقم (٧٩)



المقدرة على الانتاج بالماء والمقدرة على امتصاص الماء لكل من الخشب المضغوط المصنوع من العصاري والقطني والمغري بالمادة اللاصقة اليوريا فورم الدهيد UF (Lellis, 1992)

الشكل رقم (٨٠)

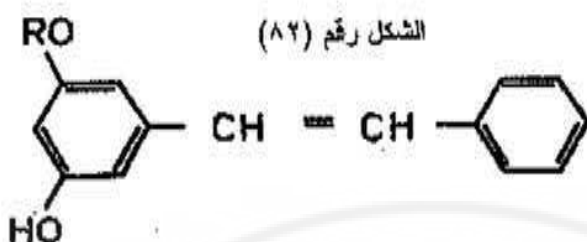


المقدرة على الالتصاق بالماء وامتصاص الماء لكل من
الخشب المضغوط المصنع من الخشب القلبي والحصارى والمغرى بالمادة اللاصقة
PMDI (Lelis . 1992)

الشكل رقم (٨١)

قيمة إصدارات الفورم الدهيد لكل من الخشب المعاكس العصاري والقيبي للدراسة بطريقة التحليل الغازي (Sachse and Roffael , 1993)

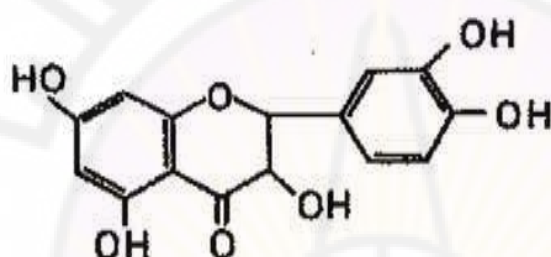
خشب معاكس	قيم التحليل الغازي [mg / h * m ²]	متوسط القيمة [mg / h * m ²]
عصاري - UF	11.7	11.3
عصاري - UF	12.7	
عصاري - UF	9.5	
قيبي - UF	4.5	6.0
قيبي - UF	7.4	
قيبي - UF	6.0	



R = H : Pinosylvin

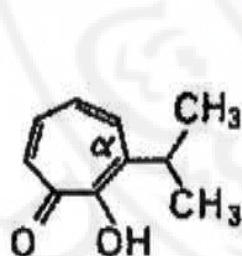
R = CH₃ : Pinosylvinmonomethylether

المستخلصات الخشبية لخشب الصنوبر

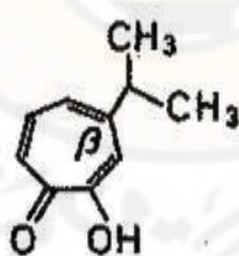


Dihydroquercetin (Taxifolin)

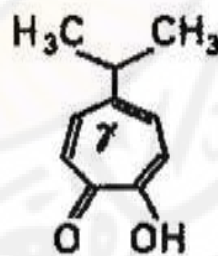
المستخلصات الخشبية لخشب الدوغلاس



α-Thujaplicin



β-Thujaplicin



γ-Thujaplicin

المستخلصات الخشبية لخشب الأرز الأحمر الغربي

المستخلصات الخشبية الهامة وتأثيرها على عملية فصل الخشب إلى الياق

الشكل رقم (٨٣)

محتوى المادة السيلولوزية المستخلصة من المادة الراتنجية بعد عزل الألياف القسورة (الألياف الصمغ) ويعد عملية التخزين لمدة تسعة أشهر لألياف اللاب (Flamro, 1963)

1 - المادة السيلولوزية المستخلصة من خشب اللوز لحديث القطع

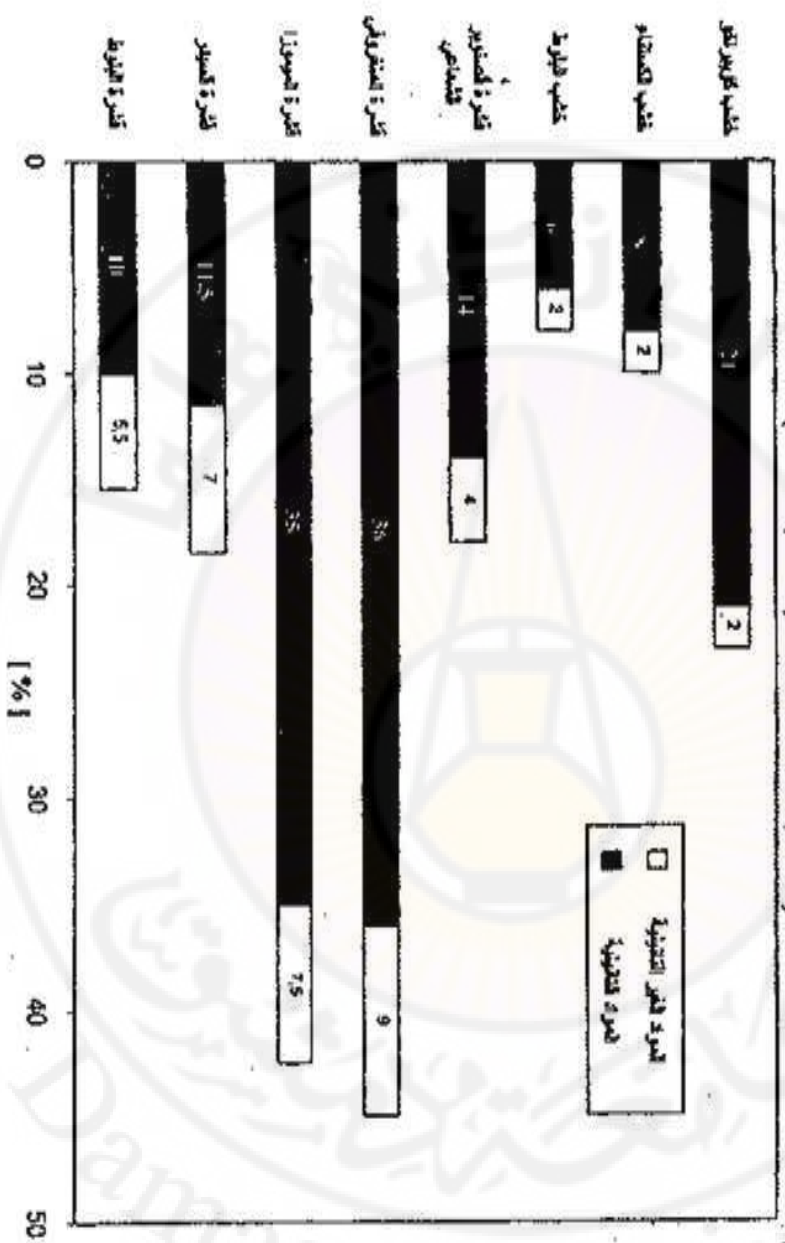
محتوى الراتنج	
3.68 %	غير مبيضة
2.93 %	مبيضة
1.02 %	المادة السيلولوزية بعد عزل 6.1 % من ألياف الصمغ
0.60 %	غير مبيضة
38.00 %	مبيضة
	ألياف الصمغ

2 - المادة السيلولوزية المستخلصة من خشب اللوز المخزن لمدة تسعة أشهر

محتوى الراتنج	
1.38 %	غير مبيضة
0.60 %	مبيضة
0.40 %	المادة السيلولوزية بعد عزل 5.5 % من ألياف الصمغ
0.20 %	غير مبيضة
13.60 %	مبيضة
	ألياف الصمغ

الشكل رقم (٨٤)

نسبة كل من المادة القطنية والسود القير القطنية بعد من (التوزيع لخصبية
(Statler, 1957 ; Roffael and Dix, 1989)





الفصل الثامن

الصناعات الخشبية

Wood Industries

I- صناعة الخشب المنشور (الألواح الخشبية) Lumber Manufacture :

تشمل عملية تحويل الجذوع للخشبية إلى خشب منشور Lumber (ألواح خشبية) نشتر الجذوع وجعلها مطابقة للمواصفات بنشر حوافها وضبط أطوالها ويمكن أن تتم العملية أيضاً باستخدام المناشير Sawmills الحديثة أو يدوياً Hand sawn باستعمال المناشير اليدوية. ويعرف الخشب المنشور (الألواح الخشبية) تجارياً بأنه منتجات نشر الجذوع الخشبية إلى أبعاد معينة (عرض، طول، ثخانة) ويقسم الخشب المنشور حسب ثخافته إلى ألواح خشبية Boards ذات سماكة أقل في العموم من ٥ سم وألواح بوندي Dimension وتكون ذات سماكة بين ٥ - ١٠ سم و Timber وتكون ذات ثخانة ١٢ سم فما فوق وتطبق هذه التقسيمات على خشب المخروطيات. وغالباً ما تستعمل الألواح الخشبية عالية الجودة المصنعة من خشب عريضات الأوراق في صناعات المفروشات والأرضيات والخزن.. وتستعمل الأخشاب الأقل جودة منها في صناعة عوارض السكك الحديدية وأعمال المناجم وغيرها. بينما يستعمل خشب المخروطيات في أعمال البناء عامة كجدران وسقوف ونوافذ وأبواب وغير ذلك.

تقاس وتقدر كميات الأخشاب المنشورة عموماً بالمتر المكعب حيث تحسب أبعاد الألواح وتكعب فمثلاً يبلغ حجم لوح خشبي ذي أبعاد ١٤٨ ملم × ٢٤٠ ملم × ٤٠ ملم نحو ١٤٢ م^٣. وتستعمل في أمريكا الشمالية عموماً وحدات إنكليزية كالقدم اللوح Board Foot ويعبر عن حجم خشبي لقطعة ذات مساحة متر مربع وثخانة واحد إنش ويستعمل معامل التحويل ٤٥٠ قدم لوح لكل م^٣.

الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المنشور (الألواح الخشبية)

Basic Steps in Lumber Manufacture:

تمر عمليات صناعة الألواح الخشبية من جذوع الأشجار بالمراحل التالية:

١ - التقشير Debarking:

غالباً ما تقشر الجذوع الخشبية قبل نشرها حيث يمكن الاستفادة من فضلات النشر في صناعة الورق فيما بعد ، وتهدف عملية نزع القلف من الجذوع الخشبية التخلص من الرمل والتراب المعلق في القلف مما يقلل من تكاليف المناشير وأعطالها ، وكذلك يمكن استعمال القلف في الوقود . وتستعمل وسائل عدة في تقشير الجذوع الخشبية كآلة نزع القلف الحلقية ring debarker حيث يدفع الجذع الخشبي ضمن حلقة تحوي فتحات مضغطة Pressure bars حيث تضغط هذه البروزات على الجذع الخشبي ممزقة القلف أثناء دوران الجذع ضمن الحلقة أو آلة تعرف باسم Cambio debarker حيث ينزع القلف بدوران الجذع الخشبي بين ثلاث أسطوانات في حالة دوران . وتستعمل أيضاً آلات نزع القلف الهيدروليكية Hydraulic debarker حيث يسلط ماء مضغوط عال على الجذع نازعاً القلف عنه .

٢ - النشر الأولي Primary breakdown:

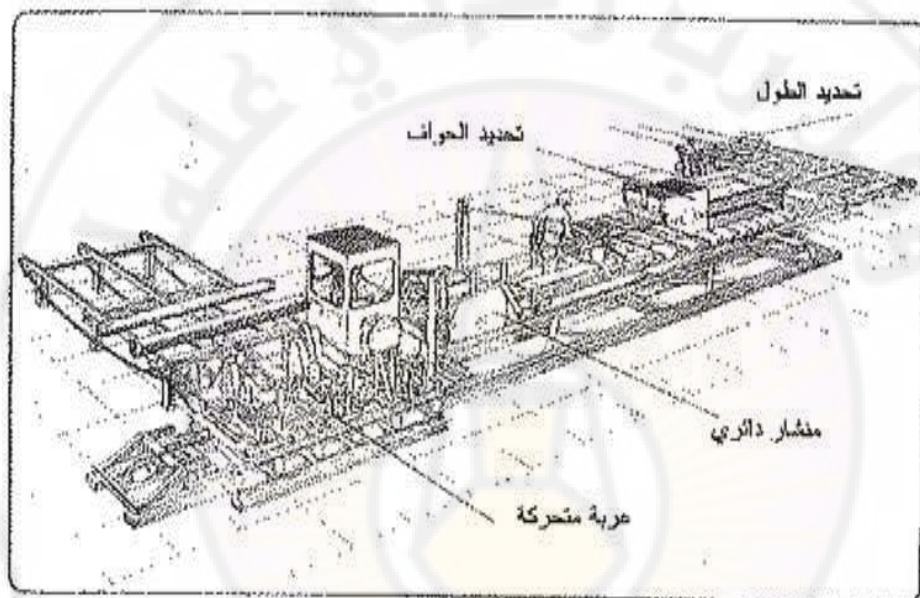
بعد نزع القلف تمر الجذوع الخشبية في مرحلة النشر الأولية حيث تثبت الجذوع على حامل يتحرك جبهة وذهاباً نحو منشار رئيس حيث تنشر الجذوع الخشبية إلى عدة ألواح وتعرف هذه الطريقة بـ Carriage ring ويحدد سماكة الألواح المنشورة من خلال التحكم بتحريك الحامل الخشبي وتستعمل مناشير دائرية Circular saw أو مناشير أشرطة band saw ويوضح الشكل رقم (٨٥) تخطيطاً لمنشرة يعمل فيها ثلاثة أشخاص الأول يتحكم في النشر الأولي والثاني يتحكم في حواف الألواح Edgerman والثالث في أطولها Trimmerman وغالباً ما تستعمل المناشير الدائرية لحز الجذوع المتوسطة والصغيرة القطر بينما تستخدم المناشير العصبية (الشريطية) في نشر مختلف الجذوع وخاصة كبيرة القطر منها . ويسمى مسار المنشار أثناء نشره الخشب بـ Kerf (المسار) وهناك طريقة أخرى في نشر الجذوع الخشبية بأن يمر الجذع عبر المناشير مرة واحدة عوضاً عن مرور عدة مرات لنشره .

٣ - النشر الثانوي Secondary Breakdown:

بعد نشر الخشب أولاً تجري عمليات نشر ثانوية له ، هدفها تحديد أبعاده من حيث تحديد عرضه وتنظيمه من خلال نشر حوافه وتنظيم طوله من خلال نشره إلى الطول المرغوب وتهدف عمليات التجريف والتقصير إلى رفع قيمة الخشب الناتج عبر إزالة التشوهات فيه كالعقد .

٤ - التجفيف والفصل والإتهاء :Drying Sorting and Finishing

يدرج الخشب ويفصل حسب حجمه وأنواعه ويفضل عند تجفيفه أن يجري تجفيف الألواح ذات السماكة الواحدة والعرض الواحد والنوع الواحد ودقة واحدة في الفرن حيث توضع الألواح الخشبية فوق بعضها بعضاً مفصولة عن بعضها بـ *Spacer sticks* ويدرج الخشب مرتين مرة بعد نشره أخضر وأخرى بعد تجفيفه ويدرج الخشب إما يدوياً أو آلياً ومن ثم تنعم *Surfacing* الألواح من جميع الوجوه أو من وجهين فقط.



شكل رقم (٨٥) مخطط لمنشأة صغيرة (vgl. John et al., ٢٠٠٣)

لتقدير إنتاج المناشر تقاس الجذوع الخشبية قبل نشرها حيث تقدر حجمها أو أوزانها ويقارن إنتاج المناشر بحجم الخشب المنشور مقارنة مع حجم الجذوع الداخلة في إنتاجه وهذا ما يعرف باسم معامل تحويل الخشب *Lumber recovery Factor* وتتبع عدة طرق لرفع معامل التحويل هذا منها ، الإقلال من عرض مسار المنشار، السيطرة على ثخانة الألواح المنشورة وضبط ثخانتها وتتبع طرق ووسائل شتى لضبط هذه الأمور كما سجات الخشب الإلكترونية، حيث تقاس وتضبط أوضاع الجذوع آلياً.

II- صناعة الشرائح الخشبية والخشب المعاكس :

Veneer and Plywood Manufacture:

الخشب المعاكس عبارة عن ألواح من الرقائق الخشبية ملصوقة مع بعضها بعضاً تحت ضغط مرتفع بصورة متعامدة مع اتجاه الألياف فيها وغالباً ما يستعمل عدد فردي من هذه الرقائق (٣، ٥، ٧) للحفاظ على توازن بين أطراف القطع المختلفة. ويمكن أحياناً وضع حشوة بين رقتين خشبيتين مزلفة من أصابع خشبية bars أو خشب مضغوط (مفروم) ويوضح الشكل (٨٦) النماذج المختلفة لصناعة الخشب المعاكس.

ويعود تطور هذه الصناعة إلى حد كبير إلى تطور تقنية صناعات الفراء والمواد اللاصقة الأخرى ، وقد شاع انتشار الخشب المطبق في أعمال البناء والنجارة وغيرها إلى خواصه المميزة من حيث خفة الوزن ومتلته واتساع سطحه وسهولة تسميره ولصقه ونشره وثبات شكله ضد التشوهات.

ويسمى الخشب المعاكس عندما تكون الحشوة مكونة من أصابع خشبية تجارياً بخشب اللاتيه وتستخدم عموماً مختلف الأنواع الخشبية الشجرية في إنتاج الرقائق الخشبية الشجرية وتدرج الأنواع إلى فئات حسب جودة رقائقها الخشبية.

الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المعاكس (تقشير الخشب):

Basic steps in Manufacture:

١ - ترطيب الألياف Heating the Blocks:

تسخن جذوع الخشبية قبل تقشيرها حيث يعمل التسخين على تليين الخشب والعقد مما يسهل نشره ويحسن التسخين أيضاً من جودة الرقاقة ويقلل من خشونتها ويمكن الاستغناء عن هذه العملية عند تقشير جذوع الأشجار المخروطية نظراً لانخفاض كثافتها لكن عموماً تسخن جميع الجذوع دون استثناء بهدف.

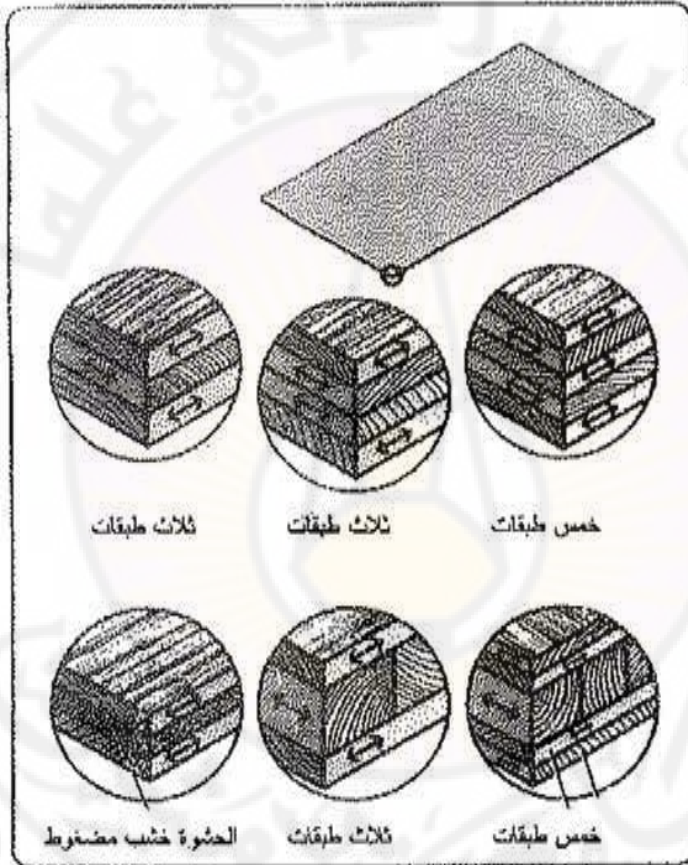
١ - رفع ناتج التقشير ٣ - ٥ %.

٢ - رفع جودة الناتج بنحو ٣ - ٢٥ %.

٣ - تقليل تكاليف العمل حيث تنتج الرقائق في شرائط متصلة طويلة.

٤ - تقليل كمية المواد اللاصقة بسبب نعومة سطح الرقاقة.

وتسخن الجذوع الخشبية بتبخيرها بالماء أو تغطيسها بالماء الساخن أو رشها بالماء الساخن أو بالجمع بين مختلف هذه العمليات وتسخن الجذوع لدرجة ٩٣ مئوية ويهدف التسخين الوصول بدرجة حرارة الجذع الخشبي إلى درجة حرارة ملائمة عمقاً للوصول إلى القطر المتبقي ، ويعتمد وقت التسخين على قطر الجذوع ووزنها النوعي ورطوبتها ودرجة الحرارة اللازمة لتفتير النوع.



شكل رقم (٨٦): النماذج المختلفة لصناعة الخشب المعاكس (vgl. John et al., ٢٠٠٣)

فكلما ازدادت الكثافة كلما ارتفعت درجة الحرارة المطلوبة للتفتير ، وقد وجد أن تفتير جذع من أخشاب الباسا يتطلب حرارة ١٦ مئوية ، بينما يقشر البلوط الأبيض على درجة ٩٣ مئوية.

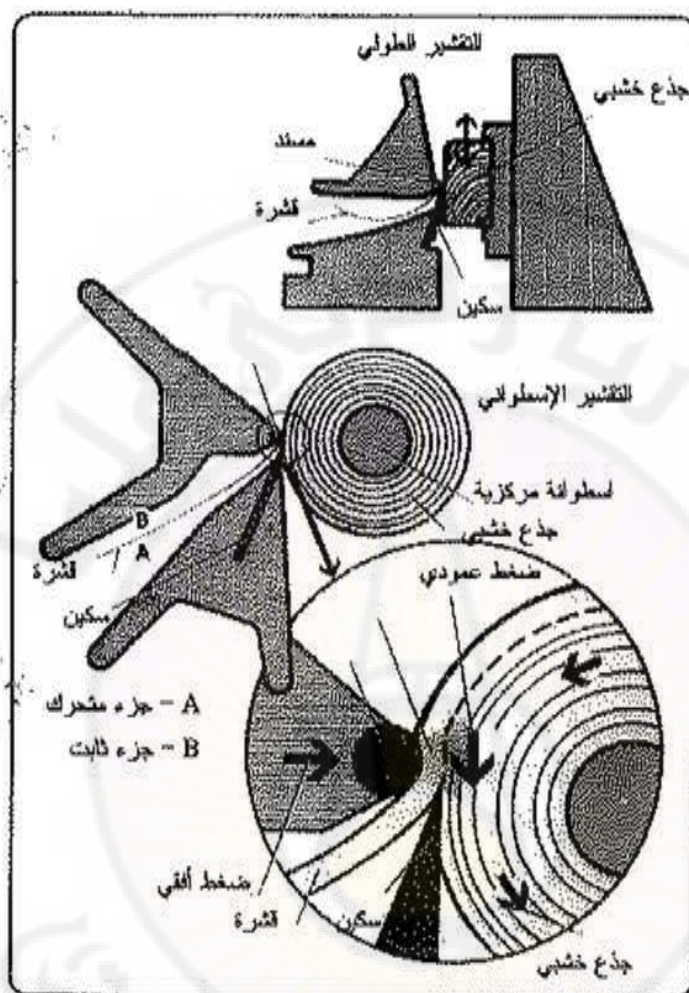
٢ - التقشير (Cutting Veneer):

يتم في تقشير الجذوع طريقة التقشير الأسطواني Peeling والتقشير الطولي أو المماسي (الحز) Slicing شكل رقم (٨٧) وتضع الرقائق الخشبية غالباً بطريقة التقشير الأسطواني وتستخدم طريقة التقشير المماسي في تقشير الأخشاب عريضة الأوراق حصراً إذ إنه نادراً ما تستعمل في حالة المخروطيات. وتتم عملية التقشير الأسطواني بمسك الجذع الخشبي من الطرفين وتدويره بعكس سكين حادة تحت ضغط. ويتقدم الحامل للجذع الخشبي نحو السكين بالسمائة المطلوبة للتقشير بدوران الجذع نفسه وتحدد زاوية ميل السكين نحو الجذع الخشبي والضغط المناسب للجذع على السكين جودة الرقائق الناتجة وبدوران الجذع وكثافته المستمر من قبل السكين تخرج رقائق خشبية متصلة (مستمرة) تلف على أسطوانات حتى لا يتشقق سداً. أما السفلي في أخشاب عريضة الأوراق، أو تقشر مباشرة على رفوف أو حوامل عريضة، أو قد تقشر رقائق مختلف الأنواع على رفوف مباشرة ثم تقطع إلى أطوال مناسبة عمودياً على اتجاه الألياف يدوياً أو آلياً وتستمر عملية تقشير الجذع الخشبي إلى درجة يصعب معها تقشيرها، ويعرف ذلك بالحد الأدنى للتقشير ويعرف القسم المتبقي من الجذع بالأسطوانة المركزية، وتجفف الشرائح الخشبية Veneer drying إما باستخدام تيار نفاث جار من الهواء عبر أنابيب وفتحات صغيرة مسلطة على الرقائق أو تدخل في مجففات خاصة حيث تنخفض درجة الرطوبة فيها إلى نحو ١٠%.

وتقشر جذوع الأخشاب عريضة الأوراق بطريقة التقشير الطولي حيث يثبت الجذع على حامل يمر بصورة متناوبة أمام سكين كشط حيث تكشف رقيقة في كل مرة ويتحكم في شكل رسوم الرقائق آلية وضع السكين أو الجذع. وتجفف الرقائق كالمسابق.

٣ - صناعة الخشب المعاكس Plywood manufacture:

تعد قص الرقائق الخشبية إلى الأبعاد المطلوبة تطلب بطبقة رقيقة من اللاصق عبر مرور الرقائق بين أسطوانتين تفرزان المادة اللاصقة، أو يمكن طلاؤها يدوياً أو عبر بخ اللاصق على الرقائق، وذلك عند مرور الرقائق على الناقل وتوضع الرقائق فوق بعضها بالشكل المناسب وتدخل إلى مكبس ضغط حيث تضغط تحت حرارة مناسبة حسب سماكتها ونوعية المادة اللاصقة لفترة معينة تخرج بعدها على هيئة ألواح خشبية متعاكسة ثم تقص الألواح الخشبية المتعاكسة إلى الأبعاد المطلوبة، وتجرى عمليات الصقل والتنعيم والتخزين وتخزن الألواح ضمن شروط تهوية جيدة.



شكل رقم (٨٧): طرق تشجير الجذوع (vgl. John et al., ٢٠١٣)

تهدف عملية كبس الرقائق الخشبية إلى تقريب مسطوح الرقائق الخشبية مسن بعضها بعضاً مما يجعل سماكة الطبقة اللاصقة رقيقة جداً ولتسخين الريزن (المادة اللاصقة) لدرجة حرارة تعمل على تكلمرها ، وعادة ما تكون درجة الحرارة نحو ١١٥م لمدة ٩٠ ثانية.

المواد اللاصقة Adhesives:

تستعمل حالياً مواد لاصقة مؤلفة من صمغ ذات ذوبان حراري ومن أهم المواد الصمغية المستعملة فورم الدهيد الفينول وفورم الدهيد البوريا حيث يعد مقوم هذه المواد اللاصقة الفورم الدهيد الذي يصنع من الميثانول والبوريا والفينول وهي مواد بتروكيماوية. ويمكن تطوير مواد لاصقة من المواد للصمغية في القلف (التانين) ومواد اللغنين. وتستعمل مواد عدة باعتبارها حاملاً لهذه المواد اللاصقة كالنشاء ودم الحيوان باعتبارها عوامل منفذة للمادة الفعالة في الخشب.

وعند تقدير ملائمة استخدام الخشب المعاكس للاستخدام لابد من اختبار متانة المادة اللاصقة (متانة اللصق) والخشونة ومدى تقبله للتسمير ومظهر سطوحه وتحملته لعوامل التدهور والحرائق..

وغالباً ما يحسن ويرفع من قيمة الخشب المعاكس بتحسين سطوحه كطلائه بمواد عازلة أو عزلة برفائق خشبية مثبنة بالصمغ أو المواد اللاصقة والطريقة الأخرى جعل سطحه خشن الملمس محجراً.

العوامل المؤثرة في انتقاء الأنواع لصناعة ألواح الخشب المعاكس :

Factors affecting the Utilization of Timber for Plywood:

من للعوامل المؤثرة في صلاحية نوع ما للتقشير قطر الجذوع الخشبية وكلمسا كان القطر كبيراً كان ملائماً لهذه الصناعة وتستخدم حالياً جنوع بقطر حتى من ٢٥ - ٣٠ سم في هذه الصناعة وتستطيع الصناعة الآن تقشير الجذوع لغاية قطر متبق قدره ٩ سم. ويجب أن تكون الجذوع خالية من العقد ومن التشوهات الخارجية ويجب أن تكون مستقيمة كاملة الاستدارة وغير مصابة بتعفن القلب. ويختلف حجم الناتج من الخشب المقشر حسب قطر الجذوع واستقامتها والقطر المقشر منها.

III- صناعة ألواح الخشب المضغوط Particleboard:

الخشب المضغوط عبارة عن ألواح تصنع من فرم الخشب ومزجه (خلطه) بـالمواد اللاصقة ومن ثم ضغطه وتختلف الألواح المصنعة بهذه الطريقة حسب حجم القطع الخشبية المفرومة الداخلة في تصنيعها وشكل هذه القطع وكمية المواد اللاصقة المستعملة والكثافة التي تضغط إليها هذه الجزيئات ، وتستخدم عدة أنواع من القطع الخشبية في تصنيع هذه الألواح منها Chip, Wafer, Flake, Shaving، نشارة الخشب Sliver, Strand, Sawduts وألياف صوفية خشبية Wood wool.

وتصنف الألواح المصنعة من الخشب المفروم وبقيائه بالاعتماد على حجم الجزيء (القطعة) وهندستها وكثافة الألواح ونموذج اللاصق المستخدم وطريقة تصنيعها. وتصنف الألواح في الولايات المتحدة حسب كثافتها ونوعية صنعها ونموذج اللاصق.

١ - حجم الجزيئات وهندستها Particle size and Geometry:

تعد الجزيئات مثالية لإنتاج ألواح مثينة إذا كانت شرائح Flake بثخانات متجانسة بنسبة طول إلى ثخانة كبيرة فتعطي مثلاً للقطع الخشبية المفرومة إلى طول ١ - ٢,٥سم و ثخانة ٠,٢٥ - ٠,٣٨ ملمتراً ألواحاً ممتازة إلا أنه يصعب إنتاج مثل هذه القطع ، وبشكل عام يقترن تصنيع جزيئات خشبية من الحالة المثالية بكم حجم القطع الخشبية الداخلة في عملية الفرص.

٢ - توزيع الجزيئات في ثخانة اللوح (عمقه)

Particle Distribution between Face and core:

يكون السطح مهماً في حال استخدام اللوح في صناعة المفروشات أو في حالة طلائه حيث تفضل الجزيئات متناهية الصغر في هذه الحالة وغالباً ما تصنع الألواح الخشبية المضغوطة من عدة طبقات حيث توضع الجزيئات الكبيرة الحجم حشوة والناعمة للصغيرة على السطح ويفضل عموماً هذا التطبيق لأنه يكسب الألواح متانة في الانحناء ويبين الشكل رقم (٨٨) هذا التطبيق حسب حجم النشارة الخشبية

— كثافة الألواح المضغوطة Board density:

(٣) تنتج الألواح عموماً بكثافات عالية ٨٠٠ كغ/م^٣ أو أعلى ومتوسط الكثافة ٦٤٠ كغ/م^٣ وذات كثافة منخفضة أقل من ٦٤٠ كغ/م^٣ ويستعمل الأخير خشوة في الأبواب حيث لا تكون الكثافة مهمة كثيراً، ويهدف إنتاج الألواح الخشبية المضغوطة إلى إنتاج ألواح ذات كثافة منخفضة ومتانة عالية ملائمة للاستعمال المنشود.

— نموذج المادة اللاصقة Resin Type:

تعد فورم الدهيد اليوريا من أكثر المواد اللاصقة استعمالاً في صناعة الخشب المضغوط وتتطلب وقتاً أقصر في المكبس وذات تكلفة قليلة وتستخدم الألواح المصنوعة باليوريا داخلياً. بينما تستخدم فورم الدهيد الفينول صمغاً في صناعة الألواح ذات الاستعمال الخارجي.

— طريقة الصناعة Manufacturing Process:

تقزم القطع الخشبية إلى جزيئات وتوضع على حصىرة متحركة ويضاف إليها المادة اللاصقة ، ومن ثم يعمد إلى كبسها في مكابس خاصة تحت حرارة ، ويمكن إنتاج الألواح الخشبية المضغوطة بطريقة الكبس المستمر Continuous Presses بواسطة مداخل وقضبان فولاذية وتضغط على حرارة معينة أثناء مرور حصىرة الأجزاء الخشبية تحت هذه المداخل. وتعد هذه الطريقة ملائمة جداً لإنتاج ألواح بسماكة حوالي ٥ - ٦ ملم.

خطوات التصنيع Basic Steps in Manufacturing:

١ — تحضير الجزيئات: Preparation of the Particles

يغرم مختلف أشكال القطع الخشبية إلى جزيئات عبر نشرها أو طحنها وتمزيقها عبر آلة تحوي سكاكين تقطع القطع إلى جزيئات انظر الشكل رقم ٨٩ ورقم ٩٠ وبعد تجميع هذه الجزيئات يضاف إليها المواد اللاصقة على شكل سائل حيث تكون رطوبة الجزيئات نحو ٢-٥% ويضاف ٤ - ٦% رطوبة مع اللصق لتكون الرطوبة النهائية للخشب المضغوط ١٠% مع العلم أنه قبل إضافة اللصق تجفف الجزيئات إلى درجة الرطوبة المقبولة (٥%) ثم تغربل لإزالة الغبار الخشبي حيث يعمل وجود هذه المواد على امتصاص الكثير من اللصق

وبالتالي إضعاف متانة اللوح ويمكن بالخربلة فصل الجزيئات الناعمة عن الخشنة عند الرغبة في تصنيع ألواح خشبية مضغوطة مطبقة.

٢ - الخلط (التغرية) Blending:

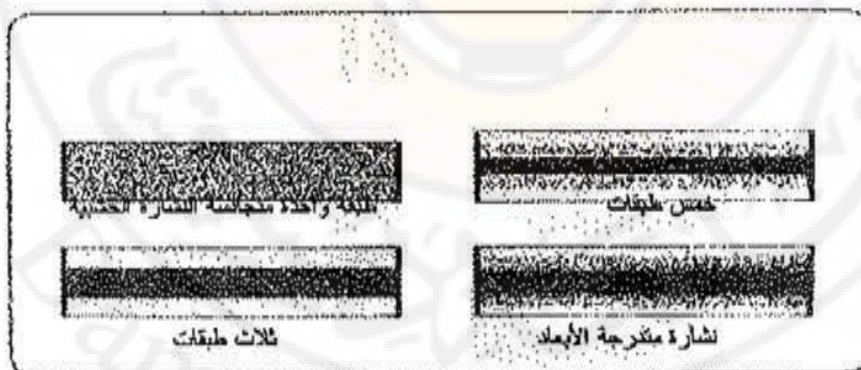
تضاف المواد الشمعية إلى الجزيئات بمعدل ٢% وزناً لإكساب الجزيئات صفة النفور من الماء ثم يضاف اللاصق بمعدل ٢,٥ - ١٠% وزناً بشكل طبقة بسين السطحين بفعل بخاخات ومن المفضل توزيع المادة اللاصقة بشكل متجانس على اللوح.

٣ - التشكيل Forming:

تشكل طبقة مستمرة من القطع الخشبية المفرومة بشكل متجانس ، وذلك بفردھا بواسطة آلات على سيور متحركة بهدف تنظيم كثافة الألواح الخشبية المضغوطة الناتجة باستعمال نيار هوائي جاف ويبين الشكل (٩١) طرق فرش النشارة الخشبية.

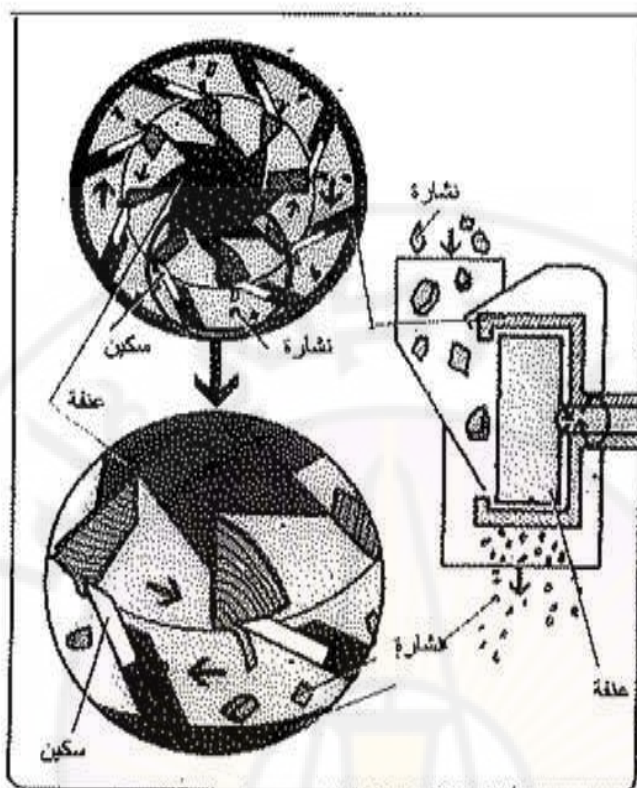
٤ - الضغط Pressing:

بعد تشكيل الحصىرة تنقل إلى مكبس متعدد الصفائح لتكبس الحصىرات على درجات حرارة تتناسب وزمن الكبس ونوع المادة اللاصقة فمثلاً تكبس حصىرة بسماكة ١,٢سم باستعمال الليوريا كمادة لاصقة لمدة ٣ دقائق في حين تكبس لمدة أطول وحرارة أعلى باستعمال الفينولات حرارة أكثر من ١٨٢ درجة مئوية.

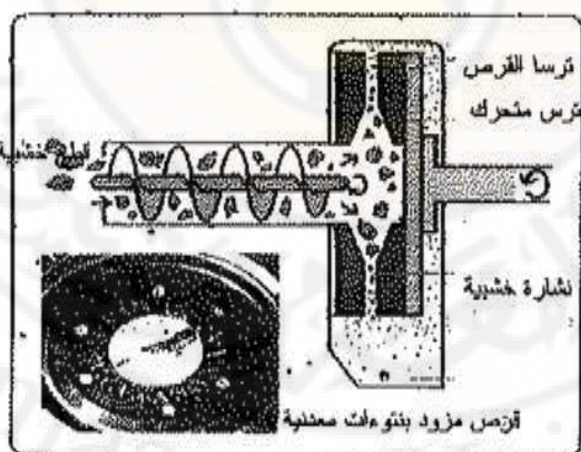


شكل رقم (٨٨) نماذج من الخشب المضغوط بطبقة واحدة

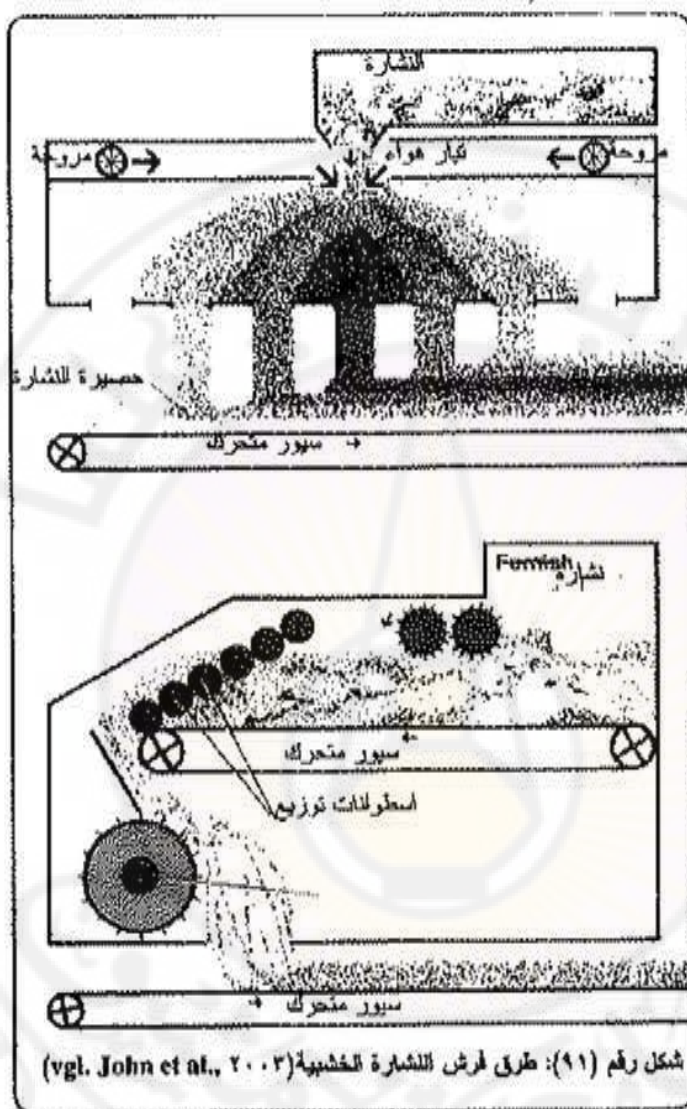
أو خمس أو ثلاث طبقات من النشارة الخشبية (vgl. John et al., ٢٠٠٣)



شكل رقم (٨٩): قرممة مكينة (Fischer, ١٩٧٢)



شكل رقم (٩٠): قرممة قرصية (Fischer, ١٩٧٢)



ويمكن السيطرة على سماكة الألواح المصنعة بوضع صفائح معدنية عرضية تعترض بعض القطع الخشبية للوصول إلى السماكة المطلوبة في جميع الألواح. أو بتنظيم الضغط على الألواح.

٥ - الإنتهاء الأولي Primury Finishing:

تبرد الألواح بعد خروجها من المكبس الحراري، وهذا ضروري لزيادة فعالية المادة اللاصقة خاصة في حال استعمال اليوريا على أنها مادة لاصقة إذ إنها تتحطم تحت درجات الحرارة العالية. في حين لا تبرد الألواح المصنعة باستعمال مواد فينولية باعتبارها مواد لاصقة بل تستغل الحرارة لزيادة متانة اللصق. ثم تنعم الألواح Sanded ليصبح سطحها أملس ناعماً لمسهولة لصقه أو طلائه، والسيطرة على سماكته (إعطاؤه السماكة المطلوبة) وقد لا تنعم الألواح وذلك حسب الطلب. ومن المعروف أن عمليات التنعيم تساعد في زيادة النفور للماء وتحسين سطح الألواح إلا أنها تقلل من متانة الألواح وقساوتها.

الأنواع وصناعة الخشب المضغوط Effect of species on board properties:

من أهم العوامل التي تتحكم في صلاحية نوع أو آخر لصناعة الخشب المضغوط الوزن النوعي حيث تفضل الأنواع ذات الكثافة الأقل وقد تستعمل الأنواع متوسطة الكثافة في حال توفرها بأسعار مناسبة إلا أنه عموماً يتجنب الأنواع ذات الكثافة المرتفعة حيث تعطي ألواحاً ثقيلة جداً صعبة النقل ومكلفة وبذلك تفضل عموماً الأنواع منخفضة إلى متوسطة الكثافة. وبشكل عام كلما قلت كثافة الخشب كلما أعطى ألواحاً مثينة بأي كثافة ضغطت فمثلاً خشب البتولا كثافته ٠,٥٥، يضغط ألواح الخشب المضغوط المصنعة منه إلى كثافة ٠,٧٥.

تفضل الأنواع خفيفة الكثافة بسبب اختلاف الكثافة ضمن الحصيرة Mat.

وتعرف النسبة بين كثافة الألواح وكثافة الخشب المصنعة منها بمعامل الانضغاط Compression ratio وقد تبين أن نسبة أو معامل انضغاط ١,٣ دليل جيد لتحديد الكثافة الدنيا للألواح. ويجب ألا يفهم أن الأخشاب عالية الكثافة لا تصلح لصناعة الخشب المضغوط بل تصلح إلا أنها تكون ثقيلة صعبة النقل والتداول.

تسبب المواد المستخلصة الموجودة في الخشب إن كثرت مشكلة تصنيعية كما في الأرز الأحمر W. red cedar وبعض الأخشاب الاستوائية الأخرى. حيث يصعب اللصق الجيد (تتأثر نوعية اللصق وعمله) وقد تتطاير غازات ضمن الحصيرة منها وتسبب انفجاراً داخلياً في اللوح بسبب الضغط الداخلي للغازات وذلك في لحظة فتح المكبس الحراري.

ويؤثر PH الخشب ومقدرته الدائرية على تلبس المواد اللاصقة فتعتمد اليوريا أكثر حساسية من الفينولات لـ PH الخشب حيث تلصق جيداً في حموضة ٤ - ٥ أما لو كان

الخشب أقل حموضة من ٥ لايد من إضافة محفز لصق ، والمقدرة الدائرة هامة لأنها تحدد كمية المواد المحفزة الواجب إضافتها للصق لخفض الـ pH للمستوى المطلوب.

كما ويعد شكل القطع الخشبية الأولية هاماً في تحديد صفات الألواح المصنعة لأنها تؤثر في حجم المواد المفرومة المراد تصليفيها وشكلها وكذلك مدى وجود الشوائب فيها ونسبة رطوبتها التي تحدد طاقة التجفيف في المعمل.

عموماً يستبعد القلف من عمليات التصنيع لضعف متانته وقل وزنه وإفلاله من مظهر الألواح حيث يعطي لطخات سوداء Dark Flecks. أو بقع سوداء على السطح وفي حال ضرورة إضافته يفضل ألا تزيد نسبته عن ٥ - ١٠% من وزن الألواح. ويمكن في حالات خاصة استعمال سوق بعض النباتات الحولية كعباد الشمس وغيره في تصنيع الألواح.

العوامل المؤثرة في صفات الألواح Variables affecting board properties :

يحدد كل من مصدر الخشب المجزء وشكل القطع وكثافة النوع ومدى وجود الراتنج صفات الألواح المصنعة.

١ - النوع وهندسية الجزيئات الخشبية Species and particle Geometry :

تفضل عموماً الجزيئات على شكل شرائح صغيرة Flake للحصول على متانة عالية وتفضل الجزيئات الناعمة للحصول على سطوح صقيلة. ويعد طول الجزيئات من أهم العوامل كذلك نسبة سماكتها إلى طولها وتعد طبيعة تطبيق الجزيئات أو توزعها ضمن الحصىرة هامة أيضاً.

٢ - كثافة الألواح ومقطع الكثافة ضمنها Board density and Density profile :

ترداد متانة الألواح بزيادة كثافتها إلا أنه يتأثر ثبات أبعاد الألواح بزيادة الكثافة. ولإنتاج ألواح ذات متانة في الانحناء بأي كثافة كان من المفضل أن يكون السطح أكثر كثافة من الحشوة Core ويطلق على اختلاف الكثافة عبر سمك اللوح بمقطع الكثافة Density Profile ومن الصعب إنتاج ألواح ذات تجانس في مقطع الكثافة بسبب طريقة تصنيع الألواح حيث إنه تحت تأثير الحرارة العالية والضغط الذي تتلقاه السطوح الخارجية للوح تصبح أكثر متانة من داخلها كما أن درجة الرطوبة العالية لها نفس الأثر في السطوح الخارجية أيضاً حيث تعطي ألواحاً ذات سطوح أكثر كثافة كما أن معدل إطباق المكبس إلى

السماكة النهائية للوح له أثر أيضاً حيث يكون الضغط أكبر على السطوح الخارجية عنه في المركز (الحشوة) بزيادة سرعة الأطلاق.

ويؤثر التوزيع الهندسي للجزئيات بين الخارج والحشوة في الكثافة النهائية للمقطع حيث يحتاج لضغط كبير لكبس الجزئيات النحيفة المتطاوله (الرقيفة) مقارنة بالجزئيات العريضة النحيفة وبذلك لو كان مركز اللوح مصنوعاً من جزئيات خشنة وسطوحه ناعمة الجدران يحدث تكثيف كبير على السطوح الخارجية.

٣ - المحتوى الغرالي وتوزيعه Resin Content and Distribution:

تزداد مثانة الألواح وثبات أبعادها بزيادة نسبة الغراء المستعمل إلا أنه بسبب غلاء أسعار الغراء يفضل عدم الإفراط في استعماله إلا في حدود الصفات المرغوب الوصول إليها في الألواح.

أهم صفات الألواح واستعمالاتها:

Important board characteristics and Uses:

صفات المثانة: من أهم صفات مثانة الألواح موديل المطاطية (MOE) Modulus of elasticity وموديل الكسر (MOR) Modulus of rupture والربط الداخلي Internal bond كما تعد مثانة مسك البراغي هامة أيضاً في بعض الصناعات كالمفروشات وممسك المسامير أيضاً وتحدد قابلية الألواح لمدى مسكها البراغي والمسامير بكثافتها ويؤثر الغراء قليلاً في هذه المقدرة كما تعد صفات ثبات الأبعاد ثخناً وطولاً هامة في صناعة الألواح وعموماً تكون ألواح الخشب المضغوط أقل ثباتاً في الطول مقارنة مع ألواح الخشب المطبق كما ويزيد انتفاخ الألواح الخشبية المضغوطة في السماكة عن الخشب الصلب ويتراوح الانتفاخ بين ١٠ - ٢٥% عند التدرج من الظروف الجافة إلى الرطبة وهو قابل للعكس نسبياً (جزئياً) ولو رطبت وجففت الألواح بصورة دورية تزداد سماكتها باستمرار.

المنتجات المركبة Composite Products:

يشير هذا التعبير إلى صناعة ألواح خشبية مؤلفة من ألواح خشب مضغوط ومغطاة برقائق خشبية تغطي سطوح الألواح حيث تكون الألواح حشوة Core حيث تعمل الرقائق السطحية على زيادة ثبات أبعاد الألواح المضغوطة في اتجاه ألياف الرقائق السطحية، وتصنع منها ألواح مركبة حيث تصنع الألواح المضغوطة ضغناً أولياً وتطلى بالغراء ثم تكبس مع

رقائق خشبية ويصنع منها العديد من الأشكال والقياسات والنماذج كالخشيب المركب Composite Lumber حيث تلتصق ألواح من الرقائق الطويلة إلى قطع طويلة بثخانة ٣,٧٥ من الخشب المضغوط على شكل عوارض خشبية كبيرة.

المنتجات الخشبية الإسمنتية Wood - Cement products:

تصنع أحياناً مواد الربط المعدنية كالإسمنت و الجص في ربط الألياف بعضها ببعض ومنها المنتجات ذات الكثافة المنخفضة وللغاذية (المسامية) العالية وتعرف هذه المواد بالصوف الخشبي Wood Wool في التجارة العالية وتصنع ألواح الخشب الصوفية من ١/٤ إلى ١/٢ وزنها خشباً والباقي إسمنت أو الجص . ويجب أن تكون الأخشاب المستعملة قليلة الاحتواء على الصمغ والمواد المستخلصة الأخرى لإعاقتها الربط بالإسمنت ويمكن بتخزين الخشب أو بمعالجته بكميائيات التقليل من هذه المسواد. وتقاسم هذه المنتجات التدهور والحشرات والحرائق وتصلح للاستعمالات الإنشائية الداخلية والخارجية ومن عيوبها ارتفاع كثافتها وصعوبة قطعها (قصها) وتثبيتها.

IV- صناعة الألواح الليفية متوسطة الكثافة :

: Manufacturing of Medium - density Fiberboard (MDF)

أولاً-تعريف الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF

تعرف ألواح الخشب الليفي المتوسط الكثافة حسب العيار الصناعي الأوروبي EN:٣١٦ بأنها ألواح مكونة من الألياف الليغنوسيللوزية و التي تتراوح كثافتها بين ٤٥٠ - ٨٠٠ كغ/م^٣ ، ويستخدم في تصنيعها المواد اللاصقة الصناعية تحت تأثير الضغط و الحرارة حيث تلتصق بسماكة اعتباراً من ١,٥ مم . يصنف الخشب الليفي المتوسط الكثافة تجارياً حسب كثافته للأصناف التالية :

١- الخشب الليفي العالي الكثافة HDF : وهو عبارة عن خشب MDF ذي كثافة أكبر من ٨٠٠ كغ/م^٣ .

- ٢- الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF : وهو عبارة عن خشب MDF تتراوح كثافته بين ٦٥٠ - ٨٠٠ كغ/م^٣.
- ٣- الخشب الليفي المتوسط الكثافة الخفيف L-MDF : وهو عبارة عن خشب MDF تتراوح كثافته بين ٥٥٠ - ٦٥٠ كغ/م^٣.
- ٤- الخشب الليفي المتوسط الكثافة تحت الخفيف UL-MDF : وهو عبارة عن خشب MDF تتراوح كثافته من ٤٥٠ كغ/م^٣ وحتى أقل من ٥٥٠ كغ/م^٣.

ثانياً- المواد الأولية المستخدمة في تصنيع الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF

- ١- خشب الجنوع غير صالح للنشر
- ٢- الخشب الناتج عن عمليات التربة و التامية (التقليم) في أوروبا تستخدم أخشاب الصنوبر و التوب بنسبة تقارب ٩٠% بينما تستخدم أخشاب الزان و السديان و الحور و البتولا بنسبة تقارب ١٠% في تصنيع خشب MDF .
- ٣- النشارة الخشبية الناتجة عن المناشر
- ٤- الأخشاب المنشورة القديمة
- ٥- بقايا حصاد المحاصيل الحولية في المناطق الاستوائية (القش ، قصب السكر ، البامبو ، قشر الرز) .
- ٦- مواد ثانوية (الجرائد ، الأوراق القديمة)

ثالثاً- المواد الكيميائية المستخدمة في تصنيع الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF

- ١- المواد اللاصقة الصناعية
- أ- البوريا فورم ألدهيد UF-resin ويستخدم عالمياً بنسبة ٩٠% في تصنيع خشب MDF ويتصف بمايلي :
- رخيصة الثمن
- تكسب الألواح المصنعة لوناً فاتحاً
- يصدر منها غاز الفورم ألدهيد أثناء التصنيع ومن الألواح المصنعة
- الألواح المنتجة بها قليلة المقاومة للرطوبة

ب-الميلامين فورم ألدهيد MUF-resin وتصنع بخلط الميلامين مع اليوريا فورم ألدهيد بنسبة ٣-٢٠ % و. وتتصف بمايلي :

-الألواح المنتجة بها عالية المقاومة للرطوبة
-أعلى من اليوريا فورم ألدهيد

ج-الفينول فورم ألدهيد PF-resin وتتصف الألواح المصنعة بها وتتصف بمايلي :
-قليلة للإصدار من غاز الفورم ألدهيد
-عالية الثبات و المقاومة للرطوبة
-تكتسب الألواح المصنعة بها اللون الداكن

-تكتسب الألواح قساوتها ببطء بعد التصنيع
-عالية الثمن

د-التالين فورم ألدهيد TF-resin وتتصف بمايلي :
-مادة لاصقة طبيعية يدخل في تركيبها التالين المستخلص من قشور الأشجار
-الألواح المنتجة بها عالية المقاومة للرطوبة
-الألواح المنتجة بها قليلة الإصدار من غاز الفورم ألدهيد
-تتقسي ببطء

-تكتسب الألواح المصنعة بها اللون الداكن
هـ-بوليميرات مكونة من دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI وتتصف بمايلي :
-الألواح المنتجة بها عالية المقاومة للرطوبة
-الألواح المنتجة بها قليلة الإصدار من غاز الفورم ألدهيد
-عالية الثمن

-تحتاج إلى إضافة مواد فاصلة لمنع التصاق الألواح بأسطوانات أو بلاطات المكبس

٢-المواد المقسية للغراء

أ-تستخدم سلفات الأمونيوم أو نترات الأمونيوم كمقسي لكل من المادة اللاصقة الميلامين يوريا فورم ألدهيد واليوريا فورم ألدهيد وتحتاج لوسط حامضي .

ب-كربونات البوتاسيوم وتستخدم مسرعاً لتقسية المادة اللاصقة الفينول فورم ألدهيد .

٣- المواد الكارمة للماء

وتصنف هذه المواد لإضعاف مقدرة اللوح على امتصاص الماء والتقليل من ازدياد سماكة اللوح عند تعرضه للرطوبة ويستخدم لهذا الغرض مستحلب شمع البرافين .

٤- المواد المضادة للاحتراق

ويستخدم لهذا الغرض مادة فوسفات الألمنيوم و البورات .

٥- المواد المضادة للفطور المهدمة للخشب

ويستخدم لذلك مادة الكميلاجين و مادة البوتاسيوم هيدروجين فلوريد .

رابعاً- تكنولوجيا تصنيع الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF

١- تصلم المادة الأولية (الأخشاب)

يتم تصلم الأخشاب (الجنوع الخشبية غير صالحة للنشر) حيث تجمع في ساحة المعمل وتوضح ذلك الصورة رقم (١) حيث تزال قشرة الجنوع باستخدام آلات التقشير الميكانيكية المختلفة لأن بقاءها يكسب الألواح اللون الدكن ويقلل من قابلية طلائها باللكر .

٢- تجزيء الجنوع الخشبية

يتم تجزيء الجنوع و القطع الخشبية الكبيرة لقطع صغيرة (نشارة) صورة رقم (٢) باستخدام فراشة ميكانيكية صورة رقم (٣) وتخزن بعدها في سيكلون (خزان أسطواناني كبير) مزود بخلاط صورة رقم (٤) و صورة رقم (٥) .

٣- غربلة القطع الخشبية الصغيرة

تتم عملية الغربلة للقطع الخشبية للتخلص من المواد غير الخشبية و المعدنية و لفصل القطع الخشبية الكبيرة ليعاد فرسها . تؤدي عملية الغربلة إلى جعل عملية فصل الألياف مثالية وتقلل من زمن الفصل .

٤- غسل القطع الخشبية

يتم غسل القطع الخشبية الصغيرة و المغرلة حيث يتم خلال هذه العملية ترسيب الشوائب .

٥- فصل الألياف

تهدف هذه العملية إلى الحصول على الألياف الخشبية وتشمل الخطوات التالية :

أ- ترطيب القطع الخشبية

وتتم هذه العملية باستقبال القطع الخشبية في خزان قمعي الشكل ينتهي بأسفله بحلزون معدني يتعرض لبخار حرارته تتراوح بين ٧٠-٨٠ درجة مئوية وذلك بهدف التسخين الأولي للقطع الخشبية حيث يعمل هذا الحلزون صورة رقم (٦) على تغذية مرجل الطبخ بالقطع الخشبية .

ب- طبخ القطع الخشبية

تتم هذه العملية في مرجل الطبخ صورة رقم (٧) حيث تتعرض القطع الخشبية بداخله لبخار تتراوح حرارته بين ١٦٠-١٨٠ درجة مئوية حيث تعمل عملية الطبخ على تليين اللغنين في السفحة الوسطى للخلايا الذي يصبح مرناً مما يسهل عملية فصل الألياف . بعد ذلك تتم تغذية آلة فصل الألياف بحلزون موجود أسفل مرجل الطبخ .

ج- فصل الألياف

تتم عملية الفصل بدفع القطع الخشبية المطبوخة إلى داخل آلة فصل الألياف المكونة من قرصين (ترسين) مزودين بهتوءات فولاذية مختلفة الأشكال أحدهما ثابت و الآخر متحرك صورة رقم (٨) ويتم عملية فصل الألياف بدخول بخار درجة حرارته تتراوح بين ١٦٠-١٨٠ درجة مئوية و تحت ضغط يتراوح بين ٦-١٠ بار و خلال زمن مقداره ٣-٦ دقائق ، هذا و تحتاج أخشاب المخروطيات إلى حرارة فصل أكبر من حرارة فصل أخشاب عريضات الأوراق . بزيادة حرارة الفصل للألياف تقل الطاقة اللازمة لفصلها حيث يحتاج فصل ألياف ١ طن من خشب عريضات الأوراق إلى ٥٥٠ كيلو وات ساعي على درجة حرارة ١٢٠ درجة مئوية بينما يحتاج إلى ١٨٠ كيلو وات ساعي على درجة حرارة ١٦٠ درجة مئوية كذلك يحتاج فصل ألياف ١ طن من خشب المخروطيات إلى ١٠٠٠ كيلو وات ساعي على

درجة حرارة ٨٠ درجة مئوية في حين يحتاج إلى ٢٠٠ كيلو وات ساعي على درجة حرارة ١٨٠ درجة مئوية . تستطيع آلة فصل الألياف (٢ ميغا وات) بقطر ١٧٨ سم إنتاج ٣٦ طن ألياف بالساعة وتوضح الصورة رقم (٩) النتوءات الفولاذية للأكراس و تبين الصورة رقم (١٠) أليافاً مفصولة على درجة حرارة ١٦٠ درجة مئوية حيث تكون فاتحة اللون مقارنة بالألياف المفصولة على درجة حرارة ١٨٠ درجة مئوية كما تظهر الصورة رقم (١١) أليافاً لششب السنديان مفصولة على درجة حرارة ١٨٠ درجة مئوية .

٢-التغرية

و للتغرية طريقتان هما :

أ-التغرية بطريقة الخط النفث (الطريقة الرطبة)

ب-التغرية بالطريقة العمياء (الطريقة الجافة)

أ-التغرية بطريقة الخط النفث (الطريقة الرطبة) :

تتم وفق هذه الطريقة تغرية الألياف الرطبة بعد الفصل مباشرة (رطوبة ٧٠%) حيث تدفع الألياف بفعل ضغط البخار داخل خط النفث المزود ببخاخات الغراء (يضاف الغراء بنسبة ٦-١٠% من وزن الألياف الجاف حسب نوع المادة اللاصقة) صورة رقم (١٢) لتنتخل بعدها أنبوب التجفيف صورة رقم (١٥) الذي يبلغ طوله ١٥٠ م (٨٠ م أفقي و ٧٠ م عمودي) حيث تصل سرعتها فيه إلى ١٨٠ كم/ساعة إذ تجتازه الألياف المفصولة بثلاثة ثوان وتجتمع بعدها الألياف المغراء و المجففة لرطوبة مقدارها ١٠% في خزان قمعي (سيكلون) وبعدها تجمع في حجرة زجاجية صورة رقم (١٦).

ب-التغرية بالطريقة العمياء (الطريقة الجافة)

وتتم فيها تغرية الألياف المجففة إلى رطوبة مقدارها ٥% في خلاط مجهز ببخاخات للغراء صورة رقم (١٣) و صورة رقم (١٤) حيث تصل رطوبة الألياف الخشبية المغراء إلى ١٠-١١% حيث يضاف الغراء بنسبة ٦-١٠% من وزن الألياف الجاف حسب نوع المادة اللاصقة .

٧-تشكيل الفرشة

و فيها يتم فرش الألياف المفراة على سيور نائل بمساعدة فرشاة شوكية فتأخذ شكل فرشاة إسفنجية بسماكة ٢٠ سم وتختلف سماكة الفرشة حسب سماكة اللوح المراد الحصول عليه وكثافته صورة (١٧) .

٨-الكبس الأولي

ويتم بموجبه كبس الفرشة بإدخالها في خط الكبس الأولي الذي يبلغ طوله ١٣ م صورة رقم (١٨) .

٨-الكبس

تتم عملية الكبس باستخدام المكبس الطابقي أو المكبس المستمر .
أ-المكبس الطابقي : وفيه تنقص الفرشة بعد الكبس الأولي إلى ألواح تلقم بها بلاطات المكبس الطابقي ويتم الكبس على درجة حرارة ١٨٠ درجة مئوية لمدة تختلف حسب سماكة اللوح النهائية و المادة اللاصقة و تحت ضغط صناعي ٢٥٠ كغ/سم^٢ .

ب-المكبس المستمر : ونمر فيه الفرشة بعد عملية الكبس الأولي تحت أسطوانات ساخنة وبشكل مستمر لتكبس إلى السماكة المطلوبة وعلى درجة حرارة تتراوح بين ٢٠٠-٢٥٠ درجة مئوية و لمدة تختلف حسب سماكة اللوح النهائية و المادة اللاصقة (بمعدل ٤-١٠ ثوان لكل ١ مم) ويبلغ طول خط الكبس ٤٦٧ سم و عرض ٢٧٠ سم صورة رقم (١٩) بعد ذلك تنقص الألواح إلى الطول المرغوب .

٩-اختيار السماكة

بعد قص الألواح تمرر على حساسات للاختبار السماكة ، ثم تبرد الألواح بصورة رقم (٢٠) .

١٠-تحديد الحواف و الصقل

يتم تحديد الحواف للألواح حسب الطول و العرض المرغوبين وذلك بسرورها على الآلة الموضحة بالصورة رقم (٢١) كما يتم صقلها بتنعيم سطوحها بمقدار نصف ملم .

خاصة-استخدامات الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF
يستخدم في تصنيع الأثاث و المطابخ و الأرضيات و في النيكور وفي صناعة البراويز و
الإطارات .

٧-صناعة ألواح العزل :Manufacturing of Insulation board

تصنع ألواح العزل الحراري و للصوتي بكثافة تتراوح بين ٢٥٠-٤٥٠ كغ/م^٣ ،
وتصنع هذه الألواح تماماً كما في تصنيع الألواح الليفية للمتوسطة الكثافة MDF وتصلع
عادة في ألمانيا الاتحادية من ورق الجرائد.



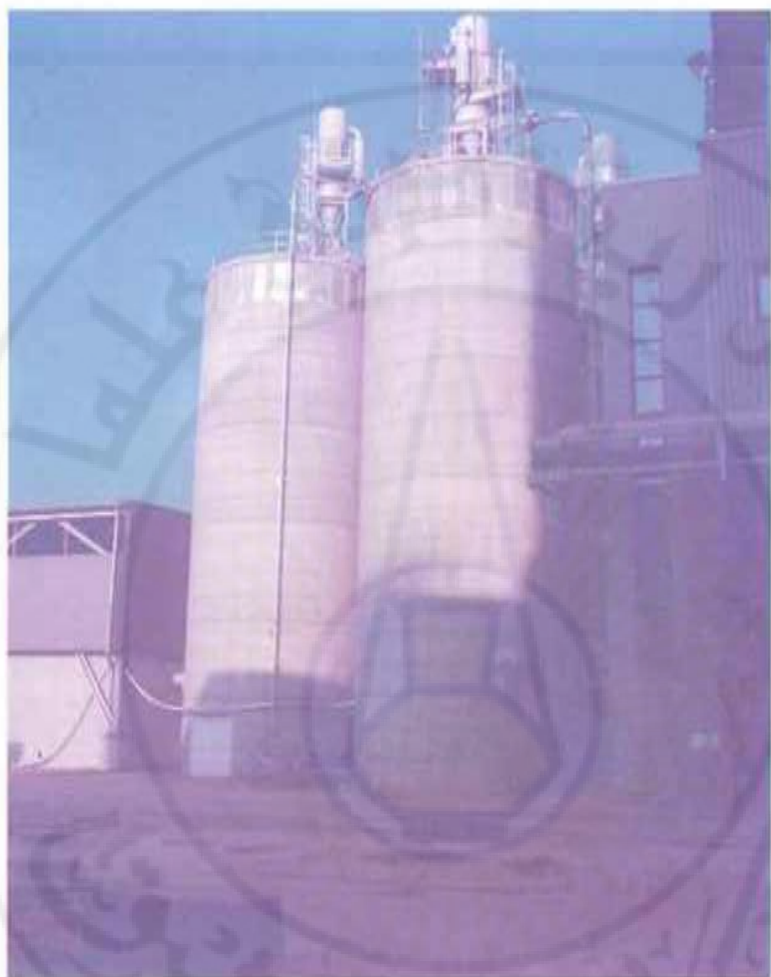
جامعة دمشق
Damascus University



صورة رقم (٢): نشارة الخشب كمادة أولية (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (٣): دراسة ميكانيكية (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



جامعة دمشق
Damascus University



جامعة دمشق
Damascus University

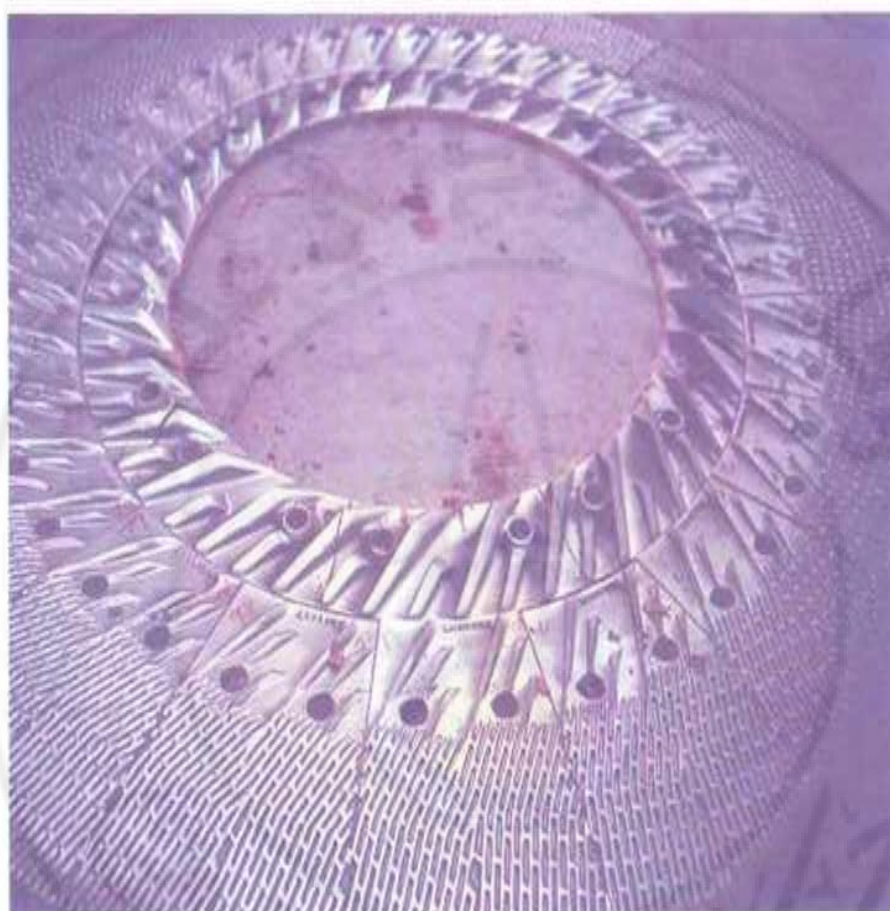


صورة رقم (٦): حلزون التغذية (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (٧): مرجل الطبخ للقطع الخشبية (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)





جامعة دمشق
Damascus University



صورة (١٠): ألياف خشبية مفصولة على درجة حرارة ١٦٠ درجة مئوية (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (١١): ألياف الخشب المندبان مغطاة على درجة حرارة ١٨٠ درجة مئوية
(Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



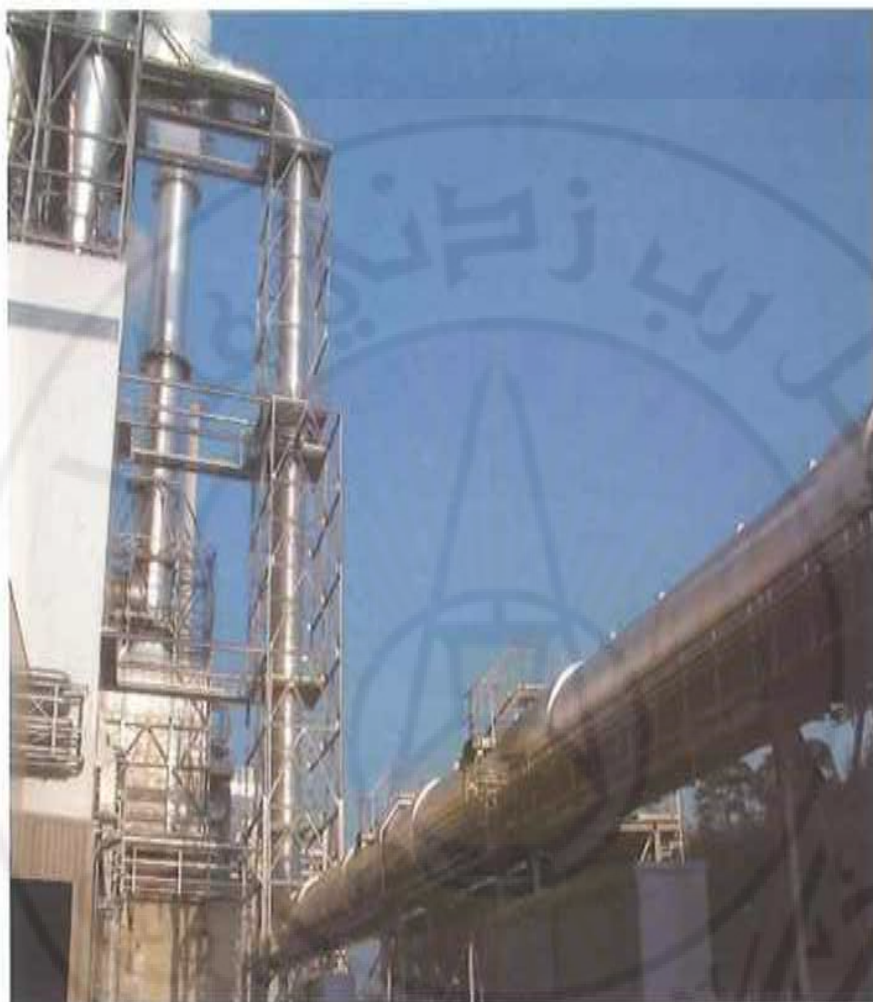
جامعة دمشق
Damascus University



Damascus University

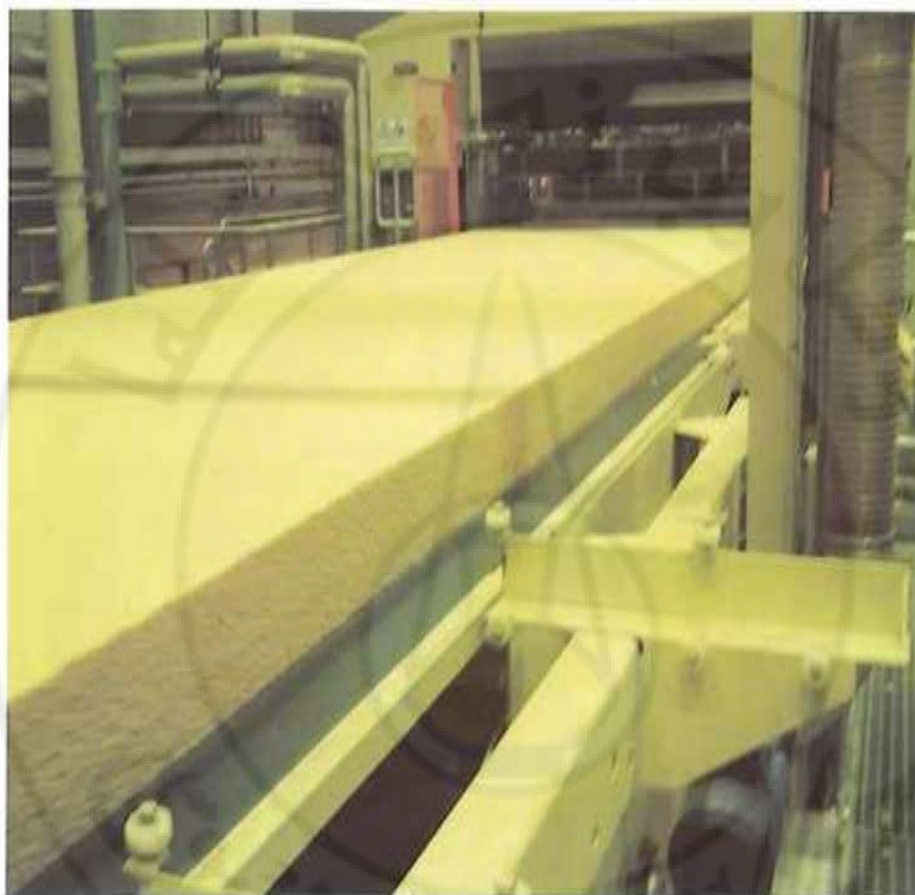


صورة رقم (١٤): جوف خلّاط النخريّة بالطريقة الجافة (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (١٥): أنبوب تجفيف الألياف (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)





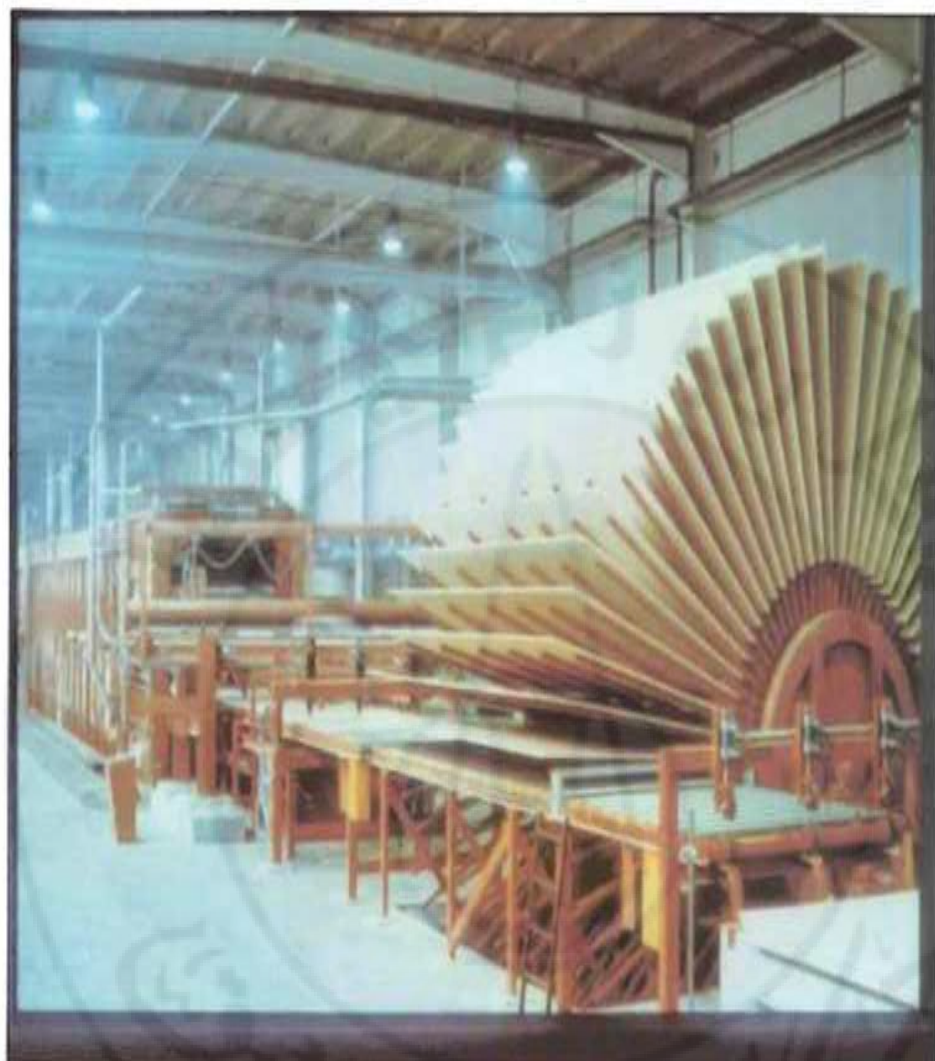
صورة رقم (١٧): تشكيل فرشاة الألياف (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (١٨): الكبس الأولي لفرشة الألياف (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (١٩): الكبس المستمر بالأسطوانات الساخنة (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (٢٠): تبريد الألواح (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



صورة رقم (٢١): تحديد حواف الألواح و صقلها (Deppe and Ernst, ١٩٩٦)



الفصل التاسع

تكنولوجيا صناعة الورق

Paper manufacturing technology

إن أكثر الدول تطوراً في صناعة الورق هي: الولايات المتحدة وروسيا وكندا والنرويج والسويد وفنلندا ودول أوروبا. حيث تنتج هذه الدول سنوياً ملايين الأطنان. هذا ويعتبر السللوز المادة الأساسية لصناعة الورق حيث إن المصدر الرئيس لهذه المادة هو الخشب، هذا ويشمل صناعة الورق على عمليتين أساسيتين هما:

١ - الحصول على المادة السللوزية بشكل عجينة ورقية.

٢ - تحويل هذه العجينة إلى صفائح ورقية وإلكترونية وإلى منتجات مشتقة كالحرير الصناعي وأفلام التصوير.

ويعتبر الخشب المصدر الرئيس الذي يزود صناعة الورق بالمادة الأولية والأساسية ألا وهي مادة السللوز غير أنه يمكن الحصول على عجينة سللوزية من ألياف نباتية مختلفة تتوفر فيها العناصر التالية:

أ - قابليتها في التحول إلى عجينة ورقية.

ب - كثرة أليافها السللوزية في وحدة الحجم.

ج - جودة العجينة الناتجة من هذه الألياف.

د - إمكانية تصنيعها بشكل سهل وغير مكلف.

هـ - تكاليف الجمع والنقل والتحويل قليلة.

و - ألا تتلف العجينة الورقية في فترة قصيرة أثناء تخزينها.

أولاً-المواد الصالحة لصناعة الورق:

١ - الأخشاب Woods.

٢ - الأوراق القديمة Old paper.

٣ - الخرق القطنية والكثانية Cotton and Linen - rags.

٤ - الجوت Jute.

٥ - ألياف جوز الهند Coconut Fibers.

٦ - القنب Hemp.

٧ - ألياف ورق النخيل Palm Leaf Fiber.

٨ - القصب Straw.

٩ - القصب السكري Stem Fiber of Sugar cane.

١٠ - القطن Cotton.

١١ - قصب الذرة.

وإلى يومنا هذا يعتبر الخشب من أهم المصادر لصنع العجينة الورقية سواء من الأخشاب الصلبة أو الطرية ويعتمد استخدام هذه الأخشاب على معدل طول الألياف وكذلك على كمية الألياف في النوع الخشبي نسبة إلى الحجم حيث إن متوسط طول الألياف في الأخشاب الطرية هو ٣ مم أما في الأخشاب الصلبة فهو ١ مم.

الأخشاب الطرية مثل: الصنوبر، الشوح، اللاركس.

الأخشاب القاسية أو الصلبة مثل: خشب الحور - الكينا - الكستناء - القيقب.

* الإجراءات التحضيرية التي تطرأ على الجذوع الخشبية لصناعة العجينة الورقية تقطع الجذوع الخشبية بعد وصولها إلى المعمل بواسطة آلات خاصة إلى قطع صغيرة بطول ٥٠ سم - ٩٠ سم ومن ثم تقشر بالآلات أخرى هذا وتستبعد القشرة للأسباب التالية:

١- تحتوي القشرة على كمية قليلة من الألياف السللوزية.

٢- إن وجود القشرة يزيد من استهلاك المواد الكيماوية والبخار خلال عملية صنع العجينة الورقية دون جدوى.

٣- تكون القشرة العجينة السللوزية وتقلل من درجة نقائها.

٤- تحتوي القشرة على مواد راتنجية وصمغية تعيق عملية الحصول على العجينة الورقية.

هذا ويتم استبعاد القشرة بواسطة المقشرات التالية:

١- المقشر السكني.

٢- المقشر الاسطوانى.

٣- الثابت.

٤- المقشر المائي.

بعد نقشير القطع الخشبية يتم غسلها بعدها يتم الحصول منها مع عجينة الورقية
بإحدى الطرق التالية:

ثانياً- طرق صناعة العجينة الورقية:

أ - الطريقة الميكانيكية.

ب - الطريقة الكيماوية.

١ - طريقة الكبريتيت.

٢ - الطريقة القاعدية: وتشمل:

I - طريقة الصودا.

II - طريقة الكبريتات أو الكرافت.

III - طريقة أكسيد المغنيزيوم.

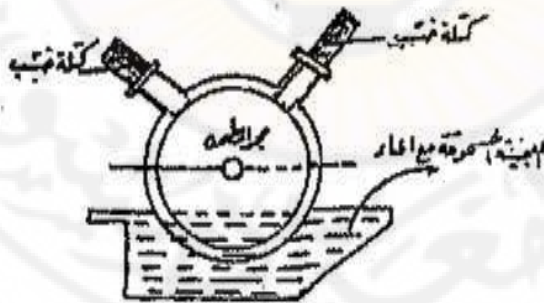
ج - الطريقة الشبه كيماوية.

أ - الطريقة الميكانيكية: تتضمن هذه الطريقة طحن الكتل الخشبية الكبيرة

وتحويلها إلى عجينة خشبية من الألياف الخشبية على النحو الآتي:

١ - الطحن: يجري الطحن بواسطة مطاحن تحتوي على أحجار خاصة يتم

تغذيتها بالقطع الخشبية حيث يجري الطحن بوجود الماء انظر الشكل (٩٢).



شكل (٩٢): طحن الأخشاب بالطريقة الميكانيكية (الزغوت ، ١٩٦٦)

٢ - التخلص من العقد: بعد عملية الطحن تتم إزالة العقد الخشبية.

- ٣ - عملية الغربلة: وذلك للتخلص من القطع الكبيرة لإعادة طحنها.
- ٤ - الحصول على العجينة بعد طرد الماء الزائد وإرسالها لمصانع الورق.

خصائص الطريقة الميكانيكية:

- ١ - رخيصة الإنتاج والتكاليف.
 - ٢ - إنتاج عجينة بنسبة مئوية عالية ٩٠% من أصل الأخشاب المطحونة.
 - ٣ - نوعية العجينة غير جيدة من حيث المتانة والقوة نظراً لارتفاع درجة الحرارة المتولدة أثناء عملية الطحن.
- تستعمل العجينة الورقية المصنعة وفقاً لهذه الطريقة في أوراق الجرائد بنسبة ٧٥ - ٩٠% كذلك تدخل في صناعة ورق المجلات رديئة النوعية وورق الاستراحة وبعض أوراق الف وورق الجدران كذلك باعتباره مادة مجففة في صناعة الديناميت.
- تستعمل هذه الطريقة للأشكال الخشبية ذات الألياف الطويلة وذات المحتوى القليل من المواد الراتنجية.

ب - الطرق الكيماوية للحصول على العجينة الورقية:

١ - طريقة الكبريتيت Sulfite Pulp:

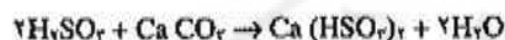
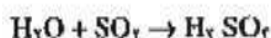
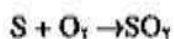
أول ما استعملت هذه الطريقة في أمريكا في عام ١٩٦٧ حيث تقوم هذه الطريقة على طبخ الخشب مع محلول ثاني أكسيد الكبريت مع إضافة البايو كبريتيت القاعدية مثل بايو كبريتيت الكالسيوم أو المغنيزيوم.

تستعمل هذه الطريقة للأشكال الخشبية ذات المحتوى القليل من اللغنين.

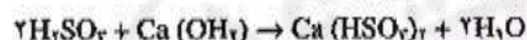
حيث تتم هذه الطريقة كما يلي:

* تحضير المحلول: طبخ المواد الخام: إن المحلول الفعال في هذه العملية هو محلول مخفف لحامض الكبريتيت H_2SO_3 وبايو كبريتيت الكالسيوم $Ca(HSO_3)_2$ أو بايو كبريتيت المغنيزيوم أو الصوديوم. يحضر محلول الطبخ بحرق الكبريت S أو كبريتيت الحديد FeS_2 في فرن للحصول على ثاني أكسيد الكبريت SO_2 حيث يكون في حالة غازية.

يبرد هذا الغاز بامراره على كربونات الكالسيوم CaCO_3 والماء حيث يكون محلول هيدروكسيد الكالسيوم ، ومن ثم فإن ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 يتحد مع الماء ليكون حامض الكبريتيت H_2SO_3 ويمكن تلخيص العمليات السابقة الذكر بالمعادلات التالية:



أو باستعمال هيدروكسيد الكالسيوم بدلاً منه كربونات الكالسيوم.



* الطبخ Cooking:

تجري عملية الطبخ بواسطة اسطوانة من الحديد حيث تتم إضافة المحلول إلى قطع الأخشاب مع رفع درجة الحرارة والضغط من خلال ذلك يتم اتحاد ثاني أوكسيد الكبريت SO_2 أو حامض الكبريتيت H_2SO_3 مع المواد اللغنيية مكونة أملاح البايوسولفيت وينتجة الطبخ يتم الحصول على الألياف السلوزية. هذا وإن قطر اسطوانة الطبخ ٣ - ٥ م وطولها ١٢ - ٢١ م وهناك أحجام أكبر من ذلك حيث إنه اسطوانة بهذا الحجم تتسع لـ ١٢ - ١٨ طن من الألياف.

* طرق الطبخ:

١ - للطبخ البطيء (الطريقة غير المباشرة).

٢ - الطبخ السريع (الطريقة المباشرة).

١ - الطبخ البطيء:

يجري بتبخير القطع الخشبية الصغيرة في اسطوانة الطبخ لعدة ساعات على درجة حرارة ١٠٠ مئوية ثم يصرف الماء الناتج ويضاف محلول الطبخ الكيماوي وترفع درجة الحرارة إلى ١١٠م لمدة ١٠ - ١٢ ساعة ومن ثم يفرغ الهواء من داخل الاسطوانة ويستمر في رفع درجة الحرارة حتى ١٢٦م ويكون الضغط المطبق ١٠ كغ/سم^٢. هذا وتستغرق عملية الطبخ من ٢٠ - ٣٠ ساعة.

تمتاز العجينة الورقية المنتجة بهذه الطريقة بالمتانة.

٢ - الطبخ السريع:

يوجه البخار إلى اسطوانة الطبخ لرفع درجة حرارتها وبعدها تملأ بالقطع الخشبية ومن ثم يضاف المحلول الكيماوي وهو أكثر تركيزاً من المحلول المستخدم بالطريقة البطيئة وتستغرق هذه العملية ١٢ ساعة على درجة حرارة ١٤٩ درجة مئوية وضغط ١٠ كغ/سم^٢. إن كمية العجينة المنتجة بطريقة الكبريتيت تعتمد على النوع الخشبي المستعمل ونوع المعاملة حيث أنه بالمتوسط يكون المنتج ٥٠% من الوزن الجاف للخشب حيث تكون هذه العجينة معتدلة البياض ويمكن استعمالها في إنتاج أوراق الجرائد والعجينة المبهرجة منها تستعمل في إنتاج ورق الطباعة والحبر الصناعي.

٢ - الطريقة القاعدية Alkaline Pulp:

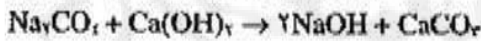
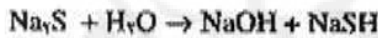
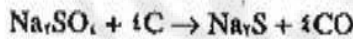
I - طريقة الكبريتات وجدت في ألمانيا عام ١٨٧٩.

II - طريقة الصودا وجدت في إنكلترا عام ١٨٥٣.

إن المادة الفعالة في كلتا الطريقتين هي الصودا الكاوية NaOH التي تذيب المواد غير مللوزية.

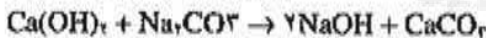
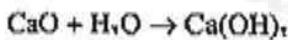
I - طريقة الكبريتات = الكرافت The sulfate Process:

وتتم بطبخ الخشب بمحلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH مع كبريتات الصوديوم Na₂S مع إضافة كربونات الصوديوم وسلفات الصوديوم سميت هذه الطريقة بطريقة السلفات لأن كبريت الصوديوم يؤخذ من كبريتات الصوديوم Na₂SO₄ وفقاً للمعادلات التالية:



II - طريقة للصودا الكاوية:

حيث يتم بهذه الطريقة إذابة اللغنين بوساطة محلول الصودا الكاوية الذي يتم الحصول عليه كما يلي:



حيث تجري عملية طبخ الخشب في كلتا الطريقتين I + II على درجة حرارة 90°م لمدة 2-6 ساعات بضغط مطبق قدره 15-20 كغ/سم².

تصلح كلتا الطريقتين للأخشاب الصلبة بشكل خاص لمعظم الأنواع الخشبية بشكل عام حيث تكون نسبة العجينة المنتجة حوالي 45% بالنسبة لوزن الخشب الجاف.

III - طريقة أكسيد المغنيزيوم:

الفرق بين هذه الطريقة وطريقة الكبريتيت يكمن في استخدام أكسيد المغنيزيوم MgO بدلاً من $Ca(HSO_3)_2$ ، كما أنه يمكن الحصول على العجينة الورقية من الأنواع الراكجية. كما يمكن استعادة غاز ثاني أكسيد الكبريت من الفضلات.

تجري عملية الطبخ لهذه الطريقة إما بالطبخ البطيء أو السريع وعلى ثلاثة مراحل:

١- البداية.

٢- فترة الضغط الكامل.

٣- فترة التبريد.

في المرحلة الأولى يتم تطبيق ضغط قيمته حوالي 10 كغ/سم² ولمدة 30 دقيقة كذلك يجب طرد الغازات المتكونة في مرحلة الطبخ كلما تكونت في المرحلة الثانية برفع الضغط إلى 25 كغ/سم² وعلى درجة حرارة 170°م لمدة 2,5-6 ساعات.

في المرحلة الثالثة يخفض الضغط إلى 10 كغ/سم² ثم تبرد العجينة وتغسل.

تستعمل هذه الطريقة للحصول على العجينة الورقية من جميع الأنواع الخشبية وخاصة الأنواع الراكجية وتمتاز العجينة بمتانتها وتبلغ نسبتها 45-48%.

ج - الطريقة شبه الكيماوية Semichemical Pulp:

بغية الحصول على حسنة كل من الطريقة الميكانيكية والطريقة الكيماوية وميزاتها تستخدم هذه الطريقة بهدف زيادة المنتج للعجينة الورقية القاعدية إلى 80% وذلك بتحويل القطع الخشبية للصغيرة إلى عجينة بواسطة الطرق الميكانيكية كالحطب والفتيت من ثم تطبخ بالمواد الكيماوية مثل الكبريت الطبيعي وباستخدام كل من سلفيت الصوديوم وبيكربونات الصوديوم حيث يتم بموجب هذه الطريقة الحصول على العجينة الورقية من خشب الحور والعرعر والكيينا.

إن جميع العمليات السابقة استهدفت الحصول على عجينة الورقية لذلك فإن العمليات اللاحقة تستهدف معالجة هذه العجينة ومعالمتها .

ثالثاً- معالجة العجينة الورقية وتشمل المراحل التالية: Treatment of Pulp:

١- الغربلة Screening.

٢- تخثير أو تثخين العجينة الورقية Thicking.

٣- التبييض للعجينة الورقية (القصر) Bleaching.

٤- استخلاص الماء الزائد Lapping.

١- الغربلة:

إن هذه العملية هي عملية هامة وذلك لإزالة الأوساخ والعقد والمواد الغريبة والمواد غير المطبوخة والقطع الخشبية غير المكسرة من ثم تفصل الألياف الخشبية حسب حجمها بالغربلة الخشنة والناعمة.

- الغربلة الخشنة وتجري للعجينة الميكانيكية لإزالة القطع غير المسحوقة والشظايا ويتم بإمرار العجينة من ثقب بقطر ١,٨-٣,٠سم، وأما الغاية من الغربلة الخشنة في حالة العجينة الكيماوية فهي لفصل العقد والقطع غير المطبوخة عن العجينة حيث تمرر من ثقب الغربال بقطر ٠,٥-١,٢٥سم.

- الغربلة الناعمة: الهدف من هذه العملية فصل الألياف عن القطع الصغيرة لتكون

مهيأة للتصنيع.

٢- تخثير العجينة الورقية أو تثخينها:

بعد عملية الغربلة الناعمة للعجينة الورقية تحتوي هذه العجينة على ٢٥-٦٠% من المواد الصلبة، فإن عملية تخثيرها إلى ٣-٦% تسمى بالتركيز أو الترويب تجري هذه العملية بوضع العجينة الورقية في أسطوانة مزودة بغربال ناعم حيث إنه بنتيجة دوران الأسطوانة تخرج المواد الناعمة من الغربال ، والماء يدخل إلى داخل الأسطوانة بينما تبقى الألياف المكونة للعجينة الورقية على الغربال متعلقة.

٣- التبييض (القصر):

تحتوي العجينة الورقية على مواد غريبة غير سلولوزية مثل اللغنين والهيمسللوز وبعض المواد الدباغية والصمغ المتبقية بعد عملية الطبخ فإن وجود هذه المواد يكسب العجينة لوناً بنياً مصفراً لذلك من الضروري معالجة العجينة بمواد كيميائية لترسيب هذه

المواد وغسلها وجعل لونها أبيض هذا ويعتبر الكلور في طليعة المواد الفعالة المستخدمة في التبييض ومن مركباته هيبوكلوريد الكالسيوم $CaOCl_2$ حيث يوضع هذا المسحوق في محلات خاصة مع المعبنة والماء ومن ثم يحرك المزيج فتترسب المواد الغريبة. وهناك مركبات أخرى لا يدخل فيها الكلور ستشرح لاحقاً في طرق الحصول على المعبنة الورقية وفقاً للطرق المستخدمة في ألمانيا.

٤- استخلاص الماء الزائد:

تجري هذه العملية بوساطة مكابس تسمى المكابس المبثلة وذلك في حال عدم استخدام المعبنة مباشرة في المصنع أو بهدف تخزينها أو إرسالها حيث تستخلص كميات الماء الموجودة فيها وتشكل على شكل صفائح موضوعة في مجاميع أو لفات.

رابعاً- صنع الورق Paper Manufacture:

تتضمن عملية صناعة الورق العمليات التالية:

١- عملية الضرب Beating.

٢- عملية التحميل أو التحجيم Loading / Sizing.

٣- عملية التقوية Wet Strength.

٤- عملية التلوين Coloring.

٥- عملية التكرير Refining.

١- عملية الضرب :

وهي عبارة عن عملية هرس الألياف أو طحها بهدف تسطيحها وتسمويتها لتحريسر اللبافات جزئياً من جذورها الخلوية وبالتالي زيادة التصاق الألياف مع بعضها، تتم هذه العملية بعدة أنواع من الآلات حيث تمر الألياف وتيار الماء بتماس مع دوائر مسنن يدور باستمرار. نتيجة ذلك تتعرض الألياف لعملية فرك ميكانيكية، بنتيجته تخرج الألياف بشكل متجانس ومخلوط وذات ملمس ناعم مما يسهل فرشها على شكل صفائح رقيقة.

٢- عملية التحميل أو التحجيم:

يتم في هذه العملية إضافة مواد مختلفة إلى المعبنة الورقية لكي تقلل من قابليتها على الامتصاص ولتساعد على إنتاج ورق ناعم مصقول. تسمى هذه المواد بالمواد المائلة أو

اللاحمة وهي عبارة عن مواد معدنية كالطين الخزفي الذي يملأ المسافات بين الألياف الأمر الذي يجعل الورق ناعماً ومصقولاً.

٣- عملية التقوية :

وهي عبارة عن عملية تجفيف للصفائح الورقية وذلك بمعاملتها بحساسن الكبريتيك القوي مدة معينة الأمر الذي يؤدي إلى تقويتها ثم تغسل الصفائح بعدها. وهناك عملية تستعمل للتقوية هي وضع العجينة الورقية في إسطوانة مع صمغ ومادة جيلاتينية إضافة إلى مادة مصلية هي الفورمالدهيد.

٤- عملية التلوين:

إن العجينة الناتجة يكون لونها مائلاً إلى الاصفرار على الرغم من تبييضها ؛ لذلك الحصول على ورق أبيض أو ورق بلون معين مرغوب يتم إضافة بعض الملونات.

٥- التكرير والتفتيح:

توضع العجينة في آلة خاصة تسمى Jordan؛ وهي عبارة عن جسم مخروطي الشكل يدور على حامل وسطي بحركة محورية حيث تكون العجينة الموضوعة فيه بشكل محلول ملسق ولثناء حركته يؤدي إلى التكرير والتفتيح وإعطاء نعومة للعجينة بحيث تصبح جاهزة للتصنيع.

خامساً-مصنع الورق Papermaking Machines:

يتكون مصنع الورق من أربعة أقسام:

١- القسم الرطب Wet end.

٢- قسم الكبس Press Section.

٣- قسم للتجفيف Drier Section.

٤- قسم المسقل والتقطيع واللف Calenders, Slitters, Winders.

١- القسم الرطب: ويجري فيه إزالة معظم الماء من العجينة الورقية التي تحتوي على ١٠٠-١٠٥% أليافاً سلولوزية والباقي ماء.

٢- قسم الكبس: بعد خروج العجينة على شكل صفائح توضع على سيور صوفي يمر بعدة آلات كلية وذلك لتخليصها من الماء الموجود فيها بحيث تصبح رطوبتها ٦٠-٧٠% من الوزن الجاف.

٣- قسم التجفيف: في هذا القسم تمرر الصفائح الورقية فوق أسطوانات من الحديد مسخنة بالبخار وذلك لتجفيفها حتى محتوى رطوبي ٦-١٠%.

٤- قسم الصقل والتقطيع واللف: في هذا القسم تمرر الصفائح الورقية بين أسطوانات مساعطة ناعمة المسطح وثقيلة ومسخنة لتخرج جافة ونظيفة كما تقطع حسب الطلب.

سادساً- تصنيف المنتجات الورقية Classification of Paper Products:

١- الورق Paper:

أ - ورق النشاف *Absorbent Paper*: لهذا الورق قابلية على امتصاص للمواد السائلة وتستخدم عادة من الخرق البالية ومثالها ورق الترشيح وورق تجفيف الحبر.

ب - ورق الكتب *Book Papers*: يصنع هذا النوع من الورق من خليط عجينة المقصورة المحضرة بطريقة الصودا الكاوية.

ج - ورق البناء *Building Papers*: يصنع من الخرق والصوف والأوراق القديمة ويضاف لها الإسبتوس على أنه عازل حراري.

د - ورق الجدران *Wall Papers*: حيث يصنع هذا الورق من ٧٥-٨٩% من العجينة الميكانيكية والبقية من عجينة الكبريتات غير المبيضة. تصلح هذه العجينة لورق الجرائد الذي يكون أرق مسافة.

هـ - أوراق الجرائد *News Papers*: يصنع هذا الورق من خليط من ٩٠% من العجينة الميكانيكية و ١٠% من عجينة الكبريتات غير المبيضة.

و - ورق التواليت *Tissue Papers*: يمكن تصنيعه من العجينة الميكانيكية والكيماوية كذلك من الأوراق المصنعة من العجينة الكيماوية المقصورة (المبيضة).

ز - ورق الصر أو اللف *Wrapping Papers*: يصنع من العجينة الميكانيكية وشبه الكيماوية ومن عجينة الكبريتات والكبريتيت وبقايا صناعة الورق.

ح - ورق الكتابة *Writing Papers*: يصنع من عجينة الكبريتات والكبريتيت والطرق الحديثة المشروحة لاحقاً في طرق صناعة الورق في ألمانيا.

ط - الأوراق المغلفة: وذلك عن طريق تغطية الأوراق بطبقة من المواد الملونة المرغوبة عن طريق الدس.

١- الأوراق المشمعة: تتم عن طريق تغطيس الأوراق بحمام من الشمع الذائب بسرعة فائقة.

ل- الأوراق المقاومة للدهون: تتم بتخليل الأوراق البيضاء في محلول حامض الكبريت القوي لفترة قصيرة جداً تستخدم هذه الأوراق لحفظ الزبدة وورق الشهادات والوثائق.

سابعاً-تكنولوجيا صناعة الورق في ألمانيا الاتحادية (Roffael et al., ١٩٩٩)

I-شكل الألياف ومواصفات الورق:

إن تكنولوجيا الورق هي شكل الألياف الخشبية وهي أهم من التركيب الكيميائي، حيث إن طول الألياف الخشبية هي صفة هامة لبناء مثانة الورق لأن له علاقة وطيدة مع مقاومة الورق للتمزق الطولي.

إن الألياف الخشبية للأنواع العريضة الأوراق أفضل من الألياف الخشبية للأنواع الإبرية، حيث يتراوح طول الألياف الخشبية للأنواع الإبرية بالمتوسط من ٢,٨ مم وحتى ٣,٨ مم بينما للأنواع العريضة الأوراق ١مم. إضافة إلى طول الألياف الخشبية فإن لسماكة الجدار الخلوي معنى كبيراً حيث تنقسم الألياف وفقاً لذلك إلى ألياف أنبوبية مؤلفة من خلايا سمكة الجدار وإلى ألياف شريطية رقيقة الجدار الخلوي، على سبيل المثال إن الألياف الخشبية للحدور هي من طراز رقيقة الجدار والألياف الخشبية للزان من طراز سمكة الجدار. إن ألياف خشب الصيف تملك كثافة أكبر من كثافة ألياف الخشب الربيعي حيث إن تجمع الألياف الخشبية الأنبوبية يعطي لوحاً ورقياً رخواً قليل المتانة والتماسك حيث تقل إمكانية تلاحق الألياف مع بعضها، هذا وتلعب الألياف الشريطية دوراً في عملية صناعة الكرتون المتموج حيث تكسبه قدرة على الانحناء.

هذا ويستخدم في أوروبا خشب البتولا، وفي ألمانيا خشب الزان، أيضاً يستخدم الورق القديم في ألمانيا لتصنيع ألواح الكرتون المضلع. هذا وتزيد الألياف الشريطية ذات الخلايا السمكة مقدرة الورق على ممانعة النفاذية للضوء.

هناك علاقة ما بين كل من سماكة الجدار الخلوي والكثافة من جهة وبين عدد الألياف في اسم^٢ من لوح الورق. حيث تؤثر هذه العلاقة على مثانة اللوح الورقي.

إن البللورية عالية للسللوز والمحتوى قليل للسللوز في خشب الشد الذي يحتوي على خلايا ذات جدران سميكة وذلك في الأنواع عريضة الأوراق يعسر عملية الطحن ويقلل من متانة الورق.

إن ألياف خشب الانضغاط للأنواع الإبرية تحتوي على نسبة لغنين عالية ٣٥-٤٠% وخلايا خشبية سميكة الجدران وهذا ما يعسر عملية عزل اللغنين خلال عملية فصل الألياف الخشبية حيث إن الخلايا سميكة الجدران تقلل من متانة الورق.

II-العوامل المؤثرة على متانة اللوح الورقي:

- المؤثرات الشكلية:

١- طول الألياف: ولها تأثير على متانة الورق في مقاومة التمزق الطولي.

٢- سماكة الجدار الخلوي.

٣- نسبة طول الخلية إلى قطرها.

- المؤثرات الكيميائية:

١ - محتوى اللغنين: ويعتمد على الطريقة المستخدمة في فصل الألياف (الكيميائية أو نصف كيميائية أو ميكانيكية).

٢- محتوى الهيميسلوز، تركيبه وتوزيعه.

- المؤثرات الفيزيائية الكيميائية:

١- حال الانتفاخ.

٢- متوسط درجة البلورة.

- المؤثرات الطبوكيميائية:

١- توزيع اللغنين داخل جدار الخلية.

٢- توزيع متوسط درجة البلورة داخل جدار الخلية.

٣- توزيع الهيميسلوز داخل جدار الخلية.

هناك اختلافات بين ألوان الخشب الربيعي ذات الجدر الخلوية الرقيقة وبين ألياف الخشب الصيفي ذات الجدر الخلوية السميكة، حيث إن ألوان الخشب الربيعي تزيد من متانة

الميكانيكية للورق المصنع مقارنة مع ألياف الخشب الصيفي. و إن ألياف الخشب الصيفي الطويلة تزيد من متانة الورق ضد التمزق الطولي.

الأنواع الخشبية العريضة الأوراق تحتوي على أنسجة برانشيمية أكثر من خشب الأنواع الإبرية الأمر الذي يؤدي خلال عملية صبرف الماء من ماكينة الورق إلى وصول جزء من الألياف القصيرة (الألياف الصفر) إلى ماء الصبرف، هذا وتؤثر الألياف القصيرة (الألياف الصفر) بشكل سلبي على عملية صناعة الفيزكوز (الحرير الصناعي) وذلك لمحتوى الخلايا البرانشيمية على المكونات الخشبية القابلة للاستخلاص.

III- طرق فصل الألياف الخشبية للحصول على السللوز (العجينة الورقية):

حسب نسبة المعالجة الكيميائية إلى الميكانيكية يمكننا تمييز سللوز (مادة الخلوة) نصف اسللوز، مادة الخشب أو خشب الصقل.

حيث إن مادة الخشب أو خشب الصقل تنتج عن المعالجة الميكانيكية والسللوز ينتج عن المعالجة الكيميائية ونصف السللوز ينتج عن تظافر كل من المعالجة الكيميائية والميكانيكية معاً.

- الفصل الميكانيكي والميكانيكي الحراري للخشب:

١ - خشب الصقل الميكانيكي:

يتم بهذه الطريقة الحصول على خشب الصقل وشظايا الخشب وذلك من خلال صقل الجذوع الخشبية بعد إزالة قشرتها الخارجية بوجود الماء وذلك بواسطة أحجار الصقل للحصول على خشب للصقل الأبيض حيث ترتفع درجة الحرارة نتيجة الصقل إلى ١٧٠-١٩٠ درجة مئوية الأمر الذي يؤدي إلى لبونة الصفيحة المتوسطة لجدر الخلايا والغلبة باللغنين. إن نسبة المنتج الصافي من خشب الصقل ٩٥%.

ميزة هذه الطريقة قليلة الضرر بالبيئة لأنها لا تحتاج لكمية كبيرة من المواد الكيميائية إضافة إلى أن نسبة المنتج عالية ولكن السبب فيها قلة المتانة لألياف خشب الصقل، إضافة إلى تأثيرها بالإضاءة واصفرار لونها (تأكسد ضوئي).

هذا ولا تصلح هذه الطريقة للأنواع الخشبية ذات المحتوى العالي من المادة الخشبية القابلة للاستخلاص (كالصمغ والراتنج) من هذه الأنواع الصنوبر، الدوغلان والاركنس. كذلك قلة متانة خشب الصقل للأنواع العربية الأوراق.

عملية الصقل التقليدية يتم بموجبها الحصول على جزء كبير من الألياف الطويلة الأخر الذي يؤدي إلى زيادة المتانة وتقل نسبة المنتج عن ٨٠-٨٥% مقارنة بخشب الصقل الأبيض وذلك نتيجة لذوبان المواد الكربوهيدراتية بعملية التبخير.

إن صقل الخشب تحت ضغط يحافظ على صفة خشب الصقل، في ممانعته لفوقية الضوء حيث إنه أيضاً تحت الضغط يتم صرف طاقة. هذا ويجب التمييز بين خشب الصقل الخشن وخشب الصقل الناعم حيث يستخدم خشب الصقل الخشن في صناعة ورق الجدران والناعم في صناعة ورق الجرائد.

هذا ويتم في ألمانيا استهلاك ١,٣ مليون طن مسن خشب الصقل سنوياً في صناعة الورق، وقد قل استخدام خشب الصقل بزيادة إعادة استخدام الورق القديم.

صناعة عجينة الورقية بالطريقة الميكانيكية Refiner Mechanical Pulp RMP:
وفقاً لهذه الطريقة يتم طحن النشارة الخشبية ونفثتها إلى ألياف على عدة مراحل بمطحنة لوحية باستخدام للطاقة يتراوح ما بين ١٨٠٠-٢٠٠٠ كيلو واط ساعي لكل طن. تتألف هذه المطحنة من قرصين فولاذيين مزودين بنتوءات وأخاديد بأشكال ومقاسات مختلفة، كل قرص ٥٠-١٢٥ سم حيث يدور أحد القرصين بينما يبقى الآخر ثابتاً. تصلح هذه الطريقة للحصول على العجينة من أخشاب الأنواع الإبرية.
صناعة العجينة الورقية بالطريقة الحرارية الميكانيكية:

Thermo Mechanical Pulp TMP:

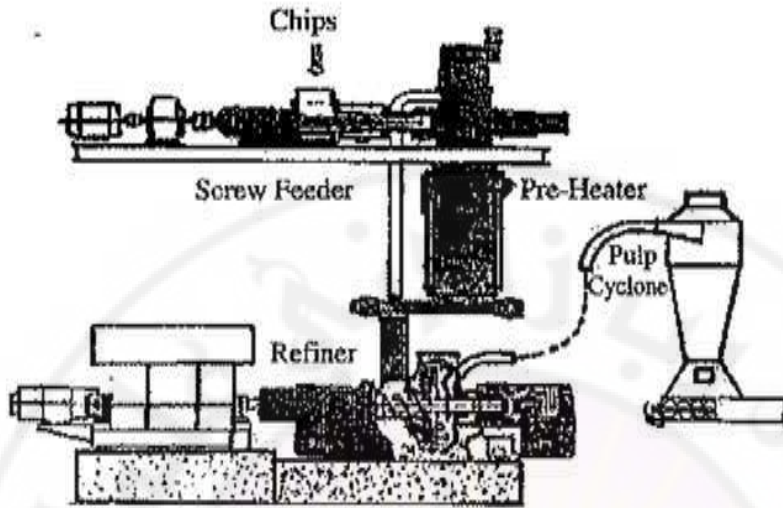
بموجب هذه الطريقة تعالج الفتات الخشبية بالبخار بدرجة حرارة تتراوح بين ١٢٠-١٤٥ درجة مئوية لمدة تتراوح بين ٢ وحتى ٦ دقائق عقب ذلك يتم نفثتها إلى ألياف تحت الضغط شكل (٩٣). استخدام الطاقة النوعي لهذه الطريقة ١٨٠٠ كيلو واط/ساعي/طن تستخدم هذه الطريقة في صناعة الورق في ألمانيا.

تستخدم أيضاً هذه الطريقة لتحضير العجينة اللازمة لصناعة الخشب اللبني المتوسط الكثافة MDF حيث تستخدم درجات حرارة عالية واستخدم أقل للطاقة من ١٥٠ وحتى ٢٠٠ كيلوواط/ساعي/طن.

تمتاز هذه الطريقة عن الطريقة السابقة باحتواء العجينة على جزء كبير من الألياف الطويلة التي تمنح الورق زيادة في المتانة. حيث تستخدم العجينة الناتجة عن هذه الطريقة مادة أولية في صناعة ورق طباعة الجرائد، ومن المعلوم أن الأضرار البيئية في هذه الطريقة أعلى من سابقتها.

إن مواصفات اللوح الورقي المصنع من المادة الخشبية المنتجة بهذه الطريقة من أخشاب الأنواع عريضة الأوراق كالبتولا والحوار أقل من مواصفات اللوح الورقي المصنع من العجينة الورقية للأنواع الإبرية مثل أخشاب الصنوبر.

إن العجينة الورقية المصنعة بالطريقة الميكانيكية أو بالطريقة الحرارية الميكانيكية تهدي مقدرة على الاصفرار تحت تأثير الضوء أكبر من العجينة الورقية المصنعة بالطرق الكيميائية فضلاً عن ذلك، إن الخواص الميكانيكية والتكنولوجية للعجينة الورقية المنتجة كيميائياً أفضل من تلك المنتجة ميكانيكياً أو بالطريقة الحرارية الميكانيكية الأمر الذي يجعل العجينة الكيميائية هي المفضلة لصناعة الورق، أما العجينة المستخدمة ميكانيكياً أو حرارياً ميكانيكياً تصلح لصناعة ورق الرسم وورق طباعة الجرائد.



شكل (١٣) مبدأ عمل آلة طحن الخشب للحصول على عجينة بالطريقة الحرارية الميكانيكية
(Roffael et al., ١٩٩٩)

- الطريقة الكيميائية الحرارية الميكانيكية Chemo-Thermo Mechanical pulp :CTMP

وفقاً لهذه الطريقة تعالج الفتيتات الخشبية بالمواد الكيميائية مثل ماءات الصوديوم والصوديوم بيروكسيد أو سلفات الصوديوم وذلك تحت درجة حرارة ١٠٠ درجة مئوية لمدة من ١ وحتى ٢ ساعة وبعد ذلك تحول إلى ألياف خشبية باستخدام المطحنة مع صرف للطاقة ٨٠٠-١٠٠٠ كيلو واط ساعي لكل طن.

إن محتوى العجينة المحضرة بهذه الطريقة من الألياف الخشبية الطويلة أكبر من نسبتها في العجينة المحضرة بالطرق السابقة، تستخدم هذه الطريقة للحصول على عجينة الورقية بشكل أساسي من الأنواع الخشبية عريضة الأوراق.

تستخدم هذه الطريقة في البرازيل للحصول على المادة الخشبية من أنواع الكينا وفي إيطاليا من خشب الحور هذه الطريقة غير مستخدمة في ألمانيا إن العجينة الورقية المستحصلة بهذه الطريقة تصلح لصناعة الكرتون المتموج والأنواع من الورق الناعم والمنتجات الزغبية للریشة.

من مساوىء هذه الطريقة تلوث مياه الصرف مقارنة بالطرائق الكيميائية التي ستشرح لاحقاً حيث إن الحاجة للأكسجين الكيميائي ١٠٠ كغ/طن لطريقة CTMP وجوالي ٤٠ كغ/طن لطريقة TMP.

للحصول على مادة الهيميسيللوز تستخدم طريقة التناثر البارد وذلك من أخشاب البتولا والهور والكينا حيث تتم معالجة الخشب بدرجة حرارة الغرفة وتحت ضغط ١٠ بار بمحلول ٢,٥-٥% ماءات الصوديوم الذي يحل ٥-١٠% من اللغنين والهيميسيللوز حيث ينتج الخشب ويطرى وبعدها يطحن ليحول إلى ألياف خشبية.

إن إنتاج ألمانيا من خشب الصقل ١,٣ مليون طن سنوياً من النوع الخشبي الفشته Fichte.

إن استخدام خشب الصقل في صناعة الورق يخضع لمنافسة إعادة استخدام السورق القديم حيث إنه استخدم سابقاً في صناعة ورق الجرائد ٧٠% خشب صقل و ٣٠% ورق قديم أما في يومنا هذا فيصنع ورق الجرائد من ١٠٠% ورق قديم. وهذه من الإجراءات المتبعة لتخفيف الضغط على البيئة.

IV- مميزات ومساوىء الطرق الكيميائية لتحضير عجينة الورقية:

مقدمة:

نظراً لمحتوى العجينة الورقية المنتجة بالطريقة الميكانيكية والحرارية الميكانيكية على كمية كبيرة من اللغنين الذي يزيد قابليتها للتلون باللون الأصفر تحت تأثير الضوء كذلك يمتاز الورق المنتج من هذه العجينة بقاء مئنته الميكانيكية لذلك تمتاز الطريقة الكيميائية أنه خلال عملية طبع الخشب مع المواد الكيميائية فإن قسماً كبيراً من اللغنين والهيميسيللوز ينحل في المحلول وخاصة اللغنين الموجود بكميات كبيرة في الصفيفة المتوسطة لجدران الخلايا الأمر الذي يؤدي إلى انفصال الألياف عن بعضها البعض، كذلك فإن إزالة اللغنين تزيد من مئانة العجينة الورقية المنتجة ويقلل قابليتها للاصفرار تحت تأثير الضوء، هذا ومن سلبيات هذه الطريقة أن العجينة الورقية الناتجة تشكل ٤٥-٥٥% كذلك تسبب إجهاداً للبيئة من خلال المواد الكيميائية المستخدمة.

هذا ويتم سنوياً إنتاج ١٤٠ مليون طن من السللوز حيث إن ٨٠% منه تنتج بطريقة السلفات والسلفات المعدلة و ٦.٥% منها تنتج بطريقة السلفيت و ١٣% بطريقة الصودا الكاوية وذلك في آسيا وجنوب أمريكا من النباتات الحولية.

١- طريقة السلفيت:

الطريقة الكلاسيكية تستخدم بشكل أساسي مركب الكالسيوم بيسولفيت حيث تنتج بهذه الطريقة عجينة السللوزية اللازمة لصناعة الورق والحبر الصناعي وتتألف طريقة السلفيت من المراحل التالية:

- ١- تفاعل حمض الكبريت مع اللغنين وتشكيل حمض اللغنين سولفو غير القابل للانحلال.
- ٢- نتيجة التحلل المائي لحمض اللغنين سولفو يتحول إلى شكل قابل للغسل بالماء الأمر الذي يؤدي إلى الكشف عن المواد الكربوهيدراتية لجدر الخلايا المكونة للألياف الخشبية.
- ٣- تحلل المواد الكربوهيدراتية (السللوز + الهيميسللوز).

إن طريقة السلفيت المعدلة تعتمد على استخدام المغنيزيوم Mg أو الصوديوم Na أو الأمونيوم NH_4 بدل الكالسيوم Ca إن هذا التعديل يسمح لحموض الطبخ التخلل بشكل أكبر في الخشب الأمر الذي يؤدي إلى تقليل زمن الطبخ. إن طريقة الكالسيوم سلفيت تسبب مشكلة في ماء الصرف.

* مزايا طريقة السلفيت:

- ١- الحصول على كمية كبيرة من العجينة الورقية للسللوزية ذات النوعية العالية.
- ٢- إن الطاقة المصروفة لتفتيت الخشب وطحنه قليلة و لا تحتاج لصرف ولعناء كبير في التبييض.

- ٣- يمكن تنفيذها على مرحلة واحدة أو عدة مراحل.
- ٤- الحصول على منتجات ثانوية إلى جانب العجينة الورقية مثل: الإيثانول والفورفورال والفانيلين ومتعددات الفينول.

* مساوئ طريقة السلفيت:

- ١- لا تصلح للحصول على العجينة من جميع الأنواع الخشبية.
- ٢- قلة متانة العجينة الورقية المنتجة.

٢- طريقة السلفات:

إن المواد الكيميائية المستخدمة بهذه الطريقة القلوية هي ماءات الصوديوم NaOH وكبريت الصوديوم Na_2S هذا ويتم إضافة كربونات الصوديوم إلى محلول الطبخ Na_2CO_3 . إن عملية الطبخ تجري على درجة حرارة ١٦٠-١٨٠ درجة مئوية لمدة ٢-٤ ساعات تحت ضغط ٧-١٢ بار، ويمكن إعادة كسب هذه المواد الكيميائية من المحلول المتبقي بتبخيره.

إن نسبة العجينة الورقية المستحصل عليها ٤٢-٥٢% بلون بني فاتح أو غامق وذات متانة عالية؛ لذلك تصلح هذه العجينة لإنتاج ورق اللف والكرتون المنموج وورق تصنيع الأكياس. يتم تبيض هذه العجينة على عدة مراحل حتى درجة بياض ٩٠%.

تستورد ألمانيا سنوياً ٣,٤ مليون طن من عجينة السلفات من كندا - السويد - أمريكا - فنلندا - البرازيل.

إن استخدام هذه الطريقة يجهد البيئة بالمركبات الكبريتية مثل دي ميثيل ثيو مسولفيد، ميثيل ميركابتان وكبريت الهيدروجين بمعدل ٣-٥ كغ/طن تتم عملية التبيض باستخدام الأوكسجين أو مركبات التبيض الخالية من الكلور ECE و TCF مستشرح لاحقاً.

إن الاحتياج المائي لإنتاج ١ طن من العجينة الورقية ١٥ م^٣ ماء.

المنتجات الثانوية التي يمكن كسبها على هامش العجينة الورقية لطريقة السلفات: التريبتين + زيت التال.

ولطريقة السلفيت: ليثانول، الفانيلين - حمض الخل في ألمانيا يتم استخدام مركب مغنيزيوم بيوسلفيت بدل الكالسيوم بيوسلفيت.

* مزايا طريقة السلفات:

- ١- يمكن استخدامها لجميع الأنواع إضافة إلى استخدام قشرة الشجرة.
- ٢- الحصول على كمية كبيرة من العجينة الورقية من الأنواع الخشبية عريضة الأوراق.
- ٣- متانة العجينة السللوزية المنتجة.
- ٤- إعادة كسب المواد الكيميائية من المحلول المتبقي بعد الطبخ لاستخدامه مرة أخرى.
- ٥- المنتجات الثانوية التي يمكن الحصول عليها.. التريبتين وزيت التال.

* مساوية طريقة السلفات:

١- صدور رائحة كريهة أثناء الحصول على العجينة الخشبية من الأنواع عريضة الأوراق وذلك لاحتواء لغنينها على السربابين المادة البنائية الأساسية التي تكون مركبات كبريتية ذات رائحة كريهة.

٢- إن كمية العجينة الورقية الناتجة من الأنواع الإبرية تكون قليلة.

٣- تحتاج إلى استخدام كلفة كبيرة للطحن والتبييض.

إن الطريقة الكيميائية المستخدمة في ألمانيا للحصول على العجينة الورقية هي طريقة السلفيت حيث تنتج ألمانيا سنوياً ٧٠٠,٠٠٠-٨٠٠,٠٠٠ طن عجينة سلفيت ومن الدول المصدرة في العالم لعجينة السلفيت السويد - كندا - فنلندا - أمريكا. تصلح عجينة السلفيت لإنتاج الورق كذلك الحرير الصناعي وذلك من خشب الفستق هذا وإن احتواء خشب الصنوبر على مركبي البينوسولفين والبيوسولفين مونوميثيل إيثر يعيق عملية فصل الألياف وذلك لتفاعلها مع اللغنين.

٧- الطرق الحديثة للحصول على العجينة الورقية:

إن المعمل المستخدم لإنتاج العجينة الورقية بطريقة السلفات يتطلب نفقات باهظة. لذلك هناك طرق حديثة وهي:

١- طريقة أورغانوسولف *Organosolv*:

يتم طبخ الخشب ومعالجته بـ ٥٠% من محلول الإيثانول، تصلح هذه الطريقة للأنواع الخشبية عريضة الأوراق، تحتوي العجينة المنتجة على محتوى عالٍ من اللغنين (رقم كلبا عالي).

٢- طريقة أورغانوسيل *Organocell*:

تتألف هذه الطريقة من مرحلتين:

في المرحلة الأولى: يتم طبخ الخشب بمزيج من الماء والميثانول على درجة حرارة ١٩٥-٢١٠ درجة مئوية.

في المرحلة الثانية: يتم إضافة مزيج من ماءات الصوديوم والأنتراشينون على درجة حرارة ١٧٠ درجة مئوية، هذا ولقد عذلت هذه الطريقة حيث أصبحت مؤلفة من مرحلة واحدة يتم فيها طبخ الخشب بمزيج من ماءات الصوديوم والأنتراشينون والإيثانول.

هذا وتحتوي العجينة الورقية على محتوى عالٍ من اللغنين.

وتستخدم المركبات الكلورية في تبييض هذه العجينة.

(ClO_2) إن معالجة هذه العجينة معقولة.

تصلح هذه الطريقة للحصول على العجينة الورقية من الأنواع الخشبية الإبرية.

٣- طريقة آل سيل *All Cell*:

تستخدم هذه الطريقة مزيج طليخ مؤلف من الماء والإيثانول بنسبة ١ : ١.

٤- طريقة أسيتوسولف *Acetosolv*:

تستخدم هذه الطريقة للحصول على العجينة الورقية من أخشاب الصنوبر حيث يتألف

سائل الطليخ من مزيج من حمض الخل وحمض كلور الماء بنسبة ٠,١% من الوزن الجاف للخشب.

إن محتوى العجينة الورقية المنتجة بهذه الطريقة من اللغنين أقل من محتوى العجينة

الورقية المنتجة بطريقة السلفات. إن العجينة المنتجة بهذه الطريقة تقع كميتها بين

٤٦-٥٠%. كذلك إن المواصفات الميكانيكية للعجينة الورقية أعلى من مواصفات العجينة

الورقية المنتجة بطريقة السلفات ، هذا وإن عملية التبييض لهذه العجينة الورقية تتم

باستخدام الماء الأوكسجيني (H_2O_2).

٥- طريقة فورماسيل *Formacell*:

تعتمد هذه الطريقة على إضافة حمض النمل الذي يعمل على تقليل محتوى اللغنين في

العجينة الورقية المنتجة وبالتالي يسهل عملية تبييضها باستخدام المركبات الخالية من الكلور.

إن الفرق بين طريقتي آل سيل وطريقة فورماسيل يكمن في أنه بطريقة فورماسيل

يمكن استخدام أخشاب الأنواع الإبرية للحصول على العجينة الورقية.

لأن المزيج المؤلف من حمض الخل وحمض النمل (طريقة فورماسيل) هو أفضل

وأقوى لإزالة اللغنين من المزيج المستخدم في طريقة آل سيل المؤلف من الماء والإيثانول،

أي الحموض أقوى لهدم اللغنين.

إن محتوى اللغنين في هذه الطريقة (رقم كابل) ٥-١٠ للأنواع الخشبية الإبرية بينما

في طريقة السلفات ٢٥-٣٠ وبطريقة السلفيت ٢٠-٢٥ وبطريقة أورغانوسول ٢٥-٣٠

وبطريقة ASAM التي سيلي شرحها ١٥-٢٠.

٦- طريقة ميلوكس *Milox*:

بهذه الطريقة يتم استخدام حمض النمل بوجود الماء الأوكسجيني H_2O_2 على ثلاث مراحل تصلح هذه الطريقة لصناعة العجينة الورقية من الأنواع الخشبية عريضة الأوراق وكذلك من الأنواع الإبرية ، كما يمكن تبييضها من المركبات الخالية من الكلور .

٧- طريقة آسام Asam:

ASAM = Alkalischer + Sulfitaufschluss + Antrachinon + Methanol

تعني طريقة السلفيت القلوية مع إضافة مركب أنتراشيون وميثانول بهذه الطريقة يتم استخدام محلول طليخ سلفيت الصوديوم Na_2CO_3 وماءات الصوديوم NaOH حيث يلعب الأنتراشيون دوراً في زيادة المقدرة على إزالة اللغنين مع المحافظة على ثبات المكونات الكربوهيدراتية ، كما يلعب الميثانول دوراً في توفير الشروط المثالية للتبييض باستخدام المركبات الخالية من الكلور .

إن هذه الطريقة تتطلب مصاريف أكثر في عملية استعادة كسب المواد الكيميائية المتبقية في محلول الاستخلاص مقارنة بطريقة السلفات كذلك توظيف مصاريف باهظة للألات. تؤدي هذه الطريقة إلى إجهاد ماء الصرف ، كذلك إن الحاجة للأكسجين الكيميائي ١٠ كغ O_2 لكل طن من العجينة السلوزية.

إن هذه الطريقة تجمع ما بين مزايا طريقة السلفيت (سهولة التبييض للعجينة الورقية) وطريقة السلفات (مقاومة العجينة السلوزية إضافة إلى إمكانية استخدام الأنواع الخشبية عريضة الأوراق والإبرية على أنها مواد أولية حيث إنه يمكن استخدام الأنواع الخشبية الغنية بالصمغ والمكونات الخشبية القابلة للاستخلاص مثل الصنوبر إضافة إلى قشور جذوعها.

هذا وإن كمية العجينة المنتجة كبيرة ، كذلك تملك العجينة قبل تبييضها درجة بيضاء عالية ومحتوى قليلاً من اللغنين حيث إن رقم كابلها (١٥-٢٠).

VI-تبييض (قصر) العجينة الورقية:

إن الألياف المكونة للعجينة الورقية المنتجة بالطرق السالفة الذكر تملك لوناً بدين الأصفر المبيض واللون البني وهذا اللون يعزى كيميائياً لوجود مجموعات الكروموفورم الموجودة في اللغنين وهناك طريقتان أساسيتان تستخدمان في تبييض العجينة الورقية:

١- التبييض بإزالة اللغنين كلياً أو جزئياً.

٢- التبييض بالإبقاء على اللغنين وذلك بتحويل مجموعات الكروموفورم الملونة إلى مركبات غير ملونة.

إن الطريقة الأولى أي التبييض بإزالة اللغنين تستخدم لتبييض العجينة السللوزية المنتجة بالطريقة الكيميائية.

أما الطريقة الثانية أي التبييض بوجود اللغنين تستخدم للألياف السللوزية المنتجة بالطرق الميكانيكية.

مواد التبييض المستخدمة للتبييض مع الإبقاء على اللغنين هي المواد المؤكسدة مثل الماء الأكسجيني H_2O_2 أو المركبات المرجعة مثل دي ثيونيت الصوديوم.

هذا ويمكن أن تجرى عملية التبييض بالماء الأكسجيني H_2O_2 على مرحلة واحدة أو على مرحلتين حيث يتم الحصول على درجة بياض ٧٥-٨٠%. أما بطريقة إزالة اللغنين يمكن الحصول على درجة بياض ٨٠% هذا ويمكن للعجينة الورقية أن تصفر تحت تأثير الحرارة أو الأوكسجين أو الضوء.

تتضمن طريقة التبييض بإزالة اللغنين على طريقتين:

أ - الطريقة التقليدية: التبييض باستخدام الكلور أو المركبات الكلورية.

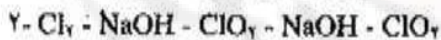
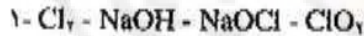
ب - الطريقة غير التقليدية وتتضمن:

١- التبييض بالمركبات الخالية من عنصر الكلور ECF.

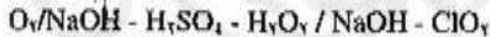
٢- التبييض بالمركبات الخالية تماماً من عنصر الكلور ومركبات الكلور.

حيث يمكن تلخيص كلا الطريقتين بالمعادلات التالية:

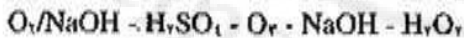
- الطريقة التقليدية:



- الطريقة غير التقليدية الخالية من عنصر الكلور ECF:



- الطريقة غير التقليدية الخالية من عنصر الكلور ومركبات الكلور TCF:



إن الطريقة غير التقليدية تقلل من تلوث ماء الصرف ولكنه تحت تأثير O_3 و O_2 تقل

نوعية السللوز المبيض والمتانة الميكانيكية للألياف نتيجة إقلال متوسط درجة البلمرة DP.

في ألمانيا يتم استخدام الطرق غير التقليدية الخالية من عنصر الكلور والمركبات الكلورية لتبييض عجينة الورقية المنتجة بطريقة السلفيت حيث يتم الحصول على درجة إبيضاض ٩٠%.

هذا وتنتج ألمانيا سنوياً ٧٠٠,٠٠٠ - ٨٠٠,٠٠٠ طن من العجينة الورقية المنتجة بطريقة السلفيت.

هذا ويتم إعادة استخدام الورق القديم في تصنيع الورق باعتباره أحد إجراءات حماية البيئة حيث يدخل الورق القديم بنسبة ٦٠% في العجينة الورقية اللازمة لتصنيع ورق اللسف وورق التواليت وورق الرسم كما يدخل بنسبة ١٠٠% في صناعة ورق الجرائد. هذا ويمكن إعادة استخدام الورق القديم من ٦-٨ مرات حيث إنه بنتيجة تكرار إعادة الاستخدام تضعف متانة الورق لذلك يدعم ويسلح بإضافة المادة السللوزية.

هذا ولصناعة الورق الناعم العالي الجودة تستخدم العجينة الورقية المنتجة بطريقة السلفات.

هذا وتستورد ألمانيا سنوياً ٣,٤ مليون طن من العجينة الورقية المصنعة بطريقة السلفات من السويد وفلندا والبرازيل والبرتغال.

وتعتبر ألمانيا من أولى الدول الأوروبية المنتجة للورق حيث بلغ إنتاجها ١٥ مليون طن في عام ٢٠٠٠.



الفصل العاشر

الخشب و الفحم الخشبي باعتباره طاقة

Wood and Charcoal for Energy

بدأ استعمال الخشب باعتباره مصدراً للطاقة يأخذ أبعاده بصورة جدية بعد الارتفاع المذهل لأسعار الطاقة الأخرى ، ويستعمل الخشب عموماً على أنه مصدر للتدفئة وعلى أنه مصادر طاقة صناعية وفي توليد الكهرباء في الثمانينات وبعد الخشب حالياً أحد المصادر الرئيسية للطاقة ، ولقد وصل الاستهلاك من الخشب باعتباره مصدراً للطاقة عالمياً إلى ١٠% في عام ٢٠٠٠. ويعتمد المحتوى الحراري (الطاقوي) للخشب على محتواه الرطوبي حيث تفضل الأخشاب الجافة على الرطبة هذا ويقدر أن ٤٥% من الخشب المنتج عالمياً يستعمل في تدفئة المنازل وأعمال الطهي. ومن المواد الخشبية التي يمكن استعمالها لتوليد الطاقة: الخشب المنور Round wood وبقايا المناشر Mill residues وبقايا القطع Logging residue والمشاجر plantations.

١- طبيعة الخشب كوقود : Nature of wood fuel

لا بد من حرق الخشب لإنتاج الطاقة وتتم العملية بتبخير الماء منه والمركبات المتطايرة وجلب الخشب لنقطة الاشتعال Combustion وذلك بدرجات حرارة من ١٠٠ – ٦٠٠ مئوية حيث يتطاير نحو ٧٥ – ٨٥% من الخشب ويبين الجدول رقم (٧٢) التحليل التقريبي للخشب باعتباره وقوداً حيث تحترق المواد المتطايرة على شكل غازات ويحترق الكربون الباقي كاحتراق الفحم Charcoal.

جدول رقم (٧٢): تحليل الخشب كوقود ومقارنته بالفحم الحجري (John et al., ١٩٨٢)

الوقود	المواد المتطايرة	الكربون الثابت	الرماد
١ - شوح دوغلاس			
الخشب	٨٦,٢	١٣,٧	١,١
القلف	٧٠,٦	٢٧,٢	٢,٢
٢ - عريضات الأوراق			
للخشب	٧٧,٣	١٩,٤	٣,٤
القلف	٧٦,٧	١٨,٦	٤,٦
الفحم الحجري	٤٣,٤	٥١,٧	٤,٩

وتشكل عملية الاحتراق تفاعل الأكسجين مع الكربون ليتشكل CO_2 واتحاد هيدروجين الخشب مع أكسجين الهواء ليتشكل الماء ، وبأني الأكسجين جزئياً من الخشب لكن معظمه يأتي من الهواء حيث يحتوي الخشب على ٦% هيدروجين ٤٩% كربون و ٤٤% أكسجين. ويبين الجدول رقم (٧٣) محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية مع ملاحظة احتواء الأخشاب ذات الراتنج على طاقة أكثر من غيرها من الأخشاب المماثلة لها وزناً. ويكون قلف المخروطيات وخشبها ذا قيمة حرارية أعلى من قلف عريضات الأوراق وخشبها وتختلف القيمة الحرارية حسب النوع أيضاً و حسب اختلاف تركيبها من H_2 , O , C إلا أنه عموماً تقدر القيمة الحرارية بـ $Btu/lb ٩٠٠٠$ جافة للمخروطيات وبـ $Btu/lb ٨٣٠٠$ جافة لعريضات الأوراق Btu هي وحدة طاقة حرارية بالنظام الإنكليزي وتعاود $١٠٥٥,٠٦$ جول بالنظام الدولي. أما lb فهي وحدة الكتلة بالنظام الإنكليزي وتعاود بالنظام الفرنسي المطلق $٠,٤٥٣٦$ كغ.

جدول رقم (٧٣): محتوى الخشب والقلف من الطاقة الحرارية (John et al., ١٩٨٢)

نوع الخشب	الخشب	القلف
غير راتنجي	٨٥٠٠ - ٨٠٠٠	٧٤٠٠ - ٩٨٠٠
راتنجي	٨٦٠٠ - ٩٧٠٠	٨٨٠٠ - ١٠٨٠٠

وتعرف حرارة الاشتعال heat of Compustion بالحرارة المتولدة عن الاحتراق الكامل للخشب في ظروف محكمة وبالطبع تكون الطاقة المتولدة عن احتراق الخشب في الظروف العادية أقل من احتراقه ضمن ظروف محكمة بسبب صرف جزء من الطاقة في تبخير الماء ومن صرفها في مواقع أخرى من العملية كذلك المصروفة في تسخين الهواء الزائد والمصروفة أيضاً في تسخين الماء المتولد خلال الاشتعال.

٢- الفحم الخشبي Charcoal

أولاً- تعريف الفحم : ينتج الفحم عن الحرق الجزئي غير الكامل للأخشاب من خلال التحكم بكمية الهواء المتوفرة في وسط الاحتراق ، كما يعتبر الفحم الخشبي أحد منتجات تقطير الخشب أو إمالة الخشب .

ثانياً- المصادر الطبيعية للفحم الخشبي : تعتبر الغابة مصدراً مستداماً لخشب التفتيح وذلك من خلال تفتيح الأخشاب الناتجة عن عمليات تقليم الأشجار أو تقطيرها . حيث يمكن الحصول على أنواع جيدة من الفحم باستخدام الطرائق التالية :

١- الطريقة التقليدية : وهي عمل الفحم بالمتارب البلدية ، حيث يطلق على المكان التي تتم فيه عملية التفتيح بالمترب ، هذا ويتم عملية التفتيح وفقاً للخطوات الآتية :

أ- تجهيز المترب : يتم تجهيز المترب بتسوية الأرض بشكل جيد ، حيث إن ميول أرض المترب يتسبب بخلل في توزيع الاشتعال ضمن الأخشاب المرتبة بشكل منتظم . يتخذ المترب الشكل الدائري وتتعلق مساحته بكمية الحطب المراد تحويلها إلى فحم ويتراوح قطر قاعدة المترب من ٤-٦ أمتار .

ب- تجهيز الأخشاب : تستخدم في التفتيح الأخشاب التي لا تصلح لأغراض النشر و الصناعات الخشبية ، حيث تستخدم الأخشاب الناتجة عن إزالة أغصان التساج و

الفرعات التي يتراوح قطرها من ٢-١٥ سم كذلك الأغصان المعوجة ، إذ يتم تقطيع الأغصان بأطوال تتراوح بين ٥٠-١٠٠ سم .

ت- مرحلة التعمير : يقصد بالتعمير تنسيق الحطب و ترتيبه بشكل يحقق التوازن في الاحتراق الجزئي و استمرار الاشتعال أثناء عملية التحميم . يبدأ تعمير الأخشاب بدءاً من مركز المترب حيث توضع الأخشاب بشكل عمودي في المنتصف ، و ترتب الأخشاب الباقية بشكل دائري عليها ، إذ يتم إسناد كل قطعة على سابقتها و مع الابتعاد عن المركز يتم وضع القطع الخشبية بشكل مائل بحيث يأخذ المترب في النهاية شكل قبة تترك في وسطها فوهة من الأعلى إلى الأسفل يطلق عليها فوهة الاشتعال . بعد ذلك ترصف حجارة متوسطة الحجم حول قاعدة القبة لإسناد الأخشاب الطرفية وتنظيم دخول الهواء من الأسفل .

ث- تغطية الأخشاب : وفي هذه المرحلة يغطي سطح القبة بالكامل بأوراق الأشجار و الأفرع الصغيرة والتي تغطي بدورها بطبقة من التراب الناعم بسماكة ٣ سم لمنع دخول الهواء قدر الإمكان وتنظيم عملية الاحتراق ، هذا ويترك فوهة الاشتعال بدون تغطية و يخصص لها غطاء خاصاً .

ج- مرحلة الاشتعال : و تتم هذه المرحلة بإدخال كمية من الحطب في فوهة الاشتعال وإشعالها و من ثم تغطية الفوهة بالغطاء الخاص بها ، بعد ذلك تتم تغذية الاشتعال بالحطب الناعم وفقاً للحاجة حتى يتم التأكد من اشتعال طبقة الأخشاب في القمة من ثم تغلق الفوهة و تبدأ فترة المراقبة خوفاً من حدوث فتحات ضمن الغطاء الترابي و دخول الهواء فيها و حدوث احتراق كامل .

ح- مرحلة التخمير : و المقصود بها انتهاء الاحتراق في أسفل المترب وتحمم الأخشاب الموجودة على محيطه ومن العلامات التي تدل على الوصول إلى هذه المرحلة خروج الدخان و النار من بين الحجارة المرصوفة على محيط المترب وتشير هذه المرحلة إلى انتهاء عملية التحميم و التي تستمر ٢٠-٣٠ يوماً .

خ- مرحلة الفتح : بعد انتهاء و ظهور علامات النضج تتم إزالة التربة و الحجارة بشكل كامل باستخدام المشط و الشوكة و تخليص الفحم المنتج من التربة و الرماد مع إخماد النار التي قد تندلع نتيجة بقاء بعض الأفرع و الأغصان دون احتراق .

يبقى للفحم المنتج مدة ٢٤ ساعة من ثم يعبأ في باكياس بعد تدرجه حسب الشكل و الحجم ليصبح بذلك جاهزاً للتسويق .

د- مردود الفحم : إن مردود عملية التفحيم يختلف حسب النوع الخشبي حيث يتم الحصول على ١ كغ من الفحم بتفحيم ٤ كغ من خشب السنديان أو ٥ كغ من خشب الكينا (الأوكاليتوس أو الكافور) و بشكل عام تتراوح نسبة تحويل الخشب إلى فحم ١٥-٢٠ % من وزن الخشب .

٢- طريقة الأفران المعدنية المتقلبة : حيث يجري التفحيم بوضع الحطب في أفران معدنية متقلبة ، حيث يصل معامل الاستفادة منها (معامل التحويل) ٣٠-٣٥ % من وزن الخشب و تستمر فترة التفحيم من ٣-٤ أيام فقط و من مساوي هذه الطريقة ارتفاع ثمنها و حاجتها إلى الإصلاح و الصيانة .

٣- طريقة تقطير الخشب : تعتبر تقنية تقطير الخشب (إماهة الخشب) أحد الطرق المستخدمة للحصول على الفحم الخشبي و هي عملية مشابهة لعملية التفحيم إذ تختلف عنها في أن الخشب يتعرض للتسخين في جو مغلق تماماً في أوعية خاصة ، وينتج عن عملية التقطير إضافة إلى الفحم الخشبي منتجات متعددة مثل الغاز القابل للاحتراق ، الكحول الإيثيلي ، حمض الليمون ، الإستر ، الأسيتون ، القطران الخفيف و القطران الثقيل .

ثالثاً - طرائق تصنيفه و المواصفات المعتمدة : يتم تصنيف الفحم الخشبي المنتج حسب النوع الخشبي للمنتج منه حيث يعتبر فحم السنديان من أجود أنواع الفحم ، كذلك يمكن تصنيف الفحم حسب الحجم و الشكل إذ يميز في هذا المضممار فحم الأركيلة الذي يكون بأحجام صغيرة و أقطار صغيرة و يأخذ الشكل الاسطواني و فحم الشواء و التدفئة و الطهي والذي يكون بأحجام كبيرة و أقطار كبيرة و أشكال مختلفة . ويمكن تصنيف الفحم الخشبي وفقاً لحرارته النوعية حيث تبلغ الحرارة النوعية لفحم السنديان $212 \text{ Cal/g}^\circ\text{C}$ ، كذلك يمكن تصنيف الفحم الخشبي حسب حرارة الاحتراق إذ تبلغ حرارة الاحتراق لفحم السنديان $2.2 \times 10^4 \text{ J/kg.k}^\circ$ (حميد ، ٢٠٠٥) .

رابعاً-الاستعمالات : يستعمل الفحم الخشبي للأغراض التالية :

أ- في التدفئة

ب- للطهي حيث يضاف على الطعام نكهة خاصة و هذا يعود إلى انتظام توزيع الحرارة و تجانسها عند الطبخ .

ت- أفراس فحم الأركلة وتحضر بطحن الفحم الخشبي و مزجه بمواد لاصقة مثل النشاء ليصار إلى كبسه على شكل أفراس صغيرة ، حيث تمتاز أفراس الفحم بقلّة رمادها و تكون غير مدخنة وتعطي حرارة أكثر و بشكل منتظم و أنظف من قطع الفحم العادي.

ث- الفحم المنشط ويحضر بطحن الفحم الخشبي إلى حبيبات صغيرة جداً (مليمترية) يتم تنشيطها بالبخار ، حيث يستخدم الفحم المنشط في الفلاتر المائية و الغازية .

ج- في صناعة التعدين (الحديد ، الألمنيوم ، النحاس) .

٣- طرق أخرى لتحويل الخشب إلى طاقة

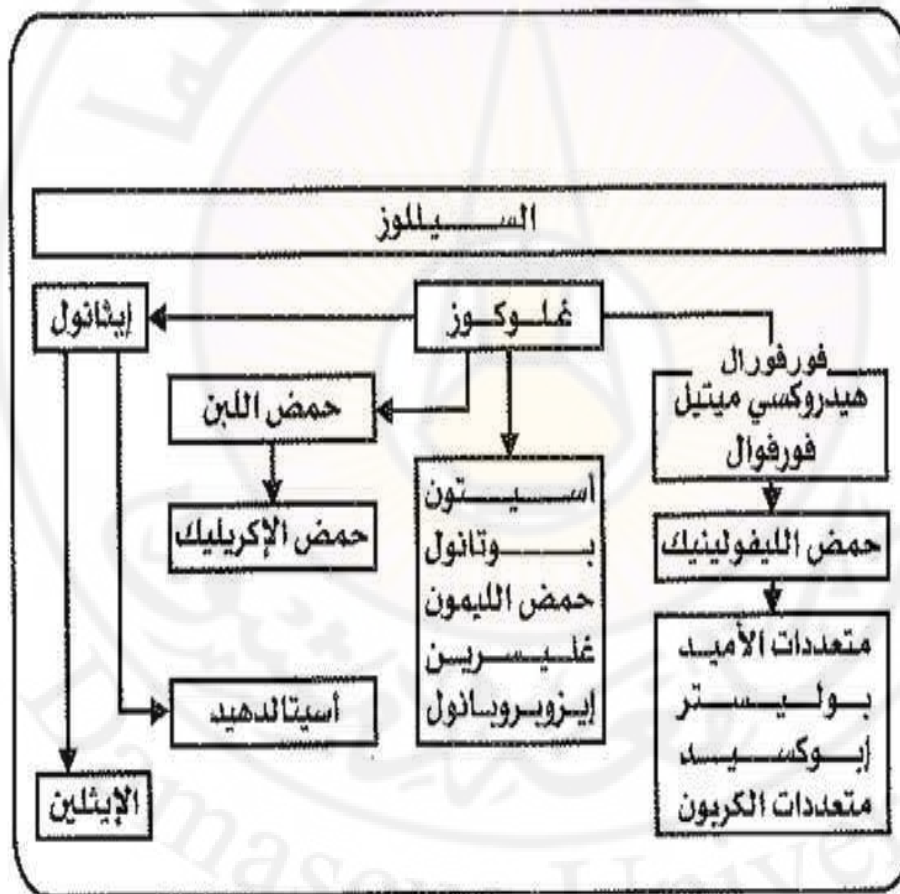
Other means of Converting wood energy:

يعد الاحتراق الوسيلة الشائعة في تحويل المادة الخشبية إلى طاقة حرارية حالياً ويمكن أيضاً توفير مواد محترقة عبر تحويل الخشب إلى غازات عبر (تغيّزه وتهدمه) ويمكن تقديم الخشب كعلف للحيوانات الخ.

وتعرف عملية تغيز الخشب Gasification بالتهدم الحراري له بوجود كمية قليلة من الهواء حيث يعطي مجموعة غازات قابلة للاحتراق وتدعى غازات المصنّج Producer gas وتحتوي هذه الغازات نحو ١٠ - ٣٥ % Btu من الطاقة الموجودة في غاز الميثان ، وتضم هذه الغازات (H_2 , N_2 , CO) وتكثر هذه النسبة باتجاه الأعلى (نحو ٣٥%) إذا استعمل الأكسجين بدل الهواء في العملية. ويمكن تنظيف غاز المنتج من CO_2 , N_2 وتحويله إلى غاز مركب Synthesis gas حيث يمكن استعماله في هذه الحالة لإنتاج الأمونيا والميثانول والميثانول.

تُعرف عملية تهدم الخشب للبيريوليزز Pyrolysis بأنها عملية تهدم الخشب حرارياً (أو أية مادة عضوية) بغياب الأكسجين بعكس عملية التغيز Gasification التي تنتج فقط غازاً بينما يكون ناتج الأولى غازاً وسائلاً ووقوداً صلباً (فحم).

يمكن أيضاً تخمير الخشب أو مخلفاته لإعطاء الميثان كما في تخمير بعض المحاصيل الزراعية. ويمكن تحويل الخشب أيضاً إلى إيثانول ethanol حيث يشيع إنتاجه من قصب السكر Sugar Cane حيث يحلمه الخشب إلى غلوكوز ، ثم يخمر الأخير ليعطي الكحول وأيضاً أفضل منتجات المحاصيل الزراعية في هذه الحالة ، هذا ويبين الشكل رقم (٩٥) نماذج تحويل الخشب كسيللوز إلى منتجات عدة ، وتعد صناعة الخشب المنشور من أكثر صناعات الخشب طرناً للنفايات يأتي بعدها صناعات اللاتيه والخشب المضغوط ومن ثم صناعات الورق ويمكن استعمال هذه المخلفات في توليد الطاقة وتوليد الكهرباء مستلاً ومن الدول النشطة في ذلك البرازيل حيث تستخدم فحم اليوكالبتوس في صناعة الحديد.



شكل رقم: (٩٥) نماذج تحويل الخشب (السيللوز) إلى منتجات متعددة (John et al., ١٩٨٢)



المراجع

١-المراجع العربية :

- الزغرت معين (١٩٦٦) : أساسيات ومبادئ علوم الغابات والحراج-الجزء الثاني الخشب واستعمالاته -مطبعة الشركة العربية.
- بدران عثمان وقنديل السيد عزت (١٩٧٤) : أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب-كلية الزراعة جامعة الإسكندرية-الطبعة الثانية.
- حميد محمود (٢٠٠٥) : إمكانية الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات صناعة عصر الزيتون . منشور في مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية ، المجلد ٢١-العدد ١٢ : ١١٣-١٢٤.
- رحمة أديب (١٩٧٦) : استخدام طريقة مركبات الكثافة في دراسة الصفات الميكانيكية لخشب صنوبر بروتيا تحت تأثير العوامل البيئية ، مجلة بحوث جامعة حلب العدد الأول.
- قياقجي سعيد (١٩٨٧) : دراسة تقنية للخصائص الفيزيائية والميكانيكية لخشب السرو في سورية. مجلة بحوث جامعة حلب ، سلسلة العلوم الهندسية ، العدد الثامن.
- قدح جرجس (١٩٩٤) : تكنولوجيا الأخشاب. جامعة الدول العربية. المعهد العربي للغابات والمراعي في بوقا.
- سكةكة ميساء (٢٠٠٣) : الخصائص التكنولوجية لخشب الكستناء الحلوة في وادي النضاري لاستخدامه في الصناعات الخشبية ، رسالة ماجستير في للهندسة الزراعية ، جامعة حلب.
- منظمة الأغذية و الزراعة العالمية FAO (٢٠٠٣) : الكتاب السنوي -المنتجات الحرجية.
- نحال إبراهيم ، رحمة أديب و شلبي نبيل (١٩٨٩) : الحراج و المشاتل الحراجية. منشورات جامعة حلب كلية الزراعة.
- ٢-المراجع الإنكليزية :

-Albritton, R.O Short, P.H. ١٩٧٩: Effect of Extractives from Pressure-refined Hardwood Fiber on the Gel Time of Urea-formaldehyde Resin. Forest Prod. J. ٢٩: ٤٠-٤١

-Back, E.L., ١٩٩٩: Definitions and the variability of wood resin. In Back, E.L. (ed): Wood resins and pitch control (in press).

- Back, E.L., 1999: Dimension stability and creep. In Back, E.L. (ed): Wood resins and pitch control (in press).
- Bailey, I. W., 1993: The cambium and its derivative tissues. IV. The increase in girth of the cambium. *Am. J. Bot.* 10: 299-309.
- Baldwin, R. F. 1970: Plywood Manufacturing Practices. San Francisco: Miller, Freeman.
- Bannan, M. W., 1961: Ontogenetic trends in conifer cambium with respect to frequency of anticlinal divisions and cell length. *Can. J. Bot.* 39: 790-802.
- Bendtsen, B. A. 1978: Properties of wood from improved and intensively managed trees. *For. Prod. J.* 28 (10): 61-72.
- Bergman, J., 1960: Yellowing of pulp extractives. *Svensk Papperstiden*, 78, (9): 339-347.
- Bodig, J., 1962: Wettability related to gluability of five philippine mahagonies, *For. Prod. J.* 22(1): 260-270.
- Buckland, N.J., Dalley, O.T. and Mathieson, C.J., 1903: The distribution and nature of resinous material in *Pinus radiata*. *Appita proceedings* 7, 160-182.
- Chen, C.M., 1970: Effect of Extractive Removal on adhesion and wettability of some Tropical wood of some Tropical woods. *Forest Prod. J.* 20 (1): 37-41
- Christiansen, A.W., 1990: How overdrying reduces its bending to phenolformaldehyde adhesives a critical review of the literature part 1: physical responses. *Wood and Fiber Science*, 22, (1): 11-20.

-Christiansen, A.W., 1991: How overdrying reduces its bending to phenolformaldehyde adhesives-a critical review of the literature part 2: chemical reaction. Wood and Fiber Science, 23, (1): 79-84.

Collett, B.M., 1972: Surface and interfacial adhesion in wood science and related fields Wood Sci. Technology : 1-24.

-Cote, W. A. Jr. 1967: Wood Ultrastructure-An Atlas Electron Micrographs. Seattle. Univ. of Washington Press.

- Dalton, L.K., 1952: Resins from sulphited tannins as adhesives for wood. Austral. J. Appl. Science, 3: 136-140.

-Davis, B. M., and Hurley, D. W. 1978: Fiber from southern pine root system in Complete Tree Utilization of southern pine, ed. C. W. McMillin. Madison, wis.: Forest Products Research Society, pp. 274-276.

-Eames, A. J., and MacDaniels, L. H., 1947: An Introduction to Plant Anatomy, 2nd ed. New York: MacGraw-Hill.

- Dalton, L.K., 1952: Resins from sulphited tannins as adhesives for wood. Austral. J. Appl. Science, 3: 136-140.

Elbez, G., 1978: Study of the wettability of wood. Holzforschung 32 (3): 82-91.

-Erdman, H., Frank, A. and Lindstedt, G., 1951: Constituents of pine heartwood XXVII. The content of pinosylvin phenols in Swedish pines. Svensk Papperstidn. 54, 270-279.

-Essau, K. 1960: Plant Anatomy, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, pp. 249-501.

- Dalton, L.K., 1903: Resins from sulphited tannins as adhesives for wood. Austral. J. Appl. Science, 4: 133-140.
- Fengel, D., 1970: Ultrastructural changes during aging of wood cells. Wood Sci. Technol., 4: 176-188.
- Freeman, H.A., 1909: Relation between physical and chemical properties of wood and adhesion, For. Prod. J. 19 (12): 401-408.
- Gnanaharan, R., and Haygreen, J. 1974: Comparison of the creep behavior of waferboard and that of solid wood. Wood and Fiber 11 (2): 100-107.
- Goldstein, I. S. 1970: Potential for converting wood into plastics. Science 169: 817-821.
- Good, R. J. and E. D. Kotsidas, 1974: Contact angles on swollen polymers: The surface energy of crosslinked polystyrene. J. Adhes. 10 (1): 17-24.
- Gray, V.R. 1908: The acidity of wood. I. Inst. Wood Sci. 1: 58-74.
- Gray, V.R. 1912: The wettability of wood. For. Prod. J. 12 (9): 402-411.
- Hajny, G., Springer, E. 1973: Effect of storing Green wood chips at Elevated Feist, Temperatures Tappi. 56 (8), 91-90.
- Hall, M., Hansen, NW. and Rudra, A.B., 1973: The effect of species, age and wood characteristics on eucalyptus Kraft pulp quality. APPITA, 26: 248-254.
- Hancock, W.V. 1913: Effect of heat treatment on the surface of Douglas-Fir veneer. Forest Products Journal 13: 81-88.
- Hart, I. and Hillis, W.E., 1971: Inhibition of wood-Rotting Fungi by Ellagitannins in the heartwood of Quercus alba. Phytopathology, 61: 120-126.

-Hemingway, R.W. 1969: Thermal Instability of Fats Relative to Surface wettability of yellow Birchwood (*Betula lutea*). Tappi 52: 2149-2154.

-Herczeg, A. 1960: The wettability of wood. For. Pro. J. 10 (11): 499-500.

Hese, C. Y., 1972a: Influence of resin formulation variables on bond quality of southern pine plywood. For. Prod. J. 22 (9): 104-108.

Hese, C.Y., 1972b: Wettability of southern pine veneer by phenol formaldehyde resins "wood adhesives", For. Prod. J. 22 (1): 51-56.

-Hillis, W.E., 1962: Wood Extractives and their Significance to the Pulp and Paper Industries. Academic Press, New York and London.

-Howard, E. T., and Manwiller, F. G., 1969: Anatomical characteristics of southern - pine stemwood. Wood Sci. 2(2): 77-86.

-Huntsberger, J.R., 1978: Interfacial energies, contact angles and adhesion. Adhes. 78: 23-27.

- Imamura, H. 1989: Contribution of extractives to wood characteristics. Natural products of woody Plants. Springer-Verlag Berlin.

-Jane, F. W., Wilson, K. and White, D. J. B. 1970: The Structure of Wood- London - Adam and Charles black, P. 108.

-John, G. Haygreen and Jim L. Bowyer, 1982: Forest products and wood science. An introduction, First Edition. The Iowa state university press.

-John, G. Haygreen and Jim L. Bowyer and Rubin Shmulsky, 1987: Forest products and wood science. An introduction, Fourth Edition. The Iowa state university press.

- Johansson, I., 1999: Mold and fungi resistance. In Back, E.L. (ed.): Wood resins and pitch control (in press).

-Jordan, D.L. and J.D. Wellons, 1977: Wettability of dipterocarp veneer. Wood Sci. 10 - 22-27.

-Koch, P. 1972: Utilization of the Southern Pines, vol. 1. USDA For.Serv. Agric. Handb. 420.

-Koch, C. B. Brauner, A. and Kulow, D. 1978: Specific gravity variation within yellow poplar. W. Va. Agric. Exp. Stn. Bull. 671T.

-Krahmer, R.L. 1971: Anatomical features of permeable and refractory Douglas-Fir. For. Prod. J. 11: 439-441.

-Kuo, M.-L. and Arganbright, D.G., 1980: Cellular distribution of extractives in Redwood and Incense Cedar. Holzforschung, 34, (1): 17-22/(2): 41-47.

-Kramer, P. J., and Kozolowski, T. T., 1979: Physiology of woody Plants. New York, academic Press.

-Mantanis, G.I., Young, R.A. and Rowell, R.M., 1991a: Swelling of wood. Part 1. Swelling in water. Wood sci. Technol., 28: 119-134.

-Manwiller, F. G. 1972: Tracheid dimensions in root wood of southern pine. Wood - Sci. 6 (2): 122-24.

-Mark, R. E. 1977: Cell Wall Mechanics of Tracheids. New Haven, Conn.: Yale Univ. Press.

-Marutzky, R., 1996: Dust and VOC Emissions in the European Particle Board and Fibre Board Industry. Proceedings: New Challenges for the Wood-Based Panels Industry: Technology, Productivity and Ecology. Joint Wood-Based Panels Symposium, Oct. 1996, Braunschweig, Germany.

-Mirov, N. T. and Hasbrouck, J. 1976: The Story of Pines. Bloomington: Indiana Univ. Press, P. 16.

-Nguyen, T. and W.E. Johns, 1979: The effect of aging and extraction on the surface free energy of Douglas-fir and redwood. Wood Sci. Technol. 13: 29-30.

Packman, D.F. 1960: The Acidity of wood. *Holzforschung* 14, 178-182.

-Panshin, A. J. and de Zeeuw, C. 1980: Textbook of Wood Technology, 4th ed. New York: McGraw-Hill, PP. 20-22.

-Patton, T.C., 1970: A simplified review of adhesion theory based on surface energy. *Tappi*. 53(3): 421-429.

-Phillips, I. D. J., and Wareing, P. F., 1968: Studies in the dormancy of sycamore. I. Seasonal changes in growth substance content of the shoot. *J. Exp. Bot.* 9: 250-261.

-Plomley, K.F., Hillis, W.E. and Hirst, K., 1976: The influence of wood extractives on glue-wood bond.. *Holzforschung*, 30, (1): 14-19.

-Rendle, B. J. 1960: Juvenile and adult wood. *J. Inst. Wood sci.* 5: 58-61.

- Risholm-Sundman, M., Lundgren, M., Vestin, E. and Herder, P., 1998: Emission of acetic acid and other volatile organic compounds from different species of solid wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 56: 125-129.

-Roberts, D.R., 1972: US Department of Agriculture, Research Note SE-191.

-Rowe, J.W., 1989: Natural Products of Plants. Part I+II. Springer Verlag.

-Rudman, P., 1962: The causes of natural durability in timber. Part XI. Some tests on the fungi toxicity of wood extractives and related compounds. *Holzforschung*, 16, (2): 54-57.

-Rudman, P. 1966: Heartwood formation in trees. *Nature* 210 (5036): 78-80.

- Scheffer, T., 1971: A climate index for estimating potential for decay in wood structures above ground. *Forest Products Journal*, 21, (10): 20-21.
- Stashevski, A.M. and Deppe, H.-J., 1972: The application of tannin resins as adhesives for particleboard. *Holz als Roh-Werkstoff*, 31: 117-119.
- Stewart, C. M. 1966: The chemistry of secondary growth in trees. CSIRO Div. For. Prod. Tech. Pap. For. Prod. Aust. 17, P. 107.
- Subramanian, R.V.; Somasekharan, K.N.; Johns, W.E. 1982: Acidity of wood. *Holzforschung* 37: 117-120.
- Sundin, B., Risholm-Sundman, M. and Edenhalm, K., 1992: Emission of formaldehyde and other volatile organic compounds from saw dust and lumber, different wood-based panels and other building materials. *Proc. 23 th Int. Particle-board/Composite Materials Symposium*, Pullman, Washington, U.S.A.
- U.S. Forest Products Laboratory (USFPL). 1972: Proceedings of the Symposium on the Effect of Growth Acceleration on the Properties of Wood.
- U.S. Forest Products Laboratory (USFPL). 1974: woodhandbook. USDA For. Serv. Agric. Handb. 72.
- Wellons, O. 1980: Bonding in wood composites. In I.F. Oliver (ed.): Adhesion in and wood-based composites, S. 127-139. NATO Konferenz Series VI, New York: Plenum- Press.
- Yazaki, Y, Collins, P.J. and Iwashina, T., 1992: Extractives from Blackbutt (*Eucalyptus pilularis*) Wood which affect gluebond quality of phenolic resins. *Holzforschung*, 47: 112-118.
- Wangaard, F.F. and Granados, L.A., 1967: The effect of extractives on water-vapor sorption by wood. *wood Sci. Technol.*, 1: 203-207.

-Zhang, H. J.; Gardner, D.J. ; Wang, J.Z. und Shi, Q. ١٩٩٧: Surface Tension, Adhesive wettability and Bondability of Artificially weathred CCA-Treated southern pine For. Prod. J. (October) ٤٧ (١٠): ٦٩-٧٢.

-Zimmermann, M. H., and Brown, C. L., ١٩٧١: trees: Structure and Function. New York: Springer-Verlag.

Zisman, W., A. ١٩٦٣: Influence of constitution on adhesion, Ind. Eng. Chem. ٥٥ (١٠): ١٩-٣٨.

٢-المراجع الألمانية :

-Barge U., Hapla F., Huester H., Roffael E. und Schaefer M., ١٩٩٨: Holzbiologie und Holztechnologie, Institut fuer Holzbiologie und Holztechnologie der Georg-August-Universitaet Goettingen.

-Boehme, C. ١٩٩١: Benetzungswinkel- Leim- Härter- Fänger- Sperrholz. WKI-Kurzbericht Nr. ٤٤.

-Boehme, C. ١٩٩٢: Wasseraufnahme- Holzoberfläche- Holzart. WKI-Kurzbericht Nr. ٧. Benetzungswinkel-

-Boehme, C. ١٩٩٣: Wasseraufnahme und Benetzungswinkel einheimischer und tropischer Holzarten. Holz-Zentralblatt, ١١٩ (١٤٠): ٢٢٦٨-٢٢٦٩.

-Croon, I. ١٩٦٥: Harz-, Wachs-, Fett-Komponenten in Holz und Zellstoff. Das Papier, ١٩-١٠: ٧١١-٧١٩.

-Depe, J.H. und Ernst, K., ١٩٩٦: MDF-Miteldichte Faserplatten. DRW, Verlag- Weinbrenner.

-Dietrichs, H. H., ١٩٧١: Holzinhaltsstoffe und ihr Einfluß auf die Verwendung trobischer Holzarten. Mitteilung der BFH, Nr.٨٢, ١٥٣-١٧١ Hamburg.

-Dix, B., Roffael, E., Buchholzer, P. 1990: Pappelholz- Holz unterschiedlicher Stammhöhe, Holz aus Kern und Splint - pH-Wert - Pufferkapazität. WKI-Kurzbericht Nr. 14.

-Dix, B. und Roffael, E., 1998: Zur Nutzung des Kernholzes einheimischer obligatorisch verkernter Baumarten bei der Herstellung von Holzwerkstoffen mit hoher biologischer Resistenz. Vortrag, gehalten am 21.11.1998 anlässlich des Festkolloquiums, Wald-Holz-Holzverwertung in Göttingen.

-Fengel, D. 1996a: Über die Veränderungen des Holzes und seiner Temperaturbereich bis 200 °C. 1. Mitteilung: Komponenten im Heiß- und Kaltwasserextrakte von thermisch behandeltem Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 54, 9-14.

-Fengel, D. 1996b: Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200 °C. 2. Mitteilung: Die Hemicellulosen in unbehandeltem und thermisch behandeltem Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 54, 98-109.

-Fengel, D. 1997: Über die Veränderungen des Holzes und seiner Temperaturbereich bis 200 °C. 3. Mitteilung: Das Verhalten der Cellulose in Fichtenholz bei thermischer Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff (50, 102-111).

-Fengel, D. 1998: Über die Veränderungen des Holzes und seiner Komponenten im Temperaturbereich bis 200 °C. 4. Mitteilung: Einfluß einer Wärmebehandlung auf das Lignin in Fichtenholz. Holz als Roh- und Werkstoff 58, 204-213.

-Flamm, E., 1992: Harzschwierigkeiten in der Sulfitzellstoffindustrie insbesondere bei der Verwendung von Birke als Rohstoff. Holzforschung und Holzverwertung, 10:107-109.

-Freudenberg, K. und Hartmann, L., 1903: Inhaltsstoffe aus Robinia pseudoacacia. Naturwissenschaften 10: 113.

-Freudenberg, K. und Hartmann, L., 1904: Inhaltsstoffe des Robinia pseudoacacia. J. Liebigs Ann. Chem. 387: 207-212.

-Hameed M., 1997: Zur Charakterisierung der Emission von Holzwerkstoffen.
Magister an der Georg-August-Universität Göttingen.

-Hameed, M., 2000: Zum Verhalten von Spalten aus Splint- und Kernholz obligatorisch verkernter Baumarten gegenüber synthetischen Bindemitteln. Dissertation der Georg-August Universität Göttingen.

-Harzmann, L.-J., 1988: Kurzer Grundriß der allgemeinen Tropenholzkunde. S. Hirzel Verlag, Leipzig.

-Hausen, B. M. 1997: Holzarten mit gesundheitsschädigenden Inhaltsstoffen. DRW-Verlag-GmbH, Stuttgart.

-Hirsch, G. 1978: Bestimmung der Oberflächenspannung von Festkörpern Randwinkelmessungen und ihre Bedeutung bei Benetzungsproblemen.. Chemie. Ing. Techn. (4), Heft 12: 739-740.

-Jacopian, V., 1960: Der Einsatz von Lärchenholz für die Herstellung von Zellstoff. Zellstoff und Papier, 14, (7): 70-73.

-Kleinschmit, J. und Roffael, E., 1987: Forst- und Holzwirtschaft in Malaysia. Teil 7: Die chemische Holznutzung in Malaysia, Holz-Zentralblatt, 109, (22): 221-222.

-Knigge W. und Schulz, G., 1976: Grundriß der Forstbenutzung. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.

-Kollmann, F. 1979: Vorgänge und Änderungen von Holzeigenschaften Holz als Roh- und Werkstoff 7, 1-11. beim Dämpfen.

-Koljo, B., 1906: Untersuchungen über den Harzaustritt bei der Holz Trocknung. Holz als Roh- und Werkstoff, 14, (5): 177-181.

-Kürschner, K., Melcerova, A. 1970a: Über die chemischen Veränderungen des Buchenholzes bei thermischer Behandlung. Teil I: Chemische Veränderung von 1-tägiger Erhitzung auf Sägespänen bei 80-110 °C. *Holzforschung* 19, 161-171.

-Kürschner, K., Melcerova, A. 1970b: Über die chemischen bei thermischer Behandlung. Teil II: Veränderungen des Buchenholzes II: Chemische Veränderung von Buchenholz-Kanteln bei 1-1-tägiger Erhitzung auf 80-110 °C. *Holzforschung* 19, 171-178.

-Lange, W. und Weißmann, G., 1988: Die Zusammensetzung der Harzbalsame von *Pinus sylvestris* L. verschiedener Herkunft. *Holz Roh-Werkstoff*, 47: 107-111.

-Lange, W., Kubel, H. und Weißmann, G., 1989: Die Verteilung der Extraktstoffe im Stammholz von *Pinus sylvestris* L. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 47: 187-189.

-Lelis, R., Roffael E. und Becker, G., 1992: Zum Verhalten von Splint- und Kernholz der Kiefer bei der Verleimung mit Diisocyanat-Klebstoffen (PMDI). *Holz-Zentralblatt*, 118: 22.7-22.10.

-Lelis, R., 1992: Zum Verhalten von Splint- und Kernholz der Kiefer bei der Verleimung mit Harnstoffformaldehydharzen (UF-Harzen) und Diisocyanat-Klebstoffen (PMDI). Magisterarbeit an der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen.

Lelis, R.C.C., 1990: Zur Bedeutung der Kerninhaltsstoffe obligatorisch verkernter Nadelbaumarten bei der Herstellung von feuchtebeständigen und biologisch resistenten Holzspanplatten, am Beispiel der Douglasie [*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco]. Dissertation an der Georg-August-Universität, Göttingen.

-Lelis, R., und Roffael E. 1990: Über die Reaktivität von Douglasiensplint- und kernholz und deren Heißwasserextrakte gegenüber Formaldehyd. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 48: 12-16.

- Marutzky, R. und Roffael, E. 1977: Über die Abspaltung von Formaldehyd bei der thermischen Behandlung. Teil 1: Modell-Versuche. *Holzforschung* 31, 8-12.
- Marutzky, R. 1978: Untersuchung zur Terpenegehalt der Trocknungsgase in Spünetrocknern. *Holz als Roh- Werkstoff* 36: 407-411.
- Noack, D., 1962: Eigenschaften des Kern- und Splintholzes der mitteleuropäischen Eiche. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 21: 118-121.
- Pecina, H. 1981: Zum Einfluß der thermischen Vorgeschichte des Holzes auf die Bindefähigkeit von Faserverbänden. *Holztechnologie*, Leipzig 22 (4): 221-227.
- Pecina, H. ; Paprzycki, O. 1988: Wechselbeziehungen zwischen der Temperaturbehandlung des Holzes und seiner Benetzbarkeit. *Holzforsch. Holzverwert.* Wien 42 (1): 5-8
- Pecina, H. ; Paprzycki, O. 1988: Methode zur Bestimmung des Benetzungsverhaltens. L ignocelluloser Fasern. *Holztechnologie*, Leipzig 29 (1): 12-13.
- Pecina, H.; Paprzycki, O. 1990: Untersuchungen über die Benetzbarkeit modifizierter Hölzer. *Holz als Roh- und Werkstoff* 48: 61-65.
- Pohlete, H. 1983: Veränderungen in Holzspänen während der Trocknung Pressens zu Holzspanplatten. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität-Göttingen.
- Puth, M., 1964: Untersuchungen über die Voll-und Mantel Imprägnierung von Holz. Dissertation, Universität Hamburg.
- Putz, H.-J. and Götting, L., 1988: Die Eignung einheimischer Nadelholzarten zur Holzschlifferzeugung in der Papierindustrie-Vergleichende Untersuchungen an Kiefern-, Douglasien-, Lärchen-und Fichtenholz. *Holz-Zentralblatt*, 114, (115): 1602-1606.

-Roffael, E. und Rauch E., 1971: Extraktstoffe in Eiche und ihr Einfluß auf die Verleimbarkeit mit alkalischen, Phenolformaldehydharzen. Holz als Roh- und Werkstoff, 27: 187-189.

-Roffael, E.; Rauch, W.; v. Bismark, C. 1970: Formaldehydabgabe und die Festigkeitsbildung bei der Verleimung von Eichenspänen mit Harnstoff-Formaldehydharzen. Holz als Roh- und Werkstoff 26: 251-256.

- Roffael, E. 1971: Die Bedeutung der Inhaltsstoffe der Rinde für ihre Verwendung in Spanplatten. (Holzforschung 25: 9-11).

-Roffael, E. und Parameswaran, N., 1971: Thermochemische Aktivierung des Eigenbindevermögens von Eichenholzspänen. Adhäsion, 20: 287-289.

-Roffael, E. 1972: Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW- Verlag, Stuttgart, 71 und 104 S.

-Roffael, E., Stegmann, G. 1973: Zur Bedeutung der Holz-Extraktstoffe in chemisch-technologischer Hinsicht. Adhäsion 27, (7/8), 7-19

- Roffael, E.; Parameswaran, N. 1973: Einfluß der latenten Acidität in Buchenholzspänen auf deren Verleimbarkeit mit Harnstoff-Formaldehydharzen. Holz als Roh- und Werkstoff 33: 289-293.

-Roffael, E. 1977: Einfluß der Trocknungsbedingungen auf Kiefernspäne und ihre Verleimbarkeit mit UF-Harzen. Holz als Roh- und Werkstoff 37: 119-126.

-Roffael, E., 1979: Abgabe von flüchtigen organischen Säuren aus Holzspänen. Holz als Roh- und Werkstoff, 39: 117-122.

-Roffael, E.; Dix, B. 1979: Zur Verwertung von Rindenextraktstoffen unter besonderer Berücksichtigung der Rindenpolyphenole. Holz-Zentralblatt 110, 2081-2085.

-Roffael, E. und Dix, B., 1998: Bindemittel aus nachwachsenden Rohstoffen (1). Holz - Zentralblatt, 124, (26): 281-284.

-Roffael, E. und Dix, B., 1994: Bedeutung der Extraktstoffe des Holzes in biologischer, chemischer und technologischer Hinsicht. Institut fuer Holzbiologie und Holztechnologie der Georg-August-Universitaet Goettingen.

-Roffael, E. und, Schäfer, M., 1999: Holz als Rohstoff für die Zellstoffherstellung. Der Baum auf dem Weg zum Blatt. Universität Göttingen-Germany.

-Roll, H. 1990: Verteilung des Klebstoffs Polymeres Diphenylmethan-4,4'-Diisocyanat (PMDI). Vortrag im Holzwerkstoffsymposium der Mobil Oil AG Magdeburg 18. September 1990.

-Sachsse H. und Roffael E., 1992: Untersuchungen der Schäl furnier- Eignung von in Deutschland erwachsenem Douglasienholz. Holz als Roh- und Werkstoff, 51: 167-171.

-Sandermann, W. und Barghoorn, A.-W., 1967: Gesundheitsschädigende Hölzer. Holz als Roh- und Werkstoff, 12: 87-92.

-Sandermann, W., 1960: Naturharze, Terpentinöl, Tallöl, Chemie und Technologie. Springer Verlag.

-Sandermann, W., Gerhardt, U. und Weismann, G. 1970: Untersuchung über flüchtige organische Säuren in einigen Holzarten. Holz als Roh- und Werkstoff 28: 59-77.

-Schäfer, M., 1996: Einfluß der Lagerung von Fichten- und Kiefern Industriestholz aus der Profilerspannung auf die Eigenschaften von Spanplatten und mitteldichten Faserplatten (MDF). Dissertation am Forstwissenschaftlichen Fachbereich der Georg-August-Universität Göttingen.

-Stather, F., 1967: Gerbereichemie und Gerbereitechnologie. Akademie-Verlag Leipzig.

-Stegmann, S. ١٩٥٩: Beiträge zur Kenntnis der chemisch-thermischen Veränderung des Lignins im Fichtenholz. Dissertation, Natureissenschaftlich-philosophische Fakultät an der Technischen Hochschule Braunschweig.

-Suolahti, O. ; Walle'n, A. ١٩٥٨: Der Einfluß der Naßlagerung auf das Wasseraufnahmevermögen des Kiefernspiltholzes. Holz als Roh- und Werkstoff ١٦: ٨-١٧.

-Vologdin, A.L.; Razumova, A.F.; Charuk, E.V. ١٩٧٩: Die Bedeutung der Extraktstoffe für die Permeabilität von Kiefern- und Fichtenholz. Holztechnologie ٢٠: ٦٧-٦٩.

-Vorreiter, L. ١٩٥٤: Holzkonstituenten und Raumqueellung des Holzes. Holz als Roh- und Werkstoff ١٢: ٢٢٣-٢٢٦.

-Weißmann, G., ١٩٧٦: Untersuchung der Ätherextrakte von Lindenholz. Holz als Roh- Werkstoff, ٣٤: ١٧١-١٧٤.

-Wilke, K. ١٩٥١: Untersuchungen. über die thermische Plastifizierung von Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Hamburg.

٤-المراجع الفرنسية :

-Rahme A., ١٩٧٢ : Contribution a l'etude des proprietes, physique, mecanique, microdensitometrique et propriete du bois de Pinus brutia (Ten) These dacteur Ingenieur, Universite Nancy I.

المصطلحات (عربي-إنجليزي)

١ - مصطلحات في جمل (عربي-إنجليزي)

مقدمة Introduction

- نمو الشجرة وإنتاج الخشب Tree growth and production of woody tissue
- أنواع النباتات الخشبية Kind of woody Plants
- تصنيف النباتات الخشبية Classification of woody plants
- طبيعة الخشب The nature of wood
- العمليات الأساسية لنمو الشجرة Basic processes in tree growth
- إنتاج الخشب والقلب Production of wood and Bark
- تطور الساق الفتى Development of a young stem
- الكامبيوم الوعائي Vascular cambium
- التركيب (البنية) Composition
- تطور ونمو الخشب والغريال Development and growth of xylem and phloem
- توسع طبقة الكامبيوم Expansion of the cambial layer
- مدة استمرار نشاط الكامبيوم Duration of cambial activity

الصفات الظاهرية للخشب Macroscopic character of wood

- حلقات النمو Growth rings
- حلقات النمو السنوية Annual rings
- الشكل (المظهر) Appearance
- التشكل Formation
- حلقات النمو غير النامة Discontinuous rings
- حلقات النمو الكاذبة False rings
- خشب القلب (الصادق) وخشب المحيط (العصاري الكاذب) Heartwood and sapwood

-الأشعة Rays

-اتجاه التحبيب Grain orientation

- العقد Knots

Composition and structure of wood cells مكونات وبناء الخلايا الخشبية

-المكونات الكيميائية Chemical components

-السللوز Cellulose

-نصف السللوز Hemicellulose

-اللغنين Lignin

-الجدار الخلوي Cell wall

-التركيب الكيميائي Chemical structure

-التطابق Layring

-هندسة الجدار الخلوي Cell wall sculpturing

-النقط Pitting

-الثخانة الملتفة Spiral thickening

Softwood structure تركيب خشب المخروطيات

- التراكيدات الطولية Longitudinal tracheids

- العناصر الطولية الأخرى Other longitudinal cells

- الليراتشيم الطولي Longitudinal parenchyma

- القنوات الراتنجية (الإبيثيليوم) Epithelium

-الأشعة Rays

Hardwood structure تركيب الخشب القاسي

- الفروقي بين خشب عريضات الأوراق وخشب الإبريات (خشب المخروطيات)

Differences between hardwood and softwood xylem

- الخلايا الطولية Longitudinal cells

- الأوعية Vessels

- الاستطالات الخلوية (القبولوزات) Tyloses

- الألياف Fibers

- البرانشيم الطولي Longitudinal parenchyma
- أنواع أخرى من العناصر الطولية Other kinds of longitudinal cells
- الأشعة Rays

الخشب النافع — الخشب المقفل — خشب الأغصان والجذور:

Juvenile wood, reaction wood, and wood of branches and roots

- الخشب النافع Juvenile wood
- الخشب المقفل Reaction wood
- الخشب المنضغط Compression wood
- الخشب المشدود Tension wood
- خشب الأغصان والجذور Branch wood and Root wood
- خشب الأغصان Branch wood
- خشب الجذور Root wood

القلف Bark

- التركيب Structure
- القلف الداخلي (الغريال) Inner Bark
- القلف الخارجي Outer Bark
- التركيب الكيميائي Chemical composition
- المحتوى الرطوبي Moisture Content
- النسبة من الساق الخشبي Proportion of the woody stem
- الوزن النوعي Specific Gravity
- المتانة (القوة) Strength

الخشب والرطوبة Wood and Water

- توضع الماء في الخشب Location of water in wood
- طبيعة الماء في الخشب Nature of water in wood
- قياس المحتوى الرطوبي Measuring moisture content
- علاقة المحتوى الرطوبي للخشب بالوسط المحيط

Relation of moisture content to the environment

Moisture content of green wood - محتوى الخشب الأخضر من الرطوبة

Shrinking and Swelling - الانكماش والانتفاخ

-التغير في الأبعاد وعوامل البيئة

Dimensional changes, environmental Conditions

-حركة الماء خلال عملية تجفيف الخشب

Moisture movement during the drying process

-طرق تجفيف الخشب والمنتجات الخشبية الصلبة

Methods of drying lumber and other solid wood products

- تجفيف الرقائق الخشبية و النشارة الخشبية والألياف الخشبية

Drying of veneer, particles, and fiber

Specific Gravity and Density - الكثافة والوزن النوعي

- تأثير المحتوى الرطوبي Effect of moisture content

- كثافة الجدار الخلوي ومساميته Cell wall density and porosity

- حسابات الوزن والطفو Calculation of weight and Buoyancy

- أثر المواد المستخلصة والمواد اللاعضوية في الوزن النوعي

Effect of extractives and inorganic materials on specific gravity

- طرق تقدير الوزن النوعي Methods of determining specific gravity

- العلاقة بين الكثافة ومعدل النمو Relationship of density to rate of growth

- الاختلافات في كثافة الخشب Variability in wood density

- مصادر الاختلاف في الوزن النوعي Sources of variation in specific gravity

- الخشب النافع والخشب للمفعل Juvenile wood, reaction wood

- كثافة المنتجات الغابية (الخشبية) Density of forest products

Mechanical properties of wood - الصفات الميكانيكية للخشب

- مفاهيم عامة في الجهد والإجهاد (القوة) والإلتواء Flexure, Strain, Stress

- جهد القص والإجهاد Shear Stress and Strain

- الاختلاف في ميكانيكية الخشب Anisotropic Nature of wood

- العلاقة بين المتانة والكثافة النوعية Relationship of strength to specific gravity

- العوامل المؤثرة في متانة الخشب Factors affecting the strength of clear wood

--- المحتوى الرطوبي Moisture content

--- الزمن Time

--- الحرارة Temperature

--- الوهن Fatigue

--- التعرض للكيميائيات Exposure to chemicals

- العوامل المؤثرة في متانة منتجات الخشب الصلد

Factors Effecting the Strength of Lumber products

• العقد Knots

• التحلل Decay

• زاوية التحجب Slope of the grain

تدهور الخشب والمنتجات الخشبية Deterioration of wood & wood products

- الفطور Fungi

- منع تدهور الخشب Preventing wood decay

- معاملة الأخشاب بالحافظات Preservative Treatments

- الحفارات البحرية Marine borers

- الحشرات Insects

- الحرارة والحرائق Heat and fire

--- التجوية Weathering

التربية والتغذية وجودة الخشب Silvicultural Practices and Wood quality

- قياس نوعية الخشب أو جودته Measures of wood quality

--- الكثافة Density

--- التجانس في حلقات النمو Uniformity

--- نسبة خشب القلب Proportion of heartwood

- طول الألياف Fiber length
- وجود الخشب الفتي والخشب المفعل Occurrence of juvenile wood and Reaction wood
- التركيب (البناء) الخلوي Cellular Composition
- العقد Knots
- اتجاه الألياف Grain orientation
- التركيب الكيميائي Chemical Composition
- للنمو وجودة الخشب Growth Manipulation and wood quality
- تنظيم المسافات البينية عند الغرس Spacing Trees at planting time
- التقريد Thinning
- التسميد والري Fertilization and Irrigation
- تأثير التسميد والري في جودة الخشب Effects of fertilization and Irrigation
- التقليم Pruning
- التحسين الوراثي وجودة الخشب Genetic improvement and wood quality

المصناعات الخشبية Wood Industries

- الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المنثور (الألواح الخشبية) :
Basic Steps in Lumber Manufacture
- التقشير Debarking
- النشر الأولي Primary breakdown
- النشر الثانوي Secondary Breakdown
- التجفيف والفصل والإنهاء Drying Sorting and Finishing

صناعة اشرايح الخشبية والخشب المعاكس Veneers and Plywood

- الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المعاكس Basic steps in Manufacture
- ترطيب الألياف :Heating the Blocks
- التقشير Cutting Veneer
- صناعة الخشب للمعاكس أو الملبق أو اللاتيه Plywood manufacture

- المواد اللاصقة Adhesives
- العوامل المؤثرة في انتقاء الأنواع لصناعة ألواح الخشب المعاكس :
Factors affecting the Utilization of Timber for Plywood

صناعة ألواح الخشب المضغوط Particleboard

- حجم الجزيئات وهندستها Particle size and Geometry
- توزيع الجزيئات في ثخانة اللوح: Particle Distribution between Face and core
- كثافة الألواح المضغوطة Board density
- نموذج المادة اللاصقة Resin Type
- طريقة الصناعة Manufacturing Process
- خطوات التصنيع Basic Steps in Manufacturing
- تحضير الجزيئات Preparation of the Particles
- الخلط (التغرية) Blending
- التشكيل Forming
- الضغط Pressing
- الإنهاء الأولي Primary Finishing
- الأنواع وصناعة الخشب المضغوط Effect of species on board properties
- العوامل المؤثرة في صفات الألواح Variables affecting board properties
- النوع وهندسة الجزيئات الخشبية Species and particle Geometry
- كثافة الألواح ومقطع الكثافة ضمنها Board density and Density profile
- المحتوى الغرائي وتوزيعه Resin Content and Distribution
- أهم صفات الألواح واستعمالاتها Important board characteristics and Uses
- المنتجات المركبة Composite Products
- المنتجات الخشبية الإسمنتية Wood - Cement products
- منتجات الألياف Fiber Products
- صناعة الورق Paper
- عمليات التصنيع The Manufacturing process

- إنتاج العجينة الورقية Pulp Production
- الطريقة الميكانيكية Mechanical pulping
- الطريقة الكيميائية Chemical pulping
- الطريقة نصف الكيميائية Semichemical pulping
- الغسل والتبييض Washing + bleaching
- الضرب والتفتيق Beating and Refining
- تشكيل الرقائق (الصفائح) Sheet Formation
- صفات الورق Paper Properties
- مقاييس الجودة Common Measures of quality
- صفات الورق وخصائص الألياف Paper properties and Fiber characteristics
- صناعة الورق المقوى (الكرتون) Hard board
- التصنيع Manufacturing
- الطريقة الرطبة Wet process
- الطريقة الجافة Dry Process
- ألواح العزل Insulation board
- الألواح الليفية متوسطة الكثافة Medium - density Fiberboard (MDF)
- الخشب و الفحم الخشبي كطاقة Wood and charcoal for Energy
- طبيعة الخشب كوقود Nature of wood fuel
- طرق أخرى لتحويل الخشب إلى طاقة Other means of Converting wood energy

٢- مصطلحات مفردات (عربي-إنجليزي)

A

Angiosperm
apical meristem
Anticline
Annual rings

صف مستوردات البذور
المرسيم القمي
الاتقسام الطولي
حلقات النمو السنوية

Appearance	المظهر
Ash	الرماد
Anhydride of Glucose	غلوكوز منقوص الماء
Amorphous	مناطق اللاشكل
Aspirated pits	النقط الهالية للمنعدة
Alternate pitting	نقط هالية بترتيب متبادل
Albuminous cells	خلايا ليومينية
Adsorption	الامتصاص
Anisotropic	اختلاف
Allowable stress	الجهد المسموح به
Adesives	المواد اللاصقة
B	
Bark	قلف
Bole	ساق
Bryophytes	النباتات الحزازية
Bordered pits	نقط متجاورة
Biseriate	شعاع بعرض خليتين
Branch wood	خشب الفصن
Beating	صلابة الخشب
Burst	الخرق
Bound water	الماء المرتبط
Buoyancy	الطفو
Bending strength	قوة الانحناء
Beam	صود
Bending test	اختبار الانحناء
Blue stain	الفطر الأزرق
Basidiomycetes	الفطور للدعامية
Board Foot	القدم للوح
Board	أوح
Band saw	منشار شريطي
Bars	أصابع خشبية
Blending	التغرية

Beating	المضرب
Bleaching	التبييض
Burst strength	قوة الخرق
Blisters	قروح -- بثور

C

Consumption	الاستهلاك
Cambium	الكامبيوم
Cross section	مقطع عرضي
Cellulose	السللوز
Colorless	عديم اللون
Coarse	خشن
Cell wall	الجدار الخلوي
Crystals	للمناطق البلورية
Compression wood	خشب مضغوط
Companion cells	للخلايا المرفقة
Cortex	منطقة القشرة
Creep	زحف
Cumulative	تجميعي
Chemicals	للكيمائيات
Cellular composition	للتكوين الخلوي
Chemical composition	للتكوين الكيمائي
Circular saw	منشار دائري
Cambio debarker	آلة نزع القلف
Cutting veneer	للتشوير
Chip	رفائق نشارة خشبية
Core	الحمرة
Continuous presses	الكبس المستمر
Compression ratio	معامل الانضغاط
Composite products	المنتجات المركبة
Composite lumber	الخشب المركب
Chemical pulping	المطرية الكيميائية
Canadian standard freeness	الحرية القياسية

Charcoal

فحم

Combustion

نقطة الاشتعال

D

Dendrology

علم تصنيف الأشجار وتوزيعها الجغرافي

Dicotyledons

ثنائيات الفلقة

Diffuse porous

الأوعية المنتشرة

Discontinuous rings

حلقات النمو غير التامة

Dull

يبعد (يجعله غير حاد)

Dissolution

الذلال

Dentate ray trach aids

التراكيدات الشعاعية المسننة

Digester

الهاضم

Desorption

المفقد

Diffusion

الانتشار

Diffusion coefficient

معامل الانتشار

Density

الكثافة

Deform

تشوه

Distore

تشوه

Deflection

الانحراف

Deflection

عطل

Decay

تحلل

Deterioration

تدهور

Discoloration

فقد اللون

Dry wood termites

نمل الخشب الجاف

Dimension

لوح بولدي

Debarking

التقشير (إزالة القلف)

Drying

التجفيف

Density profile

مقطع للكثافة

Densify

تكثيف - تسميك

E

Emission

الإصدارات

Epidermis

الأدمة الخارجية (القشرة)

Endodermis

الأدمة الداخلية

Edge Grain	نشر حافي
Extractives	مستخلصات خشبية
Early wood	خشب ربيع
Epithelium	القنوات الانتجية
Equilibrium moisture content	المحتوى الرطوبي للمعادن
Extratives	المواد المستخلصة
Elastic deformation	التشوه المرن
Energy	مداقة
F	
Forest protection	حماية للغابات
Forestry science	علوم الغابات
Forest management	إدارة للغابات
Forest policy	سياسة الغابات
Forest soils	أراضي الغابات
Forest ecology	بيئة الغابات
Fibreboards	الأكواح الخشبية
Forest products	المنتجات الحرجية (الغابية)
Fibers	للألياف
Fusiform initials	بداءات الفوريفورم
Flat sawn	نشر مسطح
False rings	حلقة نمو كاذبة
Folding	الطوي
Fiber saturation point	نقطة تشبع الألياف
Free water	الماء الحر
Flexure	الانثناء
Fiber products	منتجات الألياف
Fatigue	ظومن
Fungi	فطر
Fruiting bodies	الأجسام الثمرية
Fire	حريق
Fire Retardant	مواد مقاومة للحرق

Flake off	التفتش
Fiber length	طول الألياف
Fertilization	المسمد
Finishing	الإنهاء
Flake	شظايا نشارة خشبية
Face	وجه
Forming	التشكيل
Fiber products	منتجات الألياف
Fuel	وقود
Growth	نمو
Gymnosperm	صنف عريانات البذور
Growth rings	حلقات للنمو
Growth inhibitor	مثبط نمو
Grain orientation	اتجاه التحجيب
Genetic improvement	التحسين الوراثي
Gasification	تفجير الخشب (تهدم حراري للخشب)
Hardboard	الألواح الصلبة
Hardwood	خشب قاسي
Heartwood	خشب القلب - خشب صلب
Hemicellulose	نصف السلولوز
Half bordered pits	لقط نصف متجاورة
Heat	لحرارة
Hand sawn	نشر يدوي
Hydraulic debarker	آلة نزع القلف الهيدروليكية
Hard board	الورق المغوى (الكرتون)
Heat of Combustion	حرارة الاشتعال
Interlocked grain	تحجيب متداخل
Inorganic materials	مواد لا عضوية
Inner bark	القلف الداخلي

Impermeable	غير نفوذ
Isotropic	متساثل
Iron salts	أملاح الحديد
Impact strength	المقاومة للصدمات
Insects	الحشرات
Irrigation	الري
Insulation boards	لواح العزل
J	
Juvenile wood	خشب يافع
K	
Knots	العقد
Kraft process	طريقة كرافت (القوة)
L	
Lumber	الخشب المنشور
Lignin	اللغنين
Low molecular weight	أوزان جزيئية منخفضة
Low strength	ضعيف للمانة
Laying	للتطبيق
Late wood	خشب الصيف
Longitudinal tracheids	التراكيد الطولية
Longitudinal parenchyma	البرانشيم الطولي
Longitudinal cells	الخلايا الطولية
Lumber Manufacture	صناعة للخشب المنشور
Lumber recovery Factor	معامل تحويل الخشب
Logging residues	بقايا القلع
M	
Mensuration	علم قياسات الخشب
Medium density fiberboard (MDF)	للخشب الليفى المتوسط الكثافة
Monocotyledons	وحيدات البذلة
Meristematic regions	المناطق المرسية
Microfibrils	الشعيرات الدقيقة
Macrofibrils	الشعيرات الكبيرة

Middle lamella

Margo

Moisture content

Moisture gradient

Mechanical properties

Modulus of elasticity (MOE)

Mold

Marine borers

Modulus of rupture (MOR)

Mechanical pulping

Mill residues

New initial

News print

Neutral axis

One sided crown

Opposite pitting

Plywood

Production

Particle board

Perennial

Pteridiphytes

Primary xylem

Primary phloem

Periclinal

Phloem

Pith

Pliable

Pits

Paranchyma

الصفحة الوسطى

المارجو

المحتوى الرطوبي

الجهد الرطوبي

الصفات الميكانيكية

نمط المرونة

عفن

الحفارات البحرية

موديل للكسر

الطرق الميكانيكية

بقايا للمذاشر

بدايات جديدة

ورق جرائد

المحور المحايد

التاج وحيد الجانب

نقط هالة متقابلة

خشب معاكس

الإنتاج

خشب مضغوط

نبات معمر

النباتات السرخسية

الخشب الأولي

اللحاء الأولي

الانقسام الموازي

غريال

صنع الخشب

مرن (قابل للتشكل)

النقط الهالية

للبر السليم

Porosity	المسامية
Proportional limit	الحد النسبي
Preservative	مادة حافظة
Planting time	موعد الغرس
Pruning Primary breakdown	التقليم
Peeling	التقشير
Pressing	المنضغط
Paper	ورق
Pulp	العجينة الورقية
Plantations	المشاجر
Pyrolysis	تهدم الخشب حرارياً بغوَاب الأوكسجين
Quarter section	مقطع ربعي
Round timber	خشب مستدير
Rays	أشعة
Ray initials	بداءات الأشعة
Radial Section	مقطع شعاعي
Ring porous	الأوعية الحزامية
Ridges	حواف
Root wood	خشب الجذور
Reaction wood	خشب مقل
Rheological	النشوء الهبطية في الشكل بتأثير الزمن عند تحميل قوة
Resilience	القص الملتحرج
Rotten	عفن
Ring debarker	آلة لزع القلف الحلقية
Resin type	نموذج الغراء
Refiner	المقني
Refining	التنقية
Rubbing	الفرل
Round wood	خشب مستدير

S

Silviculture	تربية وتنمية الغابات
Saw logs	ككل للنشر
Sawn wood	الأخشاب المنشورة
Stem	ساق
Shrub	شجيرة
Spermatophytes	النباتات الزهرية
Softwood	خشب طري
Secondary xylem	الخشب الثانوي
Secondary phloem	الغومل الثانوي
Supwood	خشب المحيط - خشب عصاري
Straight grain orientation	للتحجب المستقيم
Spiral grain orientation	للتحجب الملفف
Stiffness	المقاومة
Split	الغلق
Simple pits	النقط البسيطة
Spiral thickening	الثخانة الملففة
Sculariform pitting	نقط حالية متداولة
Stem wood	خشب الساق
Stump	قرمة خشبية
Stone cells	خلايا حجرية
Sieve cells	خلايا غربالية
Sclereids	خلايا حجرية
Specific Gravity	الوزن النوعي
Sorption	الامتصاص
Sorption Isotherm	النشرب الحراري المتساوي
Shrinking	الانكماش
Swelling	الانتفاخ
Specifle Gravity	الوزن النوعي
Strength	القوة
Side hardness	مقاومة للجانب
Stress	المجهود

Strain	الإجهاد
Span	معرض
Slip, slippage	الانزلاق
Shear stress	جهد القص
Stiffer	مثانة
Slope of the grain	زاوية التحجب
Spiral	ملقف - جازوني
Soft rot	للكتل الرخو
Stain	ملون
Sawmill	مخشرة
Secondary breakdown	النشر الثانوي
Sorting	الفرز (الفصل)
Spacer sticks	عوارض فاصلة
Surfacing	تدعيم السطوح
Slicing	للحز
Sawdust	نشارة خشب ناعمة
Strand	نشارة خشب رفيعة وطويلة
Sliver	نشارة خشب صغيرة
Sanding	تدعيم
Species	أنواع
Sulfurous	حمض الكبريتي
Sulfate	كبريتات
Sodium hydroxide	مياهات للصوديوم
Sodium sulfide	سلفايد الصوديوم
Semichemical pulping	الطريقة نصف الكيموالتية
Screen	منخل
Suction	تسلط
Sheet	صفحة
Sugar cane	قصب السكر
Tree	شجرة
Trunk	جذع - ساق

Tissue	نسيج
Thallophytes	الديانات الثالوفية
Tangential section	مقطع مماسي
Tyloses	المنهاورات (الاستطالات الخلوية)
Toxicity	سمية
Thermoplastic	لدن
Torus	التوروس
Tensile strength	قوة الشد
Tear strength	قوة للتمزق
Tension wood	خشب الشد
Tanic acid	حمض التانيك
Time dependent property	صفة معتمدة على الزمن
Temperature	الحرارة
Treatment	معاملة
Termites	النمل الأبيض
Thinning	التفريد
Timber	ألواح خشب منشور بنماسة ١٢ مم فما فوق
Tangential surfaces	للسطوح المماسية
Thermo-mechanical pulp TMP	المعالجة الحرارية الميكانيكية
Tensile strength	قوة الشد
Uniseriate	شعاع يعرض خلية واحدة
Uniformity	التجانس
Xylem	خشب
Veneer logs	كتل القشرة
Vegetable kingdom	المملكة النباتية
Vascular cambium	الكامبيوم الوعائي
Vessels	الأوعية
Vascular tracheid	لائر أكيدات الوعائية

Vasicentric tracheid

الغازاتريك تراكيد

Volatile components

مركبات متطايرة

Veneer

للغشيرة الخشبية

W

Wood

خشب

Wood technology

علم تكنولوجيا الأخشاب

Wood Based panels

الأخشاب المصنعة

Wood pulp

العجينة الورقية

Wood fuel

خشب الوقود

Wood charcoal

فحم خشبي

Woody liana

متسلق خشبي

Woody plants

نباتات خشبية

Weight

الوزن

Weathering

التجوية

Wood quality

جودة الخشب

Wood Industries

الصناعات الخشبية

Wood wool

الصوف الخشبي

Wafer

نشارة خشبية رقيقة

Washing

الغسل

□ * * *

وقار رب زدني علما



علم الأخشاب
ومنتجات الغابة
الجزء العملي

جامعة دمشق
Damascus University



الفهرس

٣٣٥	مقدمة.
٣٣٧	مصطلحات علمية و تعاريف
	الجلسة العملية الأولى:
٣٤٧	التعرف على خشب كل من المخروطيات وعريضات الأوراق
	الجلسة العملية الثانية:
٣٤٩	كيفية التعرف على الأنواع الخشبية وتمييزها
	الجلسة العملية الثالثة:
٣٥٥	البناء الميكروسكوبي للخشب
	الجلسة العملية الرابعة والخامسة:
٣٥٧	الخصائص الفيزيائية للخشب والمادة الخشبية المصنعة
	الجلسة العملية السادسة والسابعة:
٣٩٥	الخصائص الميكانيكية للخشب والمادة الخشبية المصنعة
	الجلسة العملية الثامنة:
٤٢٣	الكشف عن عيوب الخشب
	الجلسة العملية التاسعة:
٤٢٥	تصنيف الأخشاب
	الجلسة العملية العاشرة:
٤٢٧	مشكلة إصدارات الفورم ألدهيد من المادة الخشبية المصنعة
	الجلسة العملية الحادية عشرة:
٤٢٩	للتعرف على أهم منتجات الغابة غير الخشبية

الجلسة العملية الثانية عشرة:

الصفات التكنولوجية لأهم الأنواع الخشبية المحلية و المدخلة في سورية ٤٣٣

الجلسة العملية الثالثة عشرة:

أهم الأخشاب المصنعة ٤٥٣

الجلسة العملية الرابعة عشرة:

تكنولوجيا صناعة الورق ٤٥٩

ملحق :

I-أهم الاختبارات الفيزيائية للفحم الخشبي ٤٧١

II-أهم الاختبارات الفيزيائية للمواد اللاصقة ٤٧٣

III-أهم الاختبارات الكيميائية للخشب و المادة الخشبية المصنعة ٤٧٧

المراجع :

المراجع الألمانية ٤٧٩

المراجع الإنكليزية ٤٨١

المراجع العربية ٤٨٢

المصطلحات ٤٨٣-٥٠٢

مقدمة

يهتم الجزء العملي لمقرر تكنولوجيا الأخشاب والصناعات الخشبية بشكل رئيس بكيفية التعرف على خشب كل من المخروطيات وعريضات الأوراق ، كذلك الأنواع الخشبية التابعة لها والبنية للميكرومكبوبة. لها كما يهتم بكيفية تقدير المواصفات الميكانيكية والفيزيائية للأخشاب والمادة الخشبية المصنعة (خشب مضغوط، خشب لبني متوسط الكثافة، خشب لآنية، خشب معاكس) وذلك وفقاً للممارسات الصناعية الألمانية والأوروبية المعتمدة دولياً، كذلك يركز على كيفية تصنيف الأخشاب واختابها وفقاً لمعايير مختلفة ، كذلك على أهمية المستخلصات الخشبية Extractive من وجهة النظر البيولوجية والكيميائية والتكنولوجية. زد على ذلك التركيز على الصفات التكنولوجية لأهم الأنواع الخشبية المحلية والمدخلة في سورية وأهم استعمالاتها.

كما يتطرق هذا الكتاب إلى أهم الصناعات الخشبية [صناعة ألواح الخشب المعاكس Plywood وصناعة ألواح الخشب الحبيبي (الخشب المضغوط) Particle boards وصناعة ألواح الخشب الليفي للمتوسط الكثافة (MDF) Medium Density Fiber board]. كما يقدم هذا الكتاب في أجزائه الأخيرة شرحاً مبسطاً لتكنولوجيا صناعة الورق مع أهم الطرق الحديثة لصناعة الورق والمستخدم في ألمانيا الاتحادية راجياً من الله أن يكون قد وفقت في تقديم الفائدة المرجوة من هذا الكتاب والله ولي التوفيق.

د. محمود أحمد حميد



مصطلحات علمية و تعاريف

أولاً: تعاريف

- ١- الخشب من ناحية مادية: هو المادة الأولية الأساسية التي تدخل بما لا يقل عن ٦٠% من المواد المستعملة في حياتنا اليومية فهي تدخل في إنشاء البيوت، وفي صناعة الأكواح الخشبية المختلفة.
- ٢- الخشب من ناحية حراجية: هو المحصول الرئيسي الذي يسعى إليه رجل الغابات من استغلاله للحراج.
- ٣- الخشب من ناحية تكنولوجية: هو المادة الخام التي يمكن تحويلها وتصنيعها إلى حاجيات صالحة للاستعمال والاستهلاك.
- ٤- الخشب من الناحية العلمية: هو مجموعة عديدة جداً من الخلايا الخشبية التي تنتجها النباتات الخشبية.
- ٥- علم تكنولوجيا الأخشاب والصناعات الخشبية Wood technology and wood industry: هو فرع من علم الغابات يهتم بدراسة الأخشاب من حيث صفاتها وإمكانية استخدام العلم الحديث لرفع قيمتها الاقتصادية إضافة إلى إمكانية تصنيعها ومواصفات المنتج الخشبي المصنع.

ثانياً: أنواع النباتات الخشبية والأخشاب

- ١- تعريف النباتات الخشبية: هي النباتات التي تنتمي إلى قسم النباتات البذرية (Spermatophytes) في المملكة النباتية والتي تتصف بالصفات الآتية:
 - أ - أن يكون النبات دائماً ويعيش سنوات عديدة.
 - ب - أن يكون للنبات جذع (ساق) قائم.
 - ج - أن يحتوي على أوعية وخلايا خشبية ولحائية.
 - د - أن يقوم بعمل حلقات النمو السنوية المكونة من الخشب الربيعي والخشب الصيفي.
- ٢ - أنواع النباتات الخشبية: تصنف النباتات الخشبية إلى ما يلي:
 - أ - الشجرة: نبات خشبي يزيد ارتفاعه عن سبعة أمتار، له ساق واحدة تحمله.

ب - الشجيرة: نبات خشبي لا يزيد ارتفاعه على سبعة أمتار، وفي الغالب يكون لها سوق متعددة.

ج - المتسلقات الخشبية: نباتات خشبية تتسلق على غيرها بإحدى طرق التسلق.

٣- أنواع الأخشاب:

١ - الأخشاب الطرية softwood: هي أخشاب الأشجار المخروطية التي تنتمي إلى صف عريانات البذور gymnospermae، حيث إن بذورها تتوضع على حراشف (عارية) وتتصف مجموعة عريانات البذور يكون أوراقها إبرية أو حشفية ذات اخضرار دائم عموماً وتحمل البذور في مخاريط ومثال عليها: السرو Cypress، الصنوبر Pine، الأرز Cedar إلخ.

ب - الأخشاب القاسية hardwood: وهي أخشاب الأشجار عريضة الأوراق التي تنتمي إلى صف مستورات البذور angiospermae، حيث تكون بذورها مغلفة بالمبييض ومثال عليها: الحور Poplar، الصفصاف White-Willow، القيقب Maple، البلوط Oak، الجوز Walnut إلخ.

ج - الخشب القلبي heartwood: خشب ذو لون داكن يحيط بمركز الشجرة وظيفته دعم الشجرة ميكانيكياً، حيث ينتج هذا الخشب عن موت الأنسجة الخشبية الناتجة عن الكامبيوم بعد اكتمال نموها وامتلائها بالمواد الراتنجية أو الصمغية أو الدباغية أو الملونة.

د - الخشب العصاري sapwood: وهو خشب فاتح اللون يتكون من النسيج الخشبي الحية المحيطة بخشب القلب التي لاتزال خلاياها تقوم بوظائفها الحيوية المختلفة من تخزين المواد الغذائية ونقل العصارة من أسفل الشجرة إلى أعلاها.

ثالثاً: بنية الأخشاب

١ - بناء الخشب: لمعرفة البناء الخشبي يجب التعرف على مايلي:

أ - مقاطع الخشب الثلاثة:

(١) المقطع العرضي Cross section: وهو المقطع الأفقي على ساق الشجرة حيث تظهر من خلاله حلقات النمو السنوية المحيطة بمركز الساق.

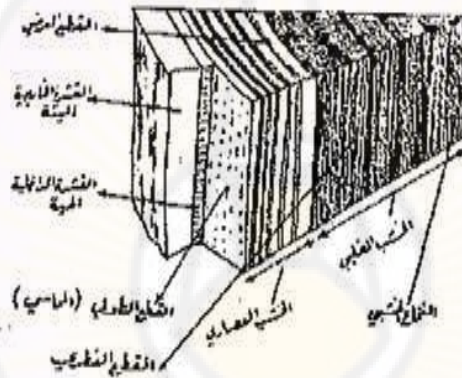
(٢) المقطع الشعاعي (القطري) Radial section: هو المقطع الذي ينشأ من قطع الخشب طولياً مع نصف القطر أو القطر.

(٣) المقطع المماسي Tangential section: هو المقطع الناتج عن حز الخشب بصورة متعامدة مع نصف القطر.

ب - حلقات النمو السنوية: هي عبارة عن حلقات كاملة يحدد عددها عمر الشجرة وتتكون من:

(١) الخشب الربيعي Spring wood: يتكون من خلايا رقيقة الجدران متسعة الفجوات.

(٢) الخشب الصيفي Summer wood: يتكون من خلايا سميكة الجدران ضيقة الفجوات. هذا ويبين الشكل رقم (I) مقاطع الخشب الثلاثة.



شكل (I): مقاطع الخشب الثلاثة (عن الزعت، ١٩٦٦)

٢ - البنية الميكروسكوبية للأخشاب:

أ - البنية الميكروسكوبية للأخشاب الطرية: تتميز في الأخشاب الطرية تحت المجهر المكونات التالية:

(١) الألياف السلولوزية الطولية (تركيذات) Tracheids.

(٢) القنوات الراتنجية.

(٣) الأشعة الخشبية تكون ضيقة ومستقيمة. هذا ولا تحتوي هذه البنية على المسام (الأوعية) ؛ لذلك تسمى هذه الأخشاب بالأخشاب غير المسامية.

ب - البنية الميكروسكوبية للأخشاب القاسية: يميز في الأخشاب القاسية تحت المجهر المكونات التالية:

- (١) - الألياف السلولوزية.
- (٢) الأوعية الربيعية والصيفية في حلقات النمو السنوية.
- (٣) الأشعة الخشبية بطبقاتها العديدة المتعرجة وسماكتها العريضة.
- (٤) الخلايا البرانشيمية. تسمى هذه الأخشاب بالمسامية نظراً لاحتوائها على المسام (الأوعية).

رابعاً: التركيب الكيماوي للأخشاب وخواصها الفيزيائية والميكانيكية

١ - التركيب الكيماوي للأخشاب: يتكون الخشب من الكربوهيدرات التي تتألف من عناصر الكربون والهيدروجين والأكسجين حيث يشكل الكربون العنصر الأكثر وفرة وكذلك يدخل في تكوينه مواد لاعضوية inorganic يتحصل عليها بعد حرق الخشب بوجود الهواء بدرجات حرارة عالية حيث تعرف هذه المواد بالرماد Ash الذي يعود أساس وجوده إلى مواد غير قابلة للاحتراق حابوة على عناصر معدنية هي: الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنزيوم والمنغنيز والسيليكون، ويبين الجدول التالي محتوى الخشب من العناصر المعدنية على أساس الوزن الجاف (John and Jim, ٢٠٠٣).

العنصر	الوزن الجاف %
الكربون	٤٩
الهيدروجين	٦
الأكسجين	٤٤
النيتروجين	طفيف
الرماد	٠,١

هذا وتتوزع العناصر المعدنية في مركبات عضوية كالسللوز ونصف السللوز واللغنين حيث يشكل السللوز نحو ٤٠-٤٤% من تركيب الأخشاب عامة ويشكل نصف السللوز ١٥-٣٥% واللغنين ١٨-٣٥% وذلك وفقاً للنوع الخشبي وفيما يلي شرح موجز لطبيعة هذه المواد:

١ - السللوز Cellulose: يتألف السللوز من وحدات السكر السداسي الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الناتج الأساسي لعملية التركيب الضوئي، حيث ينزع جزيء ماء من الغلوكوز لينشكّل

الغلوكوز منقوص الماء ثم تتحد هذه الوحدات $C_6H_{10}O_5$ طرفاً لطرف لتعطى سلسلة طويلة من السلولوز $(C_6H_{10}O_5)_n$ يتراوح عدد وحداتها ٥٠٠٠-١٠٠٠٠ ويربط هذه الوحدات ببعضها رابطة كيميائية قوية من النوع β .

ب - نصف السلولوز Hemicellulose: ينتج عن عملية التركيب الضوئي مجموعة من السكريات السداسية كالألكاتوز والمانوز والسكريات الخماسية كالزيلوز والأرابينوز حيث تستعمل هذه السكريات بالإضافة إلى الغلوكوز في اصطناع مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة تدعى بنصف السلولوز وهي مركبات قصيرة متفرعة مقارنة بالسلولوز حيث يكون عدد وحداتها دون ١٥٠.

ج - لللغنين Lignin: مادة فيلولية ذات وزن جزيئي كبير أساسها وحدات الفينيل بروبين وهي عديمة اللون تكتن بالحرارة وتتصلب بالبرودة، يوجد اللغنين بين الخلايا لاصقاً لها وفي الجدر الخلوية مرافقاً للسلولوز، هذا ويصفر لونه بتعرضه للهواء بوجود أشعة الشمس.

٢ - الخواص الفيزيائية للأخشاب Physical Properties of wood: وهي صفات

ضرورية لتمييز الأصناف الخشبية حيث تتمثل هذه الصفات بما يلي:

- أ - اللون
- ب - الرائحة
- ج - اللمعان
- د - المذاق
- هـ - الوزن.

٣ - الخواص الميكانيكية للأخشاب Mechanical Properties of wood: وهي

عبارة عن قوى رد فعل الخشب لأي قوة خارجية وتعتبر هامة لتحديد إمكانية استخدام الأخشاب حيث يتم تحديدها في المختبرات ومن أهم هذه الخواص:

أ - قوى الشد أو الضغط الموازية للألياف.

ب - قوى الانحناء أو الكسر.

ج - قوة الانشقاق.

د - قوة القساوة.

هـ - قوة الصلابة وتحمل الضربات.

خامساً: أنواع الأخشاب المصنعة ومنتجاتها :

١ - الخشب المنشور Lumber: وهو الحصول على الألواح الخشبية من الجذوع بأبعاد معينة

ويقسم الخشب المنشور حسب ثخنته إلى ما يلي:

أ - ألواح خشبية Boards، تكون ذات سماكة أقل من ٥ سم.

ب - ألواح بوندي Dimension: ذات سماكة ٥-١٢ سم.

ج - ألواح ثمبر Timber: ذات سماكة أكبر من ١٢ سم.

٢ - الخشب المعاكس Plywood: هو عبارة عن ألواح من اللقائق الخشبية ملتصوقة مع

بعضها بعضاً بأحد المواد اللاصقة الحرارية (اليوريا-فورم ألدهيد، الفينول-فورم

ألدهيد، الميلامين-يوريا-فينول-فورم ألدهيد، البولييميرات دي فينيل ميتان دي

إيزوميانات، التالين المكثف) وبصورة متعامدة مع اتجاه الألياف فيها، حيث تكبس في

مكابس حرارية تحت ضغط مرتفع وحرارة مرتفعة نحو ١١٥ درجة مئوية لمدة ٩٠

دقيقة من ثم تقس إلى الأبعاد المطلوبة وتصلق، وغالباً ما يستعمل عدد فردي من هذه

الرقائق (٣، ٥، ٧) ويمكن وضع خشبة بين رقائق خشبيتين مؤلفة من أصابع خشبية

Bars حيث يسمى الخشب في هذه الحالة بخشب اللاتيه.

٣ - الخشب المضغوط Particle boards: وهو عبارة عن ألواح تصنع من نشارة الخشب

ذات الأبعاد المختلفة بعد تجفيفها إلى رطوبة ٢-٥ % ومزجها بالمادة اللاصقة الحرارية

بنسبة ٦ - ١٢ % وزناً لتكبس على شكل ألواح بسماكات مختلفة تحت ضغط ١٩٠-

٢٠٠ كغ/سم^٢ وحرارة ١٤٠-١٥٠ درجة مئوية لمدة تختلف حسب سماكة اللوح وتقانة

المكبس والمادة اللاصقة المستخدمة حيث إن زمن الكبس للحصول على لوح بسماكة

١،٢ سم وباستعمال المادة اللاصقة اليوريا فورم ألدهيد يوريا هو ٣ دقائق. بعد ذلك

تقص أطراف الألواح وتصلق. وفي حال كانت النشارة الخشبية تأخذ اتجاه واحد في

المستوي الأفقي للوح عندئذ يطلق عليها اسم الألواح الموجهة Oriented Strand

Boards، وقد تلبس ألواح الخشب المضغوط برقائق خشبية حيث يطلق عليها اسم

المنتجات المركبة Composite Products.

٤ - الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF (Medium Density Fiber Board): وهو عبارة

عن ألواح تصنع من الألياف الخشبية الناتجة عن طحن الخشب بإدخاله بين ترسين

معنيتين مزودين بنتوءات فولانية مختلفة الأشكال بدوران باتجاهين متعاكسين ويمكن أن

يثبت أحدهما ويترك الآخر ليدور، حيث تجفف هذه الألياف وتخلط بأحد المواد اللاصقة (البوريا-فورم ألدهيد، الفينول-فورم ألدهيد، الميلامين-يوريا-فينسول-فورم ألدهيد، البوليميرات دي فينيل ميتان دي إيزوسيانات، التانين المكثف) بنسبة ٦-١٢% وزناً ثم تفرش الألياف على شكل حصيرة على سيور، بعد ذلك تكبس هذه الحصيرة بمرورها بين أسطوانات مسخنة البخار حتى تصل للسماكة المطلوبة بعدها تقطع إلى ألواح بالأبعاد المطلوبة حيث تتراوح كثافة هذا النوع من الخشب ٥٠٠-٨٠٠ كغ/م^٣.

٥ - المنتجات الخشبية الإسمنتية Wood - Cement Products: هي عبارة عن ألواح تشكل الألياف الخشبية ٢٥-٣٠% من وزنها والباقي إسمنت أو جبس مادة رابطة حيث تعرف هذه الألواح بالخشب الصوفي Wood Wool هذا ويجب أن تكون الأغشية المستعملة قليلة الاحتواء على الصمغ والمستخلصات الخشبية.

٦ - الورق Paper: تعتمد صناعة الورق بنسبة ٩٤% عالمياً على الأخشاب وتشمل عملية التصنيع ما يلي:

أ - فصل الألياف والحصول على العجينة الورقية Pulp: تفصل الألياف من القطع الخشبية بالطرق التالية:

(١) الطريقة الميكانيكية Mechanical pulping: حيث تطحن القطع الخشبية بإدخالها بين قرصين معدنيين متقابلين مزودين بنتوءات فولانية يدوران باتجاهين متعاكسين، حيث تبلغ نسبة الحصول على الألياف بهذه الطريقة ٩٥-٩٩%. وهناك طريقة معدلة من هذه الطريقة هي الطريقة الحرارية الميكانيكية Thermo-mechanical Pulping، حيث تعرض القطع الخشبية قبل طحنها إلى تيار بخاري حار ١٢٠-١٣٠ درجة مئوية الأمر الذي يؤدي إلى تليين اللغنين وسهولة فصل الألياف.

(٢) الطريقة الكيماوية Chemical pulping: يتم الحصول على العجينة الورقية بطبخ القطع الخشبية في مراحل كبيرة مع حمض الكبريتي ومحلول ثنائي سلفايت الكالسيوم أو المغنيزيوم أو الأمونيا أو الصوديوم، حيث تفصل الألياف عن بعضها نتيجة لذوبان اللغنين وتسمى هذه الطريقة بطريقة السلفيت حيث تصنع العجينة الورقية المنتجة بهذه الطريقة لصناعة ورق الكتابة، وقد استحدثت طريقة هي طريقة السلفات أو القوة Kraft وفيها تطبخ القطع الخشبية

بمحاليل ماءات الصوديوم وسلفايد الصوديوم حيث تصلح هذه الطريقة لطبخ جميع أنواع الأخشاب وتبلغ نسبة الحصول على عجينة الورقية بهذه الطريقة ٤٤-٥٥ %.

(٣) الطريقة الكيمياء ميكانيكية Chemimechanical pulping: حيث تجمع هذه الطريقة بين الطريقتين الميكانيكية والكيميائية، فتطبخ اللقطع الخشبية جزئياً بمحاليل كيميائية لتليين اللغنين بين الألياف بعد ذلك تطحن ميكانيكياً لفصل الألياف عن بعضها حيث تستعمل هذه الطريقة لصناعة الورق من الأخشاب القاسية جداً وتعطي هذه الطريقة عجينة ورقية بنسبة ٦٥-٧٥ %.

- الغسل والتبييض Washing and Bleaching : تغسل العجينة الناتجة بالماء لإزالة آثار الكيماويات والشوائب ، من ثم تجمع الألياف وتغسل بالماء على عدة مراحل ويكون لون العجينة المغسولة بنياً إلى برونزياً بسبب وجود نسبة من اللغنين والمواد المستخلصة الموجودة في الخشب القلبي، لذلك تبيض هذه العجينة بتعريضها إلى مركبات كلورية أو أوكسجينية.

- ضرب الألياف Beating: وتهدف هذه العملية إلى زيادة سطح التصاق الألياف بعضها ببعض ، ويتم هذه العملية بتمرير الألياف في تيار من الماء إلى آلة تحتوي على دوائر ممتلئة بدور باستمرار فتتعرض الألياف في تيار الماء إلى الضرب الأمر الذي يؤدي إلى تسطيحها.

- التحميل أو تشكيل الرقائق Loading : ويتم مزج الألياف مع الماء بمعدل ٣% ألياف وزناً ، هذا ويمكن خلط أنواع مختلفة من العجائن (ميكانيكية - كيميائية) بنسب مختلفة حيث يضاف لهذا الخليط النشاء والطين الخزفي لزيادة متانة الربط بين الألياف بعد ذلك يشكل على شكل حصيرة على سيور حديدية غرابلية التركيب تسير بسرعة معينة وبعدها تجري الحصرة على أسطوانات شبكية دوارة وذلك لصرف الماء. بعد ذلك تمرر الحصرة على مجموعة أسطوانات مسخنة بالبخار لتكسب إلى السماكة المطلوبة وتلف إلى لفات ورقية كبيرة.

سادساً: حفظ الأخشاب ومعالجتها :

١ - تعريف: المقصود بعملية حفظ الخشب معالجته بمواد كيميائية بهدف زيادة إمكانيات استخدامه مع إطالة فترة استخدامه عن طريق زيادة مقاومته للأضرار الحيوية (الحشرات، الفطريات، البكتيريا، الفيروسات).

٢ - المواد المستخدمة في حفظ الأخشاب:

أ - للزيوت القطرانية Tar-Oil: تعامل بها الأخشاب التي تستخدم على شكل عوارض للمسك الحديدية وأعمدة الهاتف وأخشاب الموانئ وهي مادة سامة للفطريات والحشرات ومقاومة للرطوبة.

ب - الزيوت العضوية Organic Oil: وهي مشتقات نفطية تطلى بها الأخشاب المجففة لاستخدامها في البناء ومن هذه المواد بنتاكلورفينول Pentachlorophenol.

ج - الأملاح السامة الذوابة بالماء: مثل كبريتات النحاس وأملاح الزرنيخ والكروم والنحاس حيث تكسب الخشب مقاومة ضد الحشرات والفطريات.

٣ - طرق معالجة الأخشاب:

أ - طريقة الاسطوانات المغلقة: تملأ الاسطوانات بالمواد الحافظة وبمساعدة الحرارة والضغط العالي المطبقين تدخل المواد الحافظة ضمن النسيج الخشبي.

ب - الطرق البسيطة وتشمل:

(١) طريقة الغمر في المحاليل الحارة: ويتم بتغطيس الخشب بمادة قار الفصم لبضع ساعات داخل اسطوانات معدنية وعلى درجة حرارة ١٠٠ مئوية حيث تخترق المواد الحافظة النسيج الخارجي للخشب لعمق يتناسب والنسوع الخشبي.

(٢) طريقة الغمر البارد: ويتم بتغطيس الخشب في محلول كلوريد الفضة الزنقي لبضعة أيام وبذلك تخترق هذه المادة الحافظة النسيج الخشبي لعدة ملليمترات.

(٣) طرق تبديل العصارة الخشبية: ويتم إما بربط نهايات جذوع الأشجار من الأعلى بكمامات مطاطية موصولة إلى خزانات مليئة بمحلول كبريتات النحاس وموضوعة على ارتفاع ١٥ متراً الأمر الذي يؤدي إلى دفع المحلول إلى داخل الجذع مع اتجاه حركة العصارة الخشبية بضغط يعادل ٢-٤

ضغطاً جويّاً حتى يصل النهاية الثانية للجدع تستغرق هذه العملية بضعة أيام.
أو قد تتم هذه العملية بشكل معاكس وذلك بوضع نهايات الجذوع من الأسفل
في أحواض تحتوي محلول المادة الحافظة مع ربط نهايات هذه الجذوع
بكمادات مطاطية موصولة بمفرغات هوائية تعمل على امتصاص العصارة
ليحل المحلول النواقي محلها.



الجلسة العظيمة الأولى:

التعرف على خشب كل من المخروطيات وعريضات الأوراق :

- ١ - أحضر جذعاً من المخروطيات وآخر من عريضات الأوراق بطول ٣٠ سم وقطر ١٥ سم وقم بإجراء المقاطع (الأوجه) الخشبية التالي:
 - أ - المقطع (الوجه) العرضي حيث يتشكل هذا الوجه عند نشر الجذع الخشبي بصورة عمودية على محوره الطولي.
 - ب - المقطع (الوجه) الشعاعي الذي يتشكل بحز الجذع الخشبي مع نصف القطر وبصورة موازية للأشعة الخشبية.
 - ج - المقطع (الوجه) المماسي الذي يتشكل بنشر الجذع الخشبي بشكل عامودي على نصف قطره ومماساً لحلقة نمو سنوية.
 - ٢ - ارمم مظهر هذه المقاطع الخشبية وسم عناصر الخشب الظاهرة فيها.
 - ٣ - ناق في المقطع العرضي ممزاً كل ما يلي:
 - أ - الخشب المعصاري والخشب القلبي من حيث اللون.
 - ب - حلقات النمو السنوية الربيعية والصيفية منها.
 - ج - طبيعة هذه الحلقات هل هي كاملة أم غير كاملة.
 - هـ - حاول تمييز الأشعة الخشبية.
 - و - حاول تمييز الأقلية الراتنجية.
 - ز - حاول تمييز طبيعة انتشار الأوعية (حزمية أم منتثرة).
 - ح - قم بتقدير عمر الجذع الخشبي بعد حلقات نموه السنوية.
 - ٤ - ناق في المقاطع الشعاعية والمماسية محاولاً تمييز العناصر الخشبية.
- * الوسائل المساعدة: مكبرة ١٠ × .



الجلسة العملية الثانية:

كيفية التعرف على الأنواع الخشبية وتمييزها

يتم التعرف على الأنواع الخشبية وتمييزها بالاعتماد على المعايير التالية:

١ - اللون Color (في الأنواع التي يتميز فيها الخشب العصاري عن القلبي يتم الاعتماد على لون الخشب القلبي):

- قم بتصنيف أخشاب الأنواع المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعات اللونية التالية:

أ - مجموعة الأخشاب ذات اللون الأبيض أو الضارب إلى البياض.

ب - مجموعة الأخشاب ذات اللون الأصفر أو الضارب إلى الصفرة.

ج - مجموعة الأخشاب ذات اللون الضارب إلى الخضرة.

د - مجموعة الأخشاب ذات اللون الضارب إلى الحمرة.

هـ - مجموعة الأخشاب ذات اللون الضارب إلى السواد.

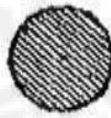
٢ - وحيد اللون (لا يتميز فيه لون الخشب القلبي عن العصاري) أم ثنائي اللون (يتميز فيه لون الخشب القلبي عن العصاري).

- قم بتصنيف أخشاب الأنواع المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعتين التاليتين:

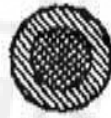
أ - مجموعة الأخشاب وحيدة اللون.

ب - مجموعة الأخشاب ثنائية اللون.

انظر الشكل رقم (١).



وحيدة اللون



ثنائية اللون

شكل رقم (١)

٣ - وضوح حلقات النمو في المقطع العرضي:

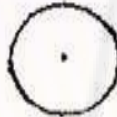
- قم بتصنيف أخشاب الأنواع المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعتين التاليين:

- أ - مجموعة الأخشاب التي تظهر فيها حلقات النمو في المقطع العرضي بوضوح.
ب - مجموعة الأخشاب التي لا تظهر فيها حلقات النمو في المقطع العرضي بوضوح.

انظر الشكل رقم (٢).



حلقات النمو واضحة



حلقات النمو غير واضحة

شكل رقم (٢)

٤ - درجة وضوح حلقات النمو في المقطع الطولي الذي يقطع حلقات النمو موازياً لمحور الجذع بعيداً عن المركز.

- قم بتصنيف أخشاب الأنواع المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعات التالية:

- أ - مجموعة الأخشاب التي تظهر فيها حلقات النمو في المقطع الطولي بوضوح.
ب - مجموعة الأخشاب التي تكاد تظهر فيها حلقات النمو في المقطع الطولي بوضوح.

ج - مجموعة الأخشاب التي لا تظهر فيها حلقات النمو في المقطع الطولي بوضوح.

انظر الشكل رقم (٣)



حلقات النمو واضحة



حلقات النمو غير واضحة

شكل رقم (٣)

٥ - درجة وضوح الأشعة وحلقات النمو في المقطع الشعاعي.
- قم بتصنيف الأنواع الخشبية المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعتين التاليين:

- أ - مجموعة الأخشاب التي تظهر فيها الأشعة وحلقات النمو بوضوح.
 - ب - مجموعة الأخشاب التي لا تظهر فيها الأشعة وحلقات النمو بوضوح.
- تنظر للشكل رقم (٤).



واضحة



غير واضحة

شكل رقم (٤)

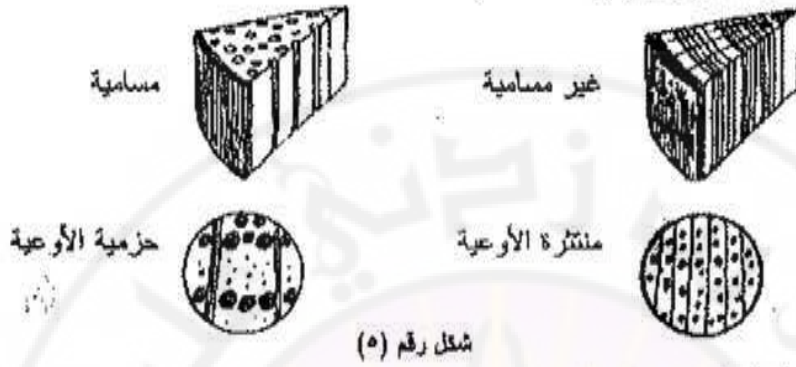
٦ - طبيعة توزيع المسامات (الأوعية) في المقطع العرضي:
- قم بتصنيف الأنواع المحلية والمدخلة في القطر حسب طبيعة توزيع أوعيتها في المقطع العرضي.

- أ - مجموعة الأخشاب المسامية وتقسّم تحت مجموعتين.
- ١ - مجموعة الأخشاب منتثرة الأوعية (المسام).

٢ - مجموعة الأخشاب حزامية الأوعية (المسام).

ب - مجموعة الأخشاب غير المسامية.

انظر الشكل رقم (٥).



٧ - درجة القساوة Hardness:

- قم بتصنيف الأخشاب المحلية والمدخلة في القطر إلى المجموعتين التاليين:

أ - مجموعة الأخشاب القاسية.

ب - مجموعة الأخشاب الطرية.

انظر الشكل رقم (٦).



٨ - الوزن Weight:

- قم بتصنيف الأخشاب المحلية والمدخلة في القطر السوري إلى المجموعات التالية:

أ - ثقيلة جداً.

ب - خفيفة.

ج - ثقيلة.

د - خفيفة جداً.

٩ - الرائحة Odor:

- قم بتصنيف الأنواع الخشبية المحلية والمدخلة في القطر العربي السوري إلى المجموعات التالية:

- أ - مجموعة الأخشاب ذات الرائحة الرائجة.
 - ب - مجموعة الأخشاب ذات الرائحة العطرية.
 - ج - مجموعة الأخشاب ذات الرائحة الحامضية.
 - د - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة حمض التانيك.
 - هـ - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة لطيفة مقبولة.
 - و - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة الكاوتشوك.
 - ز - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة مميزة ومعروفة بها.
 - ح - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة كريهة.
 - ط - مجموعة الأخشاب التي تملك رائحة الجاد.
- تفيد المعايير السابقة في التعرف على خشب أي نوع مجهول من خلال مقارنته بالمجموعات السابقة المصنفة.



الجلسة العملية الثالثة:

البناء الميكروسكوبي للخشب

حضر مقاطع عرضية ومماسية وشماعية من مختلف سوق النباتات الخشبية حسب الطريقة التالية ، ثم ادرس هذه المقاطع مميزاً فيها عناصر الخشب الخلوية في مختلف وجوهه مركزاً على الفروق في الشكل المظهري للعنصر الواحد في مختلف الوجوه وكذلك الفروق بين البنية الميكروسكوبية لخشب المخروطيات وعريضات الأوراق.

هناك عدة طرق لتحضير المقاطع الميكروسكوبية الخشبية نذكر منها الطريقة التالية:

- تؤخذ عينات خشبية مكعبة الشكل بأبعاد $1 \times 1 \times 1$ سم³ بحيث تشمل المقاطع الثلاثة

للخشب (مماسي، شعاعي، عرضي).

- توضع هذه المكعبات الخشبية في إناء يحتوي محلول Craft لتثبيتها، حيث يحضر

هذا المحلول من ٣٠ جزء من ثلاثي أوكسيد الكروميوم ١% (وزن/حجم) ومن ٣ أجزاء من

حمض الخل ومن ١٠ أجزاء فورمالين ٤٠% (حجم/حجم) و ٥٧ جزء ماء لمدة أسبوع يبدل

خلالها المحلول ثلاث مرات ثم تجفف العينات في محلول من الايثانول ورباعي كحول

البوتيل حيث توضع العينات أيضاً لمدة أسبوع يبدل خلالها المحلول ثلاث مرات ثم تفحص

العينات في محلول شمعي من البارابلانت بدرجة ٥٦ - ٥٨ ضمن فرن لمدة أسبوع.

- يتم هيلي مقاطع ميكروسكوبية (عرضية، مماسية، شعاعية) بسماكة ٨ - ١٥

ميكرون باستعمال الميكروتوم بعد ذلك تلون هذه المقاطع بالسفرانين مدة ٣٠ دقيقة وبالفاست

جرين Fast green لمدة ٣ - ٥ دقائق ثم تفحص بالميكروسكوب.



الجلسة العملية الرابعة والخامسة:

الخصائص الفيزيائية للخشب والمادة الخشبية المصنعة

I-مدخل إلى الجلسة :

أ-الخشب و الرطوبة Wood and water

ب-الوزن النوعي و الكثافة Specific gravity and density

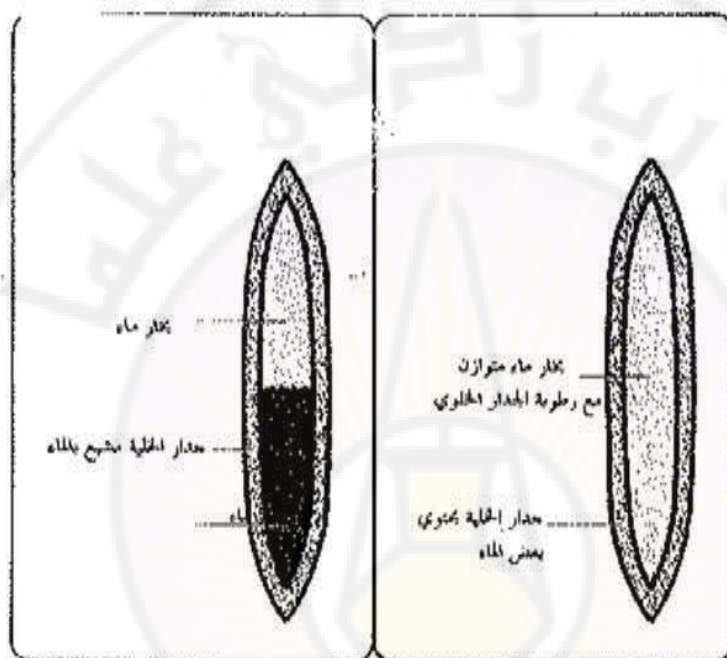
أ-الخشب و الرطوبة Wood and water :

يشكل الماء أكثر من نصف النسيج الخشبية وزناً وعندما تقطع الشجرة تبدأ نسيجها في فقدان الماء إلى الجو المحيط مما يؤثر في صفات الخشب وتؤثر الرطوبة الموجودة في الخشب المصنع وتذبذبها في الصفات الفيزيائية والميكانيكية للخشب ومقاومته للتهدم البيولوجي وثبات أبعاده. فضلاً عن أن الماء يعد من أهم مكونات النسيج النباتية .

١-توضع الماء في الخشب Location of water in wood

يوجد الماء في خلايا النسيج الخشبية وفي جدرانها وتناجح كمية الماء الموجودة في الخلية من فصل لآخر إلا أنها تبقى ثابتة مع الفصول في جدرانها. ويوجد الماء في الخلايا على شكل نسيج (مركبات التمثيل الضوئي وغيرها منطلة بالماء). يزال الماء السائل من الخلايا عند تجفيف الخشب ويبقى جزء منه على شكل بخار ويعتمد محتوى الأنواع الخشبية المصنعة من الرطوبة على الجو المحيط وطبيعة تجفيف الأنواع. ولا يعود الماء إلى داخل الخلية عند تجفيف الخشب إلا إذا كان على احتكاك مع الماء (وضعه على الأرض أو تحت المطر) ويلاحظ من الشكل رقم (١) كيفية توضع الماء في الخلايا وجدرانها حيث تكون الجدران مشبعة بالرطوبة عند وجود الماء السائل في الخلايا ولا تتأثر بشكل عام معظم صفات الخشب الفيزيائية (عدا الوزن) بمدى وجود الماء في الخلية نفسها حيث أنه لو احتوت الخلية على ربعها ماء سائلاً سيكون للخشب نفس المثانة فيما لو احتوت خلاياه على نصفها ماء. ويوضح الشكل رقم (٢) طبيعة وجود الماء في الخشب المجفف. وتعرف نقطة

تتبع الألياف (FSP) Fiber saturation point بأنها درجة الرطوبة التي تكون فيها جدران الخلايا مشبعة بالماء ، بينما تكون الخلايا نفسها غير حاوية على الماء السائل وتعد هذه الدرجة هامة جداً في تأثيرها على الصفات الفيزيائية والميكانيكية للخشب حيث إن تجفيف الخشب دون هذه الدرجة يؤدي إلى تغيرات في صفاته.



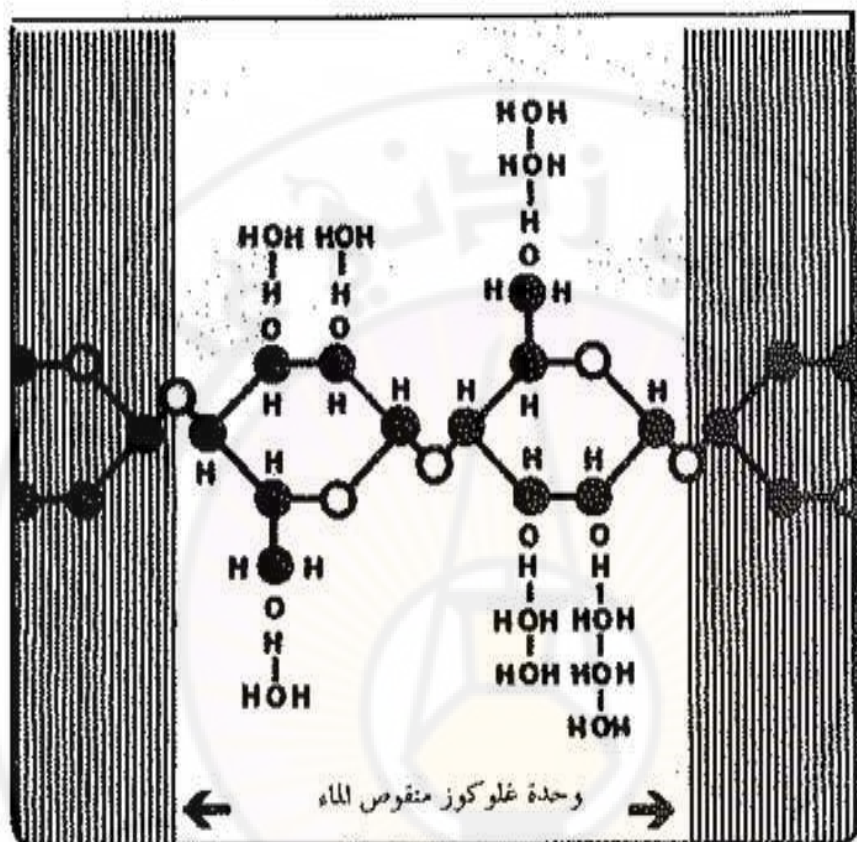
شكل رقم (١): كيفية توزيع الماء في خلايا الخشب الأخضر وجدرانه

شكل رقم (٢): طبيعة وجود الماء في الخشب الجاف

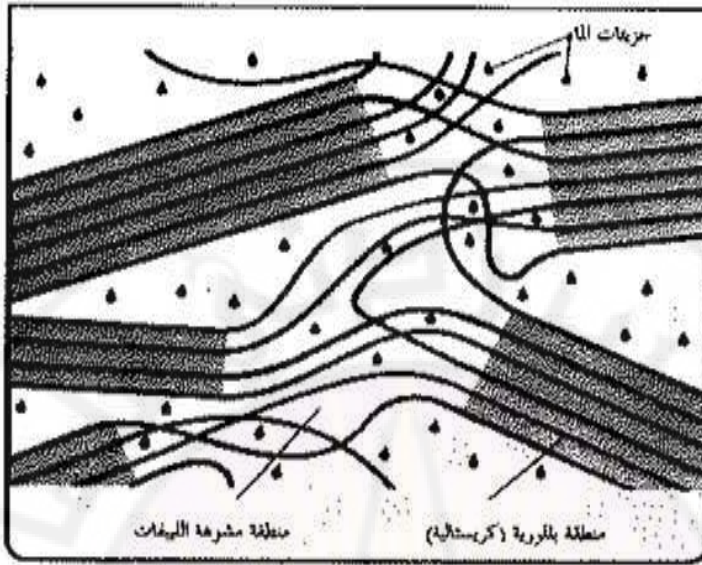
٢- طبيعة الماء في الخشب Nature of water in wood

يعرف الماء السائل الموجود ضمن الخلايا بالماء الحر Free water ويعرف الماء الموجود في جدران الخلايا بالماء المرتبط Bound water على اعتبار أنه من السهولة إزالة الأول بالتجفيف ، بينما يمسك الآخر بقوة أكبر بسبب قوى الامتصاص Adsorption forces الناتجة عن الاجتذاب السطحي لجزيئات الماء إلى الروابط الهيدروجينية الموجودة على السطوح السللوزية ونصف السللوزية واللغنين ويبين الشكل رقم (٣) الاجتذاب السطحي لجزيئات الماء إلى الروابط الهيدروجينية على السللوز. وتكون مواقع الامتصاص في السللوز

مثلاً في المناطق مشوهة الليفيات وليس الكريستالية المظهر حيث يمكن لجزيء السيلوز ادمصاص من ٥-٦ جزيئات ماء في كل موقع ادمصاص (شكل رقم ٤).



شكل رقم (٣) : الاجتذاب السطحي لجزيئات الماء إلى الروابط الهيدروجينية على السيلوز

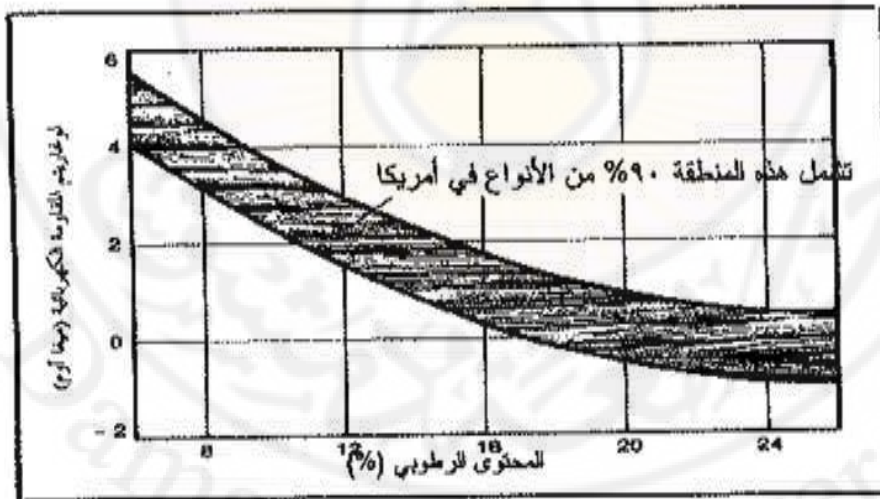


شكل رقم (٤) : مواقع الامصاص على جزيئات السيلولوز.

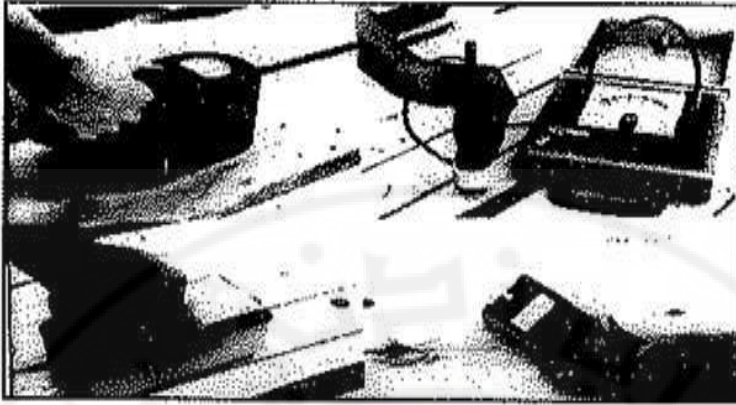
٣- قياس للمحتوى الرطوبي Measuring moisture content

لتحديد نسبة رطوبة الخشب المصنع ومعرفة مدى مطابقتها لشروط الإنتاج تستعمل طريقة الوزن الجاف أو باستعمال المقاييس الإلكترونية لبساطتها ولسهولة استعمالها ومن الميسر أن تقدير نسبة الرطوبة على أساس الوزن الجاف يعتمد على تخريب العينة Destructive sampling ويحتاج لبضعة أيام ليتم ، وتحتوي بعض الأنواع على مركبات متطايرة Volatile components إضافة إلى الماء حيث تفقد هذه المواد بالتجفيف مما يلجم عنه ارتفاع في المحتوى الرطوبي فيصح ، ومع ذلك تعد هذه الطريقة مقبولة وتعطي نتائج لا بأس بها. وتتصف المقاييس الإلكترونية بكونها أقل حساسية مقارنة بالطرق الأخرى إلا أنها تعطي للنتائج بسرعة كما تمتاز بسهولة استعمالها وعدم تخريبها للعينة الأمر الذي يجعلها في مقدمة الوسائل المستعملة في تقدير رطوبة الخشب. ويعتمد مبدأ مقاييس الرطوبة الإلكترونية على قياس المقاومة الكهربائية لتيار الكهربي بين نقطتين (إبرتين في الخشب) على أعماق مختلفة. ويوضح الشكل رقم (٥) العلاقة بين المقاومة الكهربائية للخشب ومحتواها الرطوبي وتعطي هذه المقاييس نتائج مقبولة في حدود رطوبة بين ٦-٣٠% (محتوى

رطوبي) ولا بد من إجراء تصحيح حراري لتأثير المقياس بحرارة الخشب في حال كون حرارة الخشب مختلفة عن الحرارة القياسية للمقياس Calibration كذلك يجري التصحيح حسب نوع الخشب نفسه حيث تؤثر المواد المستخلصة Extractives في الناقلية الكهربائية أيضاً وتعطي المقاييس الإلكترونية قراءات غير دقيقة فوق رطوبة نقطة تشبع الألياف FSP. وتعتمد بعض أنواع المقاييس على تأثير الرطوبة في سلوك الخشب باعتباره مكثفاً Capacitor عند وضعه في حقل شديد التردد ، وتختلف قابلية الكشف حسب الكثافة والمحتوى الرطوبي وتقيس هذه المقاييس ثبات التيار أو فقد الطاقة من العينة. ويجب تصحيح المقياس لكل نوع حسب كثافته أو حسب الاختلاف في الكثافة. إن مجال استخدام هذه المقاييس من صفر وحتى ٣٠% لأن لهذا النوع من المقاييس إلكترونيات (أقطاباً) توضع على سطح العينة دون الحاجة إلى غرس مسمار فيها ، وهي صفة ممتازة للسرعة في القياس لكن لا بد من ضرورة التدقيق في أهمية التصحيح للنوع أكثر من مقاييس المقاومة. وتُقاس رطوبة الأجسام الخشبية أو العجينة على سلاطم النفل بمقاييس النترون أو غاما كما يمكن قياس رطوبة الخشب أيضاً بطريقة امتصاص قوى الأشعة الميكرونية Microwave power ويظهر الشكل رقم (٦) نماذج متعددة لمقاييس الرطوبة في الخشب.



شكل رقم (٥) : العلاقة بين المقاومة الكهربائية للخشب ومحتواها الرطوبي.



شكل رقم (٦) : نماذج متعددة لمقاييس الرطوبة في الخشب.

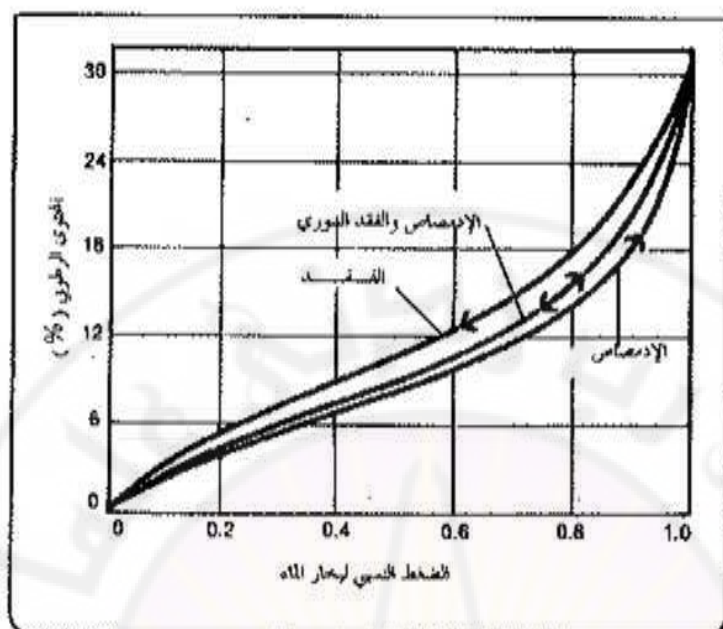
٤- علاقة المحتوى الرطوبي للخشب بالوسط المحيط

Relation of moisture content to the environment

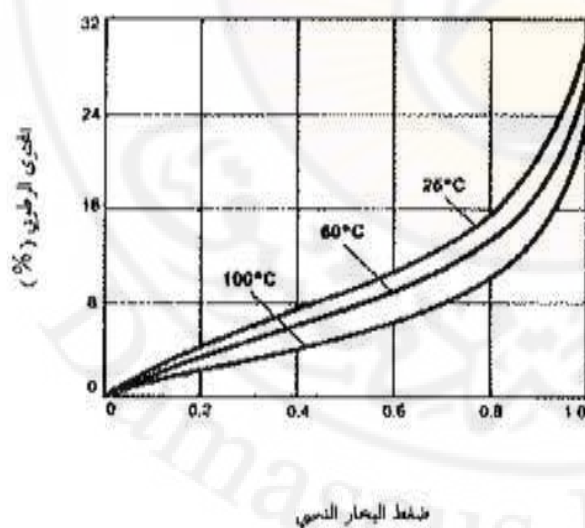
بسبب هيغروسكوبية الخشب (قوى الانمصاص) يمتص الخشب الرطوبة من الجو المحيط لحين وصوله إلى درجة التوازن مع الجو الخارجي رطوبياً ، وإذا كانت رطوبته أعلى ورطوبة الجو أقل يفقد الخشب رطوبته لإعادة التوازن وهكذا يعرف فقد الخشب أو امتصاصه للرطوبة بتعبير Sorption. ويكون الخشب في حالة توازن مع الجو المحيط رطوبياً عندما تكون رطوبته دون نقطة تشبع الألياف وتزداد قوة التصاق الماء بالخشب بنقصان كميته تحت تلك النقطة (FSP) بسبب قلة الانمصاص متعدد الجزيئات وتحول الانمصاص إلى وحيد الجزيء مع اقتراب الخشب من الجفاف. وقد أوضح Stamm, ١٩٥٧ وصول الخشب لهذه الحالة عندما تكون رطوبته النسبية ٠,٢ أو لكل ويمسك الماء بين رطوبة نسبية ٠,٢ - ٠,٩ بإدمصاص متعدد الجزيئات وبين ٠,٩ - ٠,٩٩ يعتقد أن بعض الماء يمسك بالفراغات الشعرية عبر تكافئه. والعلاقة ليست خطية بين محتوى الخشب من الرطوبة والرطوبة الجوية. ويعود ذلك إلى نماذج ارتباط الماء بالخشب ويوضح الشكل رقم (٧) هذه العلاقة على درجة حرارة معينة ويدعى هذا المنحنى بمنحنى التشرب الحراري المتساوي Sorption Isotherm وبعد هذا المنحنى نموذجياً لمعظم المنتجات الخشبية حيث يبين هذا الشكل ثلاثة منحنيات لكل من الانمصاص Adsorption والفقد Desorption والانمصاص والفقد الدوري Cyclic adsorption-desorption ويمكن القول إنه فيما لو فقدت قطعة

خشبية ماء إلى نقطة التعادل (التساوي) يمكن أن تكسب رطوبة ٣% أعلى فيما لو ادمصت على نفس ضغط البخار النسبي وفوق ضغط بخار نسبي حوالي ١,٥ فإن منحني الفقد الأولي للخشب الأخضر يقع قليلاً فوق ذلك القطعة المجففة سابقاً. ويعرف الفرق بين منحني الادمصاص ومنحني الفقد بـ Hysteresis أو بتأثير التباطؤ Lag effect وباختصار يمكن النظر إلى نقطة التكافؤ بين الخشب والجو على الشكل التالي : في الخشب الأخضر تكون زمر الهيدروكسيل لجزيئات السللوز في الجدر الخلوية مكتفية بالماء وبجفاف الخشب تدريجياً تقترب هذه المجموعات الهيدروكسيلية من بعضها مما يسمح بتشكيل روابط مـللوز-سللوز ضعيفة وعندها يدمص الماء من جديد وتبقى بعض الأماكن متوفرة لتشرب الماء (درجة أقل من السابق) وعندما تتعرض المنتجات الخشبية لتقلبات رطوبة (رطوبة عالية ومنخفضة) تنخفض العلاقة للمنحني الأوسط. ومما يجدر ذكره أن نقطة تشبع الألياف تعادل ٣٠% رطوبة وتختلف حسب الأنواع حيث تبلغ ١٨% في الميكويا والتيك و ٢٩% في الصنوبر الجنوبي الأصفر *S. yellow pine*.

وبشكل عام تكون أخشاب الأنواع الغنية بالمستخلصات ذات نقطة تشبع أليفاً قليلة حيث تعمل المستخلصات الخشبية على ملء بعض المواقع التي يمكن للماء أن يحتلها. وتؤثر درجة الحرارة في العلاقة بين الخشب والجو المحيط ويوضح الشكل رقم (٨) هذه العلاقة ويكون تأثير الحرارة صغيراً أو قليلاً نسبياً على الرغم من أن الحرارة العالية تؤثر في الخشب تأثيراً واضحاً حيث يصبح الخشب المعرض لدرجات حرارة أعلى من مئة مئوية لفترة طويلة أقل هيغروسكوبية حيث تنخفض نقطة تعادل رطوبته مع الجو مقارنة بالخشب العادي.



شكل رقم (٧) : منحنى التشرب الحراري للمساوي على درجة ٢٥ مئوية (Stamm, ١٩٦٤)



شكل رقم (٨) : تأثير الحرارة على المحتوى الرطوبي المتعادل

وهذا هو السبب الرئيس في انخفاض درجة التوازن الرطوبي الجوي لألواح اللاتيه والسواح الخشب المفروم مقارنة بالخشب العادي حيث تتعرض الألواح السابقة خلال التصنيع إلى درجات حرارة تفوق ١٥٠ مئوية. وتعرف درجة الرطوبة التي يصل إليها الخشب أو منتجاته في ظروف ثبات درجة الحرارة والرطوبة بالمحتوى الرطوبي المتعادل (المتكافئ) (EMC) Equilibrium moisture content ويوضح الجدول رقم (١) المحتوى الرطوبي للخشب في الشروط الموافقة.

جدول رقم (١): المحتوى الرطوبي للخشب المتعادل (المتكافئ)
مع درجة الحرارة للجافة والرطوبة النسبية للجو

الحرارة الجافة (م)	الرطوبة النسبية (%)						
	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠	٣٠
١-	٢١	١٦,٥	١٣,٥	١١,٣	٩,٥	٧,٩	٦,٣
١٠	٢٠,٩	١٦,٤	١٣,٤	١١,٢	٩,٥	٧,٩	٦,٣
٢١	٢٠,٥	١٦	١٣,١	١١	٩,٢	٧,٧	٦,٢
٣٢	١٩,٨	١٥,٤	١٢,٦	١٠,٥	٨,٩	٧,٤	٥,٩
٤٣	١٩,١	١٤,٧	١٢	١٠	٨,٤	٧	٥,٦
٥٤	١٨,٢	١٤	١١,٣	٩,٤	٧,٩	٦,٦	٥,٢
٦٦	١٧,٢	١٣,١	١٠,٦	٨,٨	٧,٤	٦,١	٤,٨
٧٧	١٦,٢	١٢,٣	٩,٩	٨,٢	٦,٨	٥,٦	٤,٣

هذا ويتطلب وقت طويلاً لقطعة خشبية كبيرة للوصول إلى نقطة التعادل الرطوبي مع الجو، وعلى الرغم الاختلاف في منحنيات الإدمصاص وفقاً للأنواع يمكن الافتراض لجميع الأهداف والأغراض بوصول القطع الخشبية لهذه الأنواع إلى نقطة تعادل رطوبي واحدة تحت ظروف حرارية ورطوبة واحدة. ويكون المحتوى الرطوبي للخشب ومنتجاته على درجة حرارة ٢١ مئوية ورطوبة نسبية ٣٠-٧٠% متأرجحاً بين ٦,٢-١٣,١% (وهذه هي حالة الخشب ضمن المنازل عندما لا يكون على تماس مع الماء المسائل). ويبين الجدول رقم (٢) EMC لبعض المنتجات الخشبية المصنعة إذ يلاحظ انخفاض EMC فيها بسبب تعرضها

للحرارة والإضافات الأخرى من الراتنج والطلاء Coating, Sizing مما يقلل من امتصاصها للماء.

جدول رقم (٢) : المحتوى الرطوبي للمتعاقل (EMC)
لبعض المنتجات الخشبية المصنعة بدرجة حرارة ٢١ مئوية

النسبة المئوية للرطوبة (%)	الخشيب	شواخ خشيب مستفوح	شواخ معالجة بالبزيت	السميت مستفوح
٣٠	٦	٦,٦	٤	٣
٤٢	٨	٧,٥	٤,٦	٣,٣
٦٥	١٢	٩,٣	٦,٩	٥,١
٨٠	١٦,١	١١,٦	٩,٥	٦,٢
٩٠	٢٠,٦	١٦,٦	١٠,٨	٩,١

٥- محتوى الخشب الأخضر من الرطوبة Moisture content of green wood

يختلف المحتوى الرطوبي للخشب الأخضر من نوع لأخر ويتراوح المحتوى الرطوبي لخشب القلب بين ٣٣-٩٨% ومن ٤٤-٢٤٩% في الخشب العصاري ، وتختلف نسبة الرطوبة ضمن النوع نفسه حسب الموقع والعمر وحجم الشجرة فتتناقص الرطوبة في خشب المخروطيات بتقدمها في العمر مثلاً. كما يوجد اختلافات في المحتوى الرطوبي ضمن خشب الشجرة الواحدة ، وأحد هذه الاختلافات هي الفروق بين الخشب العصاري وخشب القلب. ويتناقص المحتوى الرطوبي للخشب بتحوله من خشب عصاري إلى خشب قلب بسبب تراكم المستخلصات التي تميل لاحتلال مواقع الماء في السلولز ونصف السلولز كما أن بعضها يبقى معلقاً في الماء ضمن الخلية. وتوجد فروق قليلة بين خشب القلب والخشب العصاري في عريضات الأوراق بعكس المخروطيات حيث نسبة الرطوبة المرتفعة في الخشب العصاري مقارنة مع خشب القلب بمعامل ٣-٤ مرات. وتتناقص نسبة الرطوبة في المخروطيات مع تقدمها بالعمر بسبب تناقص حجم الخشب العصاري فيها. ويقال عادة لسو اضطررت لإشعال نار في غابة للتدفئة أشعل خشب القلب في المخروطيات وليس عريضات الأوراق Burn the heartwood of soft wood. على سبيل المثال يبلغ المحتوى الرطوبي للخشب العصاري والقلبي للبلوط الأبيض على التوالي ٧٨%، ٧٤% وللجوز ٧٣%، ٩٠%

(عريضات أوراق) ويبلغ المحتوى الرطوبي للخشب العصاري والقلبي لصنوبر بندروزا على التوالي ١٤٨%، ٤٠% ولدوغلاس ١١٥%، ٣٧% ولأرز الأحمر الغربي ٢٤٩%، ٥٨% (مخروطيات). وبشكل عام يكون محتوى الأشجار من الرطوبة شتاء أعلى منه صيفاً إلا أنه قد تكون رطوبة بعض أنواع الخشب أعلى في الصيف منها في الشتاء.

٦- الانكماش والانتفاخ Shrinking and Swelling

عندما ينخفض محتوى الخشب من الرطوبة عن نقطة تشبع أليافه يبدأ بفقد الماء المرتبط وينقلص (ينكمش) وبالعكس ذلك بدخول الماء الجدران الخلوية ينتفخ الخشب حيث تكون العملية عكوسة في قطع الخشب الصغيرة الخالية من الإجهاد لكن هذه العملية قد تكون غير عكوسة في الألواح الخشبية المصنوعة من الخشب المفروم أو الألواح الليفية Fiber board وهذا يعود لتعرض الألواح للانضغاط أثناء تصنيعها ولا تكون عكوسة تماماً في للقطع الخشبية الكبيرة نتيجة لإجهادات التجفيف الداخلية. ويحدث الانكماش عادة عندما تطرد جزيئات الماء المرتبط من السلاسل الطويلة للسللوز ونصف السللوز حيث تقترب هذه السلاسل من بعضها بعضاً وتتناسب كمية الانكماش مع درجة فقدان الرطوبة من الجدران الخلوية وكذلك الانتفاخ. ويحدد اتجاه جزيئات السللوز (الليفات) في طبقة S٢ من الجدار الخلوي كيفية حدوث الانكماش. ومن المعلوم أن ليفات السللوز تتوضع بصورة موازية لمحور الخلية الطولي نسبياً وبذلك ينكمش الخشب عرضياً بتقارب ليفات السللوز من بعضها بعضاً. ولنفس السبب لا يتأثر طول الخلايا كثيراً بانكماش المواد الموجودة في جدار الخلية أو انتفاخها. وفي الخشب المفعل والخشب غير الطبيعي تكون زاوية توضع الألياف في طبقة S٢ كبيرة (معرفة عن المحور الطولي للخلية) وبذلك بجفاف الخشب هناك انكماش في الخلايا يؤدي إلى انكماشها طولياً ويمكن أن يصل الانكماش الطولي حتى ٣% عند الانتقال من نقطة تشبع الألياف إلى التجفيف بالفرن. ويعبر عن الانكماش والانتفاخ نسبة من التغير بالأبعاد.

$$\text{الانكماش (\%)} = \frac{\text{النقص في الأبعاد أو الحجم}}{\text{البعد الأصلي أو الحجم الأصلي}} \times 100$$

$$\text{الانتفاخ (\%)} = \frac{\text{الزيادة في الأبعاد أو الحجم}}{\text{البعد الأصلي أو الحجم الأصلي}} \times 100$$

ويهمل بشكل عام الانكماش الطولي في الخشب لأغراض عملية ، وبشكل عام يحدث بعض الانكماش الطولي في الخشب عند تجفيفه من أخضر إلى جاف بالفرن بحدود (٠,١ - ٠,٢ %) لمعظم الأنواع ونادراً ما يزيد عن ٠,٤ %. وعلى العموم ينكمش أو يستفخ الخشب بأبعاده قطرياً (شعاعياً) ومماسياً بنفس الدرجة إلا أن الانكماش المماسي عادة أكبر بمرة أو مرة ونصف وثلاثة إلى واحد ، ويعزى ذلك إلى عدة صفات تشريحية كوجود الأشعة الخشبية وكثرة النقاط الهالية على السطوح القطرية وسيادة خشب الصيف في الاتجاه المماسي والاختلاف في كمية المواد في الجدران الخلوية في الاتجاه القطري مقارنة مع المماسي ويوضح الجدول رقم (٣) قيم انكماش بعض أنواع الخشب عند تجفيفها بالفرن.

جدول رقم (٣) : قيم انكماش بعض أنواع الخشب عند تجفيفها بالفرن.

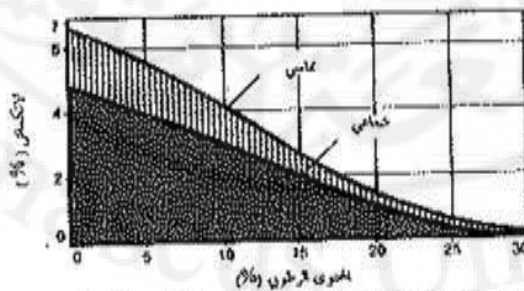
النوع	المماسي	القطري	المتوسط
الدردار الأبيض	٤,٩	٧,٨	١٣,٣
الأمم الأمريكي	٤,٢	٧,٢	١٤,٦
الجوز الأسود	٥,٥	٧,٨	١٢,٨
Khaya	٤,١	٥,٨	-
التيك	٢,٢	٤	-
الشوح الأبيض	٣,٣	٧	٩,٨
Pinus taeda	٤,٨	٧,٤	١٢,٣

يعود الاختلاف في قيم الانكماش لعينات النوع الواحد تحت نفس الظروف لعدة

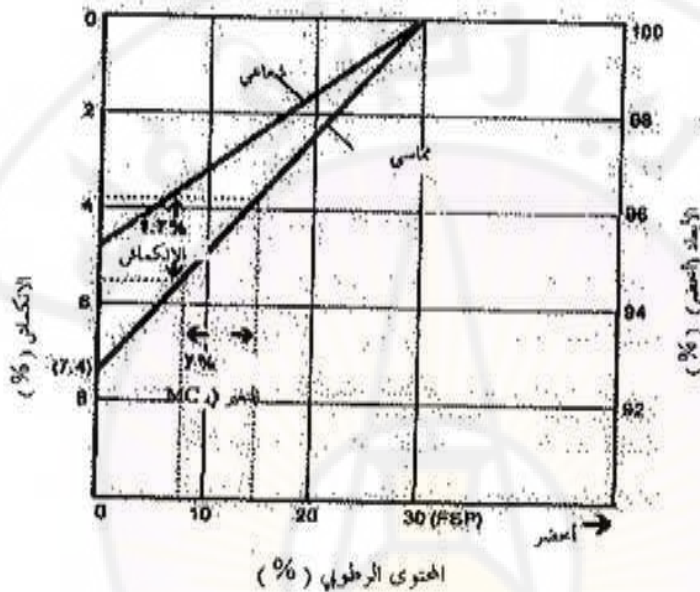
أسباب هي:

- ١- حجم القطعة المستعملة في القياس وشكلها وهذا بدوره يؤثر على توجيه الحبيبات في القطعة الخشبية وتجانسها خلال سماكتها.
- ٢- كثافة العينة حيث يزداد انكماش العينة بزيادة كثافتها.

٣- معدل تجفيف العينة حيث إن السرعة في تجفيف العينة تطلق أو تحفز عوامل الإجهاد الداخلية بسبب الاختلاف في الانكماش مما يؤدي إلى انكماش نهائي قليل وبالعكس تسلكمش بعض الأنواع أكثر من الحالة العادية عندما تجفف بسرعة وتحت ظروف حرارية عالية. ومن المهم الأخذ بعين الاعتبار انكماش الخشب أثناء تصنيعه أي نشره حتى يمكن ضبط أبعاد الأنواع الناتجة عن عملية النشر وأبعاد نشر الجذع الأساسي نفسه. فعلى سبيل المثال لو أريد نشر لوح خشبي ذي أبعاد 25×8 سم من نوع شوح دوحلاس يجب التوقع أنها ستتكماش بمقدور ٠,٠٥ إنش سماكة ونحو ٠,٤ إنش عرضاً عندما ستجفف إلى نقطة رطوبة EMC ١٥%. ويتناسب الانكماش مع كمية الماء المزالة من الجدران الخلوية وهذا يعني أن الأنواع ذات الكثافة العالية تنكمش أكثر بنسبة التغير في رطوبتها مقارنة بالأنواع ذات الكثافة المنخفضة فعلى سبيل المثال يحوي الصنوبر السكري على ٠,٣٤ غ مادة خشبية/سم^٣ بينما يحتوي ٣سم^٣ من الصنوبر طويل الأوراق على ٠,٥٤ غ مادة جافة فلو فقد كل منهما رطوبة ١٠% فيكون فقد الصنوبر السكري ٠,٣٤ غ ماء / سم^٣ بينما سيفقد الصنوبر ذو الأوراق الطويلة ٠,٥٤ غ ماء / سم^٣ ويكون الانكماش العادي لخشب الصنوبر السكري عند تجفيفه بالفرن ٧,٩% بينما ينكمش الصنوبر ذو الأوراق الطويلة ١٢,٢% وقد تنكمش الأخشاب ذات الكثافة القليلة بنسبة أكبر من الأخشاب عالية الكثافة (تأثير الكثافة على الانكماش) بسبب وجود المستخلصات Extractives حيث تعمل على تخفيض نقطة تشبع الألياف وتملأ الجدار الخلوي وبسببها يكون خشب القلب لبعض الأنواع أكثر ثباتاً من حيث الأبعاد مقارنة مع خشب العصارى. فمثلاً يبلغ الانكماش الحجمي لخشب الجوز ١٢,٥% ، بينما يصل في الحور إلى ١٣,٩% حيث يحوي الأول على ٠,٥٥ غ خشب/سم^٣ والثاني ٠,٤ غ خشب/سم^٣ على التوالي. وتكون العلاقة بين الانكماش ونسبة الرطوبة المفقودة خطية أو شبه خطية ويوضح ذلك الشكلان رقم ٩ و ١٠.



شكل رقم (٩) : العلاقة بين المحتوى الرطوبي للخشب والانكماش



شكل رقم (١٠) : تقدير الانكماش الممسي والشعاعي (القطري) والتغير في الحجم لكشيب الصنوبر لدى تجفيف الخشب الأخضر.

٧-التغير في الأبعاد وعوامل البيئة

Dimensional changes, environmental Conditions

تتغير أبعاد الخشب ومنتجاته بتغير نسبة الرطوبة كما أشرنا سابقاً ويكون التغير كبيراً في أبعاد الخشب بزيادة مدى للتغير الرطوبي ويقل بصغره وأما التغير قصير الأمد (ساعات أو أيام) فقد لا يؤثر في تغير أبعاد الخشب بسبب عدم مقدرة الخشب على مواكبة هذه التغيرات السريعة والوصول إلى نقطة التوازن الرطوبي الجديدة، إلا أنه عموماً تحدث تغيرات في أبعاد الخشب تبعاً لنسبة الرطوبة. ويجب أخذ الحيطة في ذلك، هذا وتختلف التغيرات في الأبعاد حسب طبيعة المنتجات حيث يختلف تمدد الخشب المنشور مثلاً وتقلصه في الأبعاد عن

الرقائق الخشبية والأواح الخشب المطبق وغيرها حيث تكون صغيرة جداً في الأخيرة وعموماً ينصح بترك فواصل صغيرة للتمدد بين العوارض أو الألواح الخشبية المجففة لتتوسع عند امتصاصها الرطوبة الجوية. هذا ويمكن الحد أو الإقلال من التغير في أبعاد المنتجات الخشبية بعدة طرق ووسائل عبر ما يلي:

١- منع الخشب من امتصاص الرطوبة وذلك بعزله بطلاء (دهان، ورنيش، زيوت) هذا ولا يمكن بهذه الوسائل منع بخار الماء من الوصول أو الهروب من الخشب بل يقلل من معدل تسربه.

٢- منع التغير في الأبعاد ميكانيكياً عبر حصر الأواح وهنا يتولد ضغط داخلي ضمن الخشب في حال منعه من التمدد الأمر الذي يؤدي إلى تشوه في شكله فعلى سبيل المثال ينتفخ الخشب المطبق عند وضعه دون فواصل تمدد.

٣- معاملة الخشب بمواد تربط جزيئات الماء الموجودة في الجدران الخلوية حيث يعامل الخشب بهذه المواد عندما يكون أخضر، إذ تبقى هذه المواد في الجدران الخلوية عند تطاير الماء بتجفاف الخشب ويزاوح مقدار الخفض في انكماش الخشب نتيجة معاملته بهذه المواد من ٣٠-٩٠% وتزيد هذه المواد من وزن الخشب بمعدل ٣٥% وهذه المواد قد تؤثر في عمليات طلاء وإنهاء الخشب، ومن هذه المواد صمغ الفينول فورم ألدهيد حيث تتشرب في الجدران الخلوية وأيضاً البولي إيثيلين غليكول (PEG) ويعامل الخشب بتغطيسه في هذه المواد (خشب مقابض الأسلحة الفردية).

٤- معاملة الخشب لإعطاء ربط متبادل لزمر الهيدروكسيل في الجدران الخلوية وتهدف هذه العملية إلى تقليل هينروسكوبية الخشب بتقليلها مواقع الربط المائي في الجدران الخلوية وتستعمل على نطاق تجريبي.

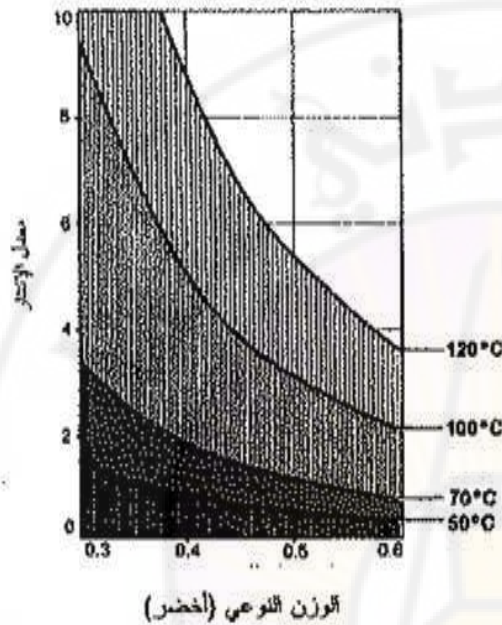
٥- تشريب الخشب بمواد بلاستيكية مثل ميثيل الميتاكريليت وكرونتريت السيترين حيث تساعد في ثبات الخشب وزيادة مقاومته للماء (مقابض السكاكين).

٨- حركة الماء خلال عملية تجفيف الخشب

Moisture movement during the drying process

يتحرك الماء ضمن الخشب أثناء تجفيفه بحركة جماعية Mass movement أو بالانتشار لمختلف جزيئاته Diffusion ويشمل الانتشار تحرك الماء الموجود ضمن الخلايا وفي جدرانها من الأماكن الأكثر تركيزاً (الأكثر وفرة به) إلى الأقل ولا بد من وجود فرق في

ضيقه بين الأماكن التي ينتثر منها وإليها وتتعلق درجة الانتثار هذه بدرجة الحرارة والفرق في الجهد الرطوبي Moisture gradient عبر الخلايا وصفات النوع من حيث مساميته أو نفوذيته للغازات والسوائل ويعبر عن معدل الانتثار بمعامل انتشار النوع Diffusion coefficient ويحدث الانتثار عبر الخلايا تحت نقطة تشبع الألياف حيث تكون جدران الخلايا مشبعة فوق تلك النقطة ، ولا يوجد جهد أو فرق رطوبي لحدوث الانتثار ، ويتحرك الماء الحر فوق تلك النقطة عند تجفيف الخشب وذلك عبر سطوحه وقوى الشد الشعري ويتعلق معدل تجفيف الخشب بالانتثار الذي يتعلق بالتبخر من سطح الخشب وبمعدل الانتثار للنوع نفسه. يؤثر بناء الخشب في بعض الأنواع على حركة الماء المسائل ضمنه وتسمى الأخشاب التي ينفذ الماء فيها بصعوبة بالأخشاب غير النفاذة Impermeable حيث تتسم بوجود التملوزات والتغور المضغوطة (المطبقة) Aspirated pits ومدى وجود المستخلصات أو تراكمها في جدر التغور وتكون حركة الماء في مثل هذه الأخشاب بالانتثار أساساً ، ويكون بذلك تجفيفها بطيئاً ومن أمثلة هذه الأخشاب خشب القلب في السيكويا والجوز ، ويكون خشب المحيط في جميع الأنواع منفذاً ويحتوي خشب بعض الأنواع على مناطق محلية غير منفذة لاحتوائها على بقع رطبة حتى بعد تجفيفها الأمر الذي يؤدي إلى تشوهاها إذا لم تتخذ الاحتياطات المناسبة أثناء تجفيفها. ويبين الشكل رقم (١١) زيادة معدل الانتثار بزيادة درجة الحرارة إذ يبين الشكل زيادة مقدارها عشرة أضعاف لمعدل الانتثار عند ارتفاع درجة الحرارة من ٥٠ إلى ١٢٠ مئوية ، كما يلاحظ تأثير الانتثار بالوزن النوعي للخشب عند درجات الحرارة العالية مقارنة بالمخفضة. ويعمد أحياناً إلى معالجة الأخشاب بغير المتفذة بمعاملات تزيد من معدل نفاذيتها فقد وجد أن تجميد أخشاب السيكويا قبل تجفيفها يزيد من معدل سرعة التجفيف وكذلك معاملة الأخشاب بمواد هيغروسكوبية كالبوريا وكلور الصوديوم وكلور الكالسيوم يغير من التوازن الرطوبي ويزيد من سرعة تجفيفها إلا أن استعمال هذه المواد يخلق مشاكل هيغروسكوبية عند استعمال الخشب أيضاً.



شكل رقم (١١) :
زيادة معدل الانتشار بزيادة درجة الحرارة

٩- طرق تجفيف الخشب والمنتجات الخشبية الصلبة

Methods of drying lumber and other solid wood products

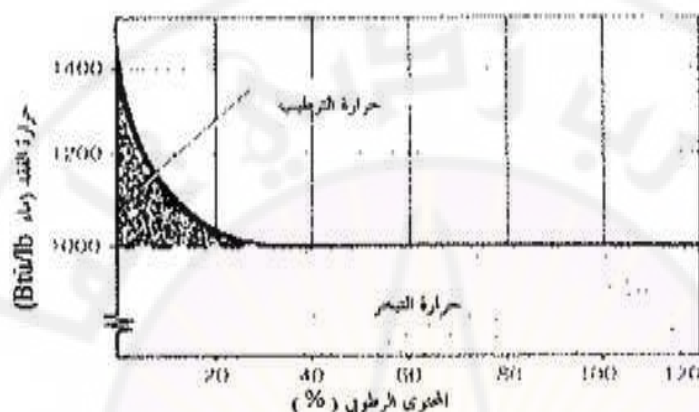
يجفف الخشب عموماً بالفرن للتجفيف Dry kiln حيث يتحكم منسحبها بالحرارة والرطوبة وحركة الهواء وتوزيعه ويعمل الفرن لدرجات حرارة حتى مائة مئوية ، كما يوجد أفران تعمل بدرجات حرارة أعلى وتوفر سرعة في التجفيف ويسخن الفرن بالغاز أو الوقود أو عبر أنابيب تسخين (شوفاج) ولا بد من التحكم في درجة الحرارة والرطوبة بشكل متوازن عند تجفيف الخشب حيث يبدأ بدرجات حرارة معتدلة نسبياً للخشب الأخضر ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً وذلك حسب جداول تعرف بجداول أفران التجفيف ومثال على ذلك الجدول رقم (٤) الخاص بتجفيف خشب الباسود وخشب البلوط الأبيض.

جدول رقم (٤):

الشروط الخاصة بتجفيف خشب الباسود Basswood والبلاوط الأبيض بسعانة ٢,٥ سم

خشب الباسود Basswood			خشب البلاك الأبيض White oak		
رطوبة الخشب (%)	حرارة الفرن (م)	رطوبة الفرن (%)	رطوبة الخشب (%)	حرارة الفرن (م)	رطوبة الفرن (%)
فوق ٦٠	٧١	٥٨	-	-	-
٦٠	٧١	٤٣	-	-	-
٥٠	٧١	٣١	-	-	-
٤٠	٧١	٢١	فوق ٤٠	٤٣	٨٧
٤٠	٧١	٢١	٤٠	٤٣	٨٤
٣٥	٧١	٢١	٣٥	٤٣	٧٥
٣٠	٧٧	٢٤	٣٠	٤٩	٦٢
٢٥	٧٧	٢٤	٢٥	٥٤	٣٥
٢٠	٨٢	٢٦	٢٠	٦٠	٢٥
١٥	٨٢	٢٦	١٥	٨٢	٢٦

أحياناً يجفف الخشب هوائياً تمهيداً لتجفيفه بالفرن وقد يجفف الخشب بشكل كامل هوائياً خاصة عندما تسمح الظروف ، وبعد ذلك أساساً في المناطق الجافة وشبه الجافة وتستمر عملية التجفيف من شهر في الأنواع سهلة التجفيف إلى سنة في الأنواع صعبة التجفيف. ويبين الشكل رقم (١٢) كمية الطاقة اللازمة لتبخير الماء من الخشب وتجفيفه.



شكل رقم (١٢) : كمية الطاقة اللازمة لتبخير الماء من الخشب وتجفيفه

وتستعمل حالياً في أوروبا والولايات المتحدة أفران تجفيف بإزالة الرطوبة Dehumidification drying حيث تزال رطوبة الخشب بتراكمها على قسطنطين مبردة ملفوفة Coil ويستعمل التجفيف بالتبريد لتجفيف خشب عريضات الأوراق إلا أنه بطيء مقارنة بالأفران العادية ، كما ويستعمل العديد من الطرق على نطاق الأبحاث كتقطيس الخشب في محاليل عضوية مسخنة كزيت الفول حيث ترتفع حرارة الخشب لأكثر من مائة مئوية مما يطرد معه الماء كما يستعمل أيضاً التجفيف البخاري حيث يوضع الخشب المراد تجفيفه في حجرة مغلقة Chamber ويطبخ سائل عضوي بدرجة غليان أعلى من مائة مئوية فيتكاثف السائل على سطح الخشب ويسخنه فيتبخر الماء من الخشب ثم يفصل بخار الماء عن السائل العضوي بطرق الفصل المختلفة. وهناك طرق أخرى كالضغط بين صفيحتين معدنيتين Press drying خاصة لألواح المعاكس والخشب المضغوط حيث تستعمل هذه الطريقة مع زيادة كثافة الخشب حيث تكبس القطع الخشبية المراد تجفيفها تحت ضغط عالٍ كما يضاف لها مواد لاصقة لزيادة ثباتها.

١٠- تجفيف الرقائق الخشبية و النشارة الخشبية والألياف الخشبية

Drying of veneer, particles, and fiber

يختلف تجفيف الرقائق الخشبية عن ألواح الخشب المنشور Lumber من حيث نحافة الرقائق وسهولة تجفيفها حيث تجفف الرقائق الخشبية بتمريرها في فرن بحرارة مقدارها ١٥٠-٢٥٠ درجة مئوية أو عبر اسطوانات مجففة ومعظم الأفران الحديثة تستعمل التجفيف النفث Jet drying حيث يدفع تيار هوائي ساخن بسرعة ٢٠٠٠-٤٠٠٠ قدم بالدقيقة بصورة عمودية على سطوح الرقائق حيث يبعثر الطبقة المجاورة من الهواء Boundary layer ويسرع من عملية التجفيف. تجفف النشارة الخشبية و الألياف الخشبية في أفران ذات اسطوانات مجففة أو أفران ذات أنابيب مجففة تعطي حرارة من ٢٦٠-٨٧٠ درجة مئوية.

ب-الوزن النوعي و الكثافة Specific gravity and density

بعد الوزن النوعي من أهم الصفات الفيزيائية للخشب حيث تتعلق معظم الصفات الميكانيكية للخشب بالكثافة والوزن النوعي ، فمتانة الخشب وقوته تزداد بزيادة وزنه النوعي وكذلك يزداد الناتج من عجينة الورق وكمية الحرارة المتولدة من الخشب ونقله الحراري بزيادة الوزن النوعي كذلك انكماش الخشب وانتفاخه يتعلقان بالوزن النوعي ويمكن معرفة الكثير عن الخشب من حيث جودته بمعرفة وزنه النوعي.

وتتعلق كثافة الخشب بمساميته Porosity أو بنسبة الفراغات الموجودة فيه وتحدد عموماً الصفات الفيزيائية للخشب بثلاثة عوامل وهي: نسبة الفراغات الموجودة فيه أو مساميته ، وترتيب تركيب الخلية (التركيب أو البناء الميكروي لجدرانها ، ونسبة أنواع الخلايا المختلفة فيه) وهي صفة نوعية وأخيراً بالمحتوى الرطوبي للخشب.

يدل مفهوم الكثافة والوزن النوعي على وزن المادة في وحدة الحجم وكثافة الخشب هي وزن قطعة خشبية منه في وحدة الحجم معبراً عنها باغ /سم^٣ أو كغ/م^٣ ويعبر عنه

بالوزن النوعي للخشب بالنسبة بين كثافته وكثافة الماء النقي ، وتقدر الكثافة والوزن النوعي على أساس رطوبة معينة أو على أساس الوزن الجاف بعد التجفيف بالفرن في الأخشاب الصلبة ، بينما يقدران دون اعتبار لها في ألواح القطع الخشبية المفرومة Particleboard. ولذلك يلصق دائماً عند إعطاء كثافة قطعة خشبية ما ذكر نسبة الرطوبة أثناء تقدير الكثافة. هل هي مقدرة على أساس الوزن الأخضر والحجم الأخضر أم الوزن الجاف والحجم الأخضر أو الوزن والحجم بمحتوى رطوبي معين. وللتخلص من هذه المشاكل يستعمل مفهوم الوزن النوعي دائماً لأنه يقدر على أساس الوزن الجاف دائماً ويعرف الوزن النوعي على أنه كثافة الخشب مقدرة على أساس الوزن الجاف والحجم بدرجة رطوبة معينة إلى كثافة الماء بدرجة ٤ مئوية. حيث إنه من المعلوم أن كثافة الماء تعادل ١ غ/سم^٣ أو ١٠٠٠ كغ/م^٣ وبذلك فإن خشب ما كثافته ٠,٥ تعني ٥٠٠ غ/سم^٣ أو ٥٠٠ كغ/م^٣ وعلى اعتبار أن كثافة الخشب تساوي ١ فالوزن النوعي للخشب هو حاصل قسمة كثافته على واحد وبالتالي فالكثافة (D) والوزن النوعي (SG) للخشب يعد واحداً. هذا وليس للوزن النوعي وحدة.

$$\text{الكثافة (D)} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الحجم}} , \quad \frac{\text{الوزن النوعي}}{\text{كثافة الماء}} = \frac{\text{الوزن الجاف/الحجم}}{\text{كثافة الماء}}$$

والأمثلة التالية توضح الاختلافات بين الكثافة والوزن النوعي مفاهيمياً.

مثال : لديك عينة خشبية وزنها الأخضر ١,٨ كغ وحجمها الأخضر ٠,٠٠٢٢٠ م^٣ كما أن وزنها وحجمها على نسبة رطوبة ١٢% على التوالي ١,١٢ كغ و ٠,٠٠٢٠٩ م^٣ وبعد تجفيفها فرناً كان حجمها ٠,٠٠٢٠٠ م^٣ في حين بلغ وزنها ١ كغ والمطلوب أحسب:

$$\text{الكثافة (D)} = \frac{\text{الوزن الجاف}}{\text{الحجم الأخضر}} = \frac{١ \text{ كغ}}{٠,٠٠٢٢٠ \text{ م}^٣} = ٤٥٤ \text{ كغ/م}^٣$$

$$\text{الكثافة (D)} = \frac{\text{الوزن الأخضر}}{\text{الحجم الأخضر}} = \frac{١,٨ \text{ كغ}}{٠,٠٠٢٢٠ \text{ م}^٣} = ٨١٨ \text{ كغ/م}^٣$$

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الأخضر}} = \frac{١ \text{ كغ}}{١,١٢ \text{ كغ}} = ٠,٨٩٣$$

الحجم (١٢%)

٣٠,٠٠٢.٩

$$\frac{1}{1,000} \times 30,002.9 = 0.0300029 \approx 0.03$$

الوزن النوعي (SG) (خضراء)

$$\frac{1}{1,000} \times 30,002.9 = 0.0300029 \approx 0.03$$

الوزن النوعي (١٢%)

$$\frac{1}{1,000} \times 30,002.0 = 0.0300020 \approx 0.03$$

الوزن النوعي الجاف

— لاحظ استعمال الوزن الجاف في مخرج جميع حسابات الوزن النوعي.

١- تأثير المحتوى الرطوبي Effect of moisture content

يزداد الوزن النوعي للخشب بنقصان المحتوى الرطوبي فيه دون نقطة تشبع الألياف ويعود ذلك إلى بقاء الوزن الجاف ثابتاً بينما يتناقص الحجم خلال التجفيف. ويزداد الفارق بين الوزن النوعي الجاف والأخضر بزيادة انكماش الخشب ويوضح ذلك المثال التالي: تزن عينة آ وزناً أخضر ٨٠٠ غ وحجماً ١٠٠٠ سم^٣ وعند تجفيفها يصبح وزنها ٥٠٠ غ وتسنكش نحو ١٢% حجماً عند تجفيفها فرناً حيث يصبح حجمها حوالي ٨٨٠ سم^٣ وبالتالي يكون وزنها النوعي.

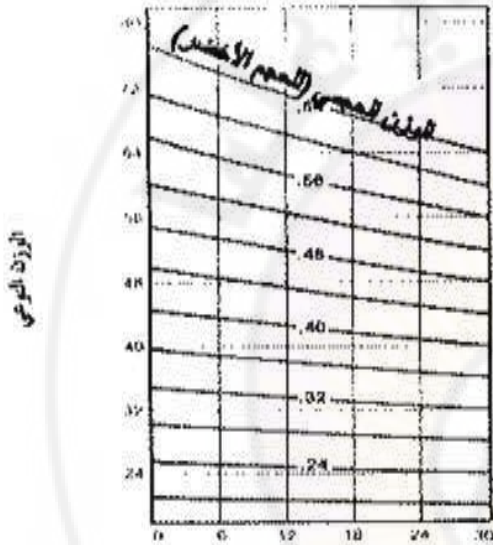
$$\text{الأخضر} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

$$\text{والجاف} = \frac{500}{880} = 0.57$$

ولنفرض أن عينة ب لها نفس الوزن والحجم إلا أن انكماشها نحو ٦% وبالتالي يكون حجمها الجاف وزناً ٩٤٠ سم^٣ وهنا يكون وزنها النوعي.

$$\text{والجاف} = \frac{500}{940} = 0,53$$

$$\text{الأخضر} = \frac{500}{1000} = 0,5$$



المحتوى الرطوبي (%)

ويلاحظ هنا على الرغم من تساوي الوزن النوعي الأخضر لكلا العينتين يختلف عند التجفيف بنحو 0,04 وبوضح الشكل رقم (١٣) العلاقة النموذجية بين الوزن النوعي والمحتوى الرطوبي إذ يمكن بواسطته تحويل الوزن النوعي الأخضر إلى جاف على أي مستوى رطوبي.

شكل رقم (١٣): العلاقة النموذجية بين الوزن النوعي للخشب ومحتواه الرطوبي (USFPL, ١٩٧٤).

ويمكن حساب الوزن النوعي إذا علم الانكماش الحجمي لعينة خشبية ما من خلال

العلاقة:

$$\text{الوزن النوعي (درجة رطوبة معينة)} = \frac{\text{الوزن النوعي للجاف}}{\% \text{ الانكماش الحجمي للوصول إلى درجة الرطوبة للمعينة}} \times 100$$

هذا ويحسب الوزن النوعي أخضر في الولايات المتحدة لتقدير وزن شحن الجذوع وعجينة الورق وتقدير غلة العجينة.

٢- كثافة الجدار الخلوي ومساميته Cell wall density and porosity:

يوجد علاقة مباشرة بين مسامية الخشب وكثافته لأن كثافة مواد الخشب الجافة واحدة لجميع الأنواع. ويمكن حساب مسامية الخشب أو حجم فراغاته بالعلاقة التقريبية:

$$\text{نسبة الفراغات حجماً} = (1 - \frac{\text{الوزن النوعي الجاف}}{1.5}) \times 100$$

حيث إن كثافة الجدر الخلوية عامة نحو ١.٥ غ/سم^٣ وبالتالي يكون وزنها النوعي ١.٥ ومن الجدير ذكره أن معظم الدراسات تقدر الوزن النوعي للجيدر الخلوية بسين ١.٤٥ = ١.٥٤.

٣- حسابات الوزن والطفو Calculation of weight and buoyancy:

من السهل حساب وزن المنتجات الخشبية إذا عرف مجتوئها الرطوبي ووزنها النوعي حسب القانون أو العلاقة:

$$\text{الوزن} = \text{الحجم} \times \text{الوزن النوعي} \times \text{كثافة الماء} \times (1 + \frac{\text{نسبة الرطوبة}}{100})$$

فلو كان لدينا ١٠ م^٣ من خشب الزان شحنت بمحتوى رطوبي ٤٠% ومن المعروف أن الوزن النوعي الأخضر للعينة ٠.٤٣، فما هو وزن العينة.
الوزن = ١٠ م^٣ × ٠.٤٣ × ١٠٠٠ كغ/م^٣ × ١.٤ = ٦٠٢٠ كغ
ولو كان لدينا عينة جافة من الدردار الأبيض ذات وزن نوعي جاف ٠.٦ ووزن نوعي أخضر ٠.٥٥، فما هي نسبة الخشب المشكل من الجدران الخلوية بالنسبة لحجم العينة الكلي

$$\text{نسبة المواد الخشبية من الحجم} = \frac{0.6}{1.5} = 40\%$$

ما هو وزن ١ م^٣ منه بمحتوى رطوبي ٣٨%.
الوزن = ١ م^٣ × ٠.٥٥ × ١٠٠٠ كغ/م^٣ × ١.٣٨ = ٧٥٩ كغ
ما هو المحتوى الرطوبي للخشب فيما لو اشبع بالماء تماماً

$$\text{نسبة الفراغات} = 100 - 100 \times \left(\frac{1,55}{1,63} \right) = 63\%$$

نسبة الفراغات/سم³ = 1,63/سم³ ويكون وزن الماء الموجود = 1 غ/سم³ × 1,63 = 1,63 غ.
والوزن للجاف/سم³ = 1,55 = 1 × 1,55 غ/سم³ = 1,55 غ.

$$\text{والرطوبة المشبعة} = \frac{1,63}{1,55} = 115\%$$

ما هي نسبة الرطوبة التي تطفو عندها العينة إذا علمت أن وزن الخشب الجاف = 1,55 غ/سم³.

والوزن القابل للطفو/سم³ = 1 غ/سم³ ويكون بذلك وزن الطفو 1 - 1,55 غ/سم³ = 0,45 غ =

$$\text{نسبة الرطوبة} = \frac{0,45}{1,55} = 82\%$$

٤- أثر المواد المستخلصة والمواد اللاعضوية في الوزن النوعي

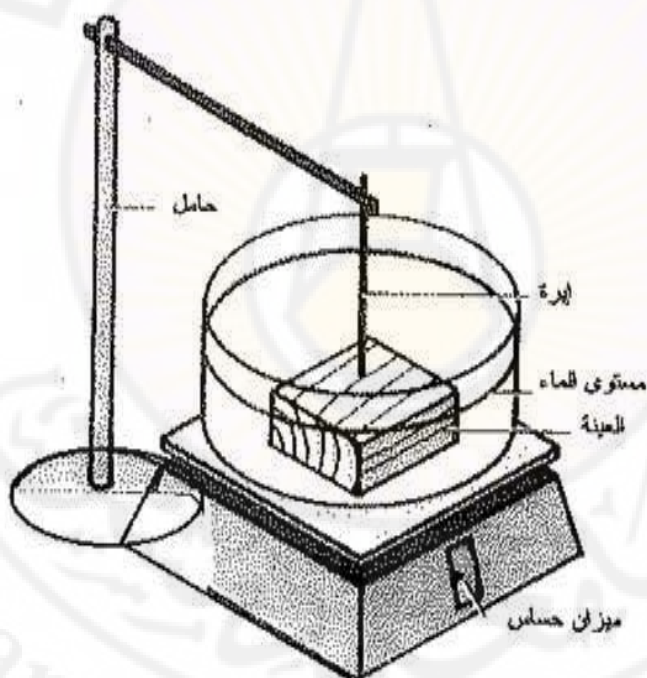
Effect of extractives and inorganic materials on specific gravity:

يحتوي الخشب على مواد مختلفة من الصباغات والمواد الكيميائية الأخرى كالترينتين والريزن ومتعددات الفينول كالتانينات والسكريات والزيوت إضافة إلى المواد اللاعضوية كالميليكات والكربونات والفوسفات وتوجد هذه المواد في معظمها في الجدر الخلوية حيث توضع أثناء تطور هذه الجدر ونموها وتشكل الخشب المسممي حيث تكثر فيه مقارنة مع الخشب العصاري وتختلف نسب هذه المواد في الخشب من 3- أكثر من 30% وزناً جافاً وبؤثر وجود هذه المواد في كثافة الخشب ويفضل في الأبحاث تقدير كثافة الخشب دون هذه المواد (أي بعد استخلاصها) وعند إزالة هذه المواد يصبح وزن العينة أقل وتنعكس أكثر بسبب إزالة هذه المواد الحشوية.

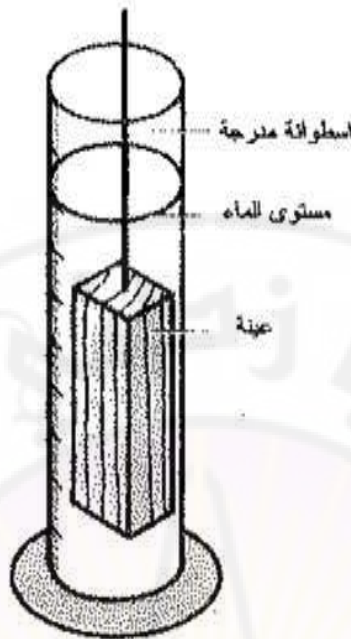
٥- طرق تقدير الوزن النوعي Methods of determining specific gravity:

من الضروري معرفة حجم القطعة الخشبية ومستوى رطوبتها ووزنها الجاف لتقدير وزنها النوعي. ويعرف الوزن الجاف ونسبة الرطوبة بتجفيف العينة بالفرن ويفضل تقدير نسبة الرطوبة بطريقة تقطير الخشب أي تعابير بخار الماء وتكثيفه، ذلك للإقلال من أثر المواد المستخلصة التي يمكن أن تتطاير وتساهم في تضخم نسبة

الرطوبة. ويمكن تقدير حجم العينة بعدة طرق كقياسها كمياً في حال كونها ذات شكل منتظم وحساب حجمها (مستطيل، هرم...) ويمكن بغمس العينة في محلول ما حيث يقدر حجمها بحجم السائل المزاح ويوضح ذلك الشكل رقم (١٤) حيث يبدو ميزان لقياس الوزن المزاح وتحول هذه القيمة إلى حجم من معرفة كثافة السائل وتبدو هذه الطريقة لائماً بها في حال كون العينة خضراء إذ تمتص القليل جداً من الماء ويجب طلاء العينة بشمع أو بارافين في حال كونها جافة للحد من تشربها للماء، أو استعمال سائل معدني كالزئبق. والطريقة الثالثة في تقدير الحجم استعمال اسطوانة مدرجة كما في الشكل (١٥) حيث يكون حجم العينة هو الفرق في مستوى السائل قبل غمسها وبعده.



شكل رقم (١٤): تقدير حجم العينة الخشبية بوزن الماء المزاح جراء غمس العينة بالماء.



شكل رقم (١٥): تقدير حجم العينة من خلال الفرق في مستوى السائل قبل شمس العينة فيه وبعده.

٦- العلاقة بين الكثافة ومعدل النمو : Relationship of density to rate of growth

من المعروف أن الكثافة تقل بزيادة وتيرة النمو إلا أن ذلك ليس قاعدة عامة إذ إن ذلك يعتمد على النوع ومدى معدل النمو ، وهناك عوامل أخرى مرتبطة بالكثافة أكثر من معدل النمو كعمر الشجرة وموقع الخشب ضمن الشجرة إلا أنه لسهولة تقدير معدل النمو فغالباً ما يستعمل دليلاً لكثافة الخشب وتخضع العلاقة بين الكثافة ومعدل النمو للنماذج التالية:

- ١ - تزداد الكثافة بازدياد معدل النمو في الأنواع ذات الأخشاب حزمية الأوعية.
 - ٢ - تنقص الكثافة بزيادة معدل النمو قليلاً في المخروطيات خاصة تلك ذات الخشب النهائي المساند وهذه العلاقة طفيفة وغالباً لا توجد في بعض الأنواع.
 - ٣ - لا يوجد علاقة قوية مباشرة بين الكثافة ومعدل النمو في الأنواع ملتشرة الأوعية والمخروطيات ذات الخشب النهائي غير الواضح أو المساند.
- وتعد هذه الأنماط صحيحة في الأنواع ذات معدلات النمو العادية ولا يخضع لهذه القواعد الأنواع بطيئة النمو أو سريعة ، والخشب اليافع وخشب رد الفعل ومن المفصل

استعمال القواعد الثلاثة السابقة بحذر. وعند ضرورة ربط معدل النمو بالكثافة لنوع ما لابد من دراسة النوع وشروط نموه بدقة لتحديد نوعية العلاقة بدقة.

وعالماً ما تحدد كثافة منتج خشبي ما ومتانته من خلال معدل نموه وذلك بملاحظة عدد حلقات نموه في السنمتر الواحد حيث تزداد الكثافة بقلّة عدد الحلقات في وحدة الطول وبالتالي تكون متانة الخشب عالية كما في حال خشب الدردار مثلاً حيث لا بعد مقبولاً عدد من حلقات النمو يتجاوز ١١ حلقة في السنمتر الواحد في صنع مقابض المعاول والفسوس وغيرها. وعادة ما تعد المخروطيات ذات كثافة عالية إذا كان متوسط عدد حلقات نموها يناهز ٢ أو ينوفها من حلقات النمو في السنمتر الواحد وإذا احتوت على ثلثها أو أكثر خشباً نهائياً.

٧- الاختلافات في كثافة الخشب : Variability in wood density

تختلف كثافة الخشب باختلاف موقعه في الشجرة وموقعه ضمن الانتشار الطبيعي للنوع وبظروف الموقع وبموامل وراثية وبشكل عام تتراوح الاختلافات بين كثافات النوع الواحد تبعاً لهذه الظروف بنحو ١٠%. ويتباين الوزن النوعي من نوع إلى آخر فعلى سبيل المثال يبلغ الوزن النوعي للشوح الأبيض ٠,٣٥ وللحور الأسود ٠,٣٢.

٨- مصادر الاختلاف في الوزن النوعي:

Sources of variation in specific gravity:

تؤثر في الوزن النوعي العديد من العوامل كموامل الموقع والمناخ والموقع الجغرافي والأنواع نفسها. ومن الصعب فصل تأثير كل عامل على حدة لتداخل هذه العوامل مع بعضها بعضاً وتؤثر عوامل الرطوبة ووفرة الضوء والعناصر الغذائية والرياح ودرجة الحرارة في الوزن النوعي، ويتحكم في العوامل السابقة هذه عناصر الارتفاع عن سطح البحر والمعرض والانحدار وخط العرض ونموذج التربة وتركيب المجموعة الحرجية ومسافاتنا حيث تؤثر كل هذه العوامل في حجم الجدران الخلوية وسماعتها وبالتالي الكثافة وتختلف أيضاً استجابة الأنواع لهذه العوامل.

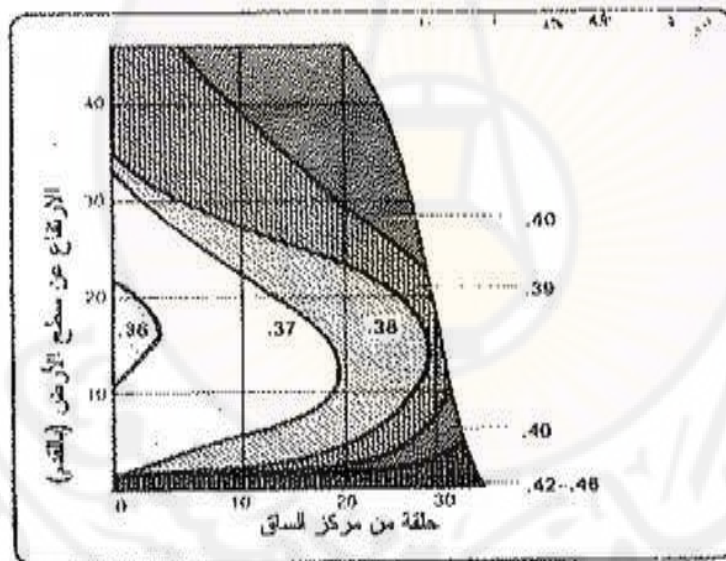
وبشكل عام تختلف الكثافة كثيراً ضمن الشجرة الواحدة ويوضح ذلك الشكل رقم (١٦) حيث يلاحظ اختلاف الوزن النوعي في عرض الساق وارتفاعه. كما تكون الكثافة أعلى في أسفل الساق عن أعلاه في معظم الأنواع، و تتناقص الكثافة في المخروطيات بالارتفاع مع ساق الشجرة وتزداد بالابتعاد عن مركز الساق حتى تأخذ قيمة ثابتة في محيطه.

٩- الخشب اليافع و خشب رد الفعل Juvenile wood, reaction wood:

تكون كثافة الخشب اليافع أقل من كثافة الخشب الناضج وبالتالي تكون قوة الأول ومثاليته أقل من الآخر. ويكون الوزن النوعي للخشب المضغوط عادة أعلى من الخشب العادي حتى نسبة ٤٠% وكذلك الخشب المشدود.

١٠- كثافة المنتجات الغابية (الخشبية) Density of forest products:

تختلف كثافة الرقائق الخشبية والقطع المفرومة ومنتجات الألياف عن كثافة الخشب الصلب بسبب وزن المواد اللاصقة والمواد المضافة ومدى ضغط هذه المواد خلال عملية تصنيعها، وتكون ألواح المعاكس أعلى في كثافتها من الخشب المصنعة منه بمعدل من ٥ - ١٥% ومن الجدير ذكره أن قوة الضغط خلال تصنيع الألواح تهدف إلى توفير لصق جيد بين الرقائق وليس إلى زيادة كثافتها. وتصنع الألواح الخشبية من الخشب المفروم بكثافة من ١,٦-١,٢ أعلى من كثافة الخشب المستعمل فيها. وتختلف منتجات الألياف في كثافتها أيضاً.



شكل رقم (١٦): اختلاف الوزن النوعي في عرض الساق وارتفاعه. (Koch et al., ١٩٦٨).

II- دراسة أهم الخصائص الفيزيائية للخشب والمادة الخشبية المصنعة

١- تقدير الرطوبة حسب العيار الأوروبي (EN: ٣٢٢): Measuring moisture content

١ - ١ - مبدأ تقدير الرطوبة: تعتمد هذه الطريقة على مبدأ تقدير النسبة المئوية للفق الرطوبي لذي تجفيف العينات على درجة حرارة 103 ± 2 مئوية حتى ثبات الوزن (عادة أكثر من ١٨ ساعة). والمقصود بثبات الوزن ألا يكون الفرق بين وزنتين متتاليتين كل ٢ ساعة أكثر من ٠,٠٠٢ غ.

١ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: ميزان حساس يقيس بدقة ٠,٠٠١ غ، مجففة هوائية يمكن ضبط حرارتها على درجة 103 ± 2 مئوية، وعاء زجاجي يحتوي على مادة سيليكات الصوديوم الماصة للرطوبة، (الإكسكاتور) وبضعة جفانات.

١ - ٣ - حجم العينات وشكلها: ليس هناك شكل معين مطلوب أو حجم معين ولكن يجب ألا يقل وزن العينات عن ٢٠ غ.

١ - ٤ - طريقة تنفيذ التجربة: توزن العينات قبل التجفيف وبعد التجفيف (بدقة ٠,٠٠١ غ) حيث توضع في الوعاء الزجاجي الذي يحوي على مادة السيليكات (الإكسكاتور) بعد التجفيف كي تبرد. وبعد ذلك تحسب نسبة الرطوبة من العلاقة التالية:

$$H(\%) = \frac{m_H - m_0}{m_0} \cdot 100$$

حيث إن: $H(\%)$ الرطوبة كنسبة مئوية.

m_H : وزن العينة الرطب (الخضراء) غ.

m_0 : وزن العينة بعد التجفيف غ.

ويتم عادة ملء الاستمارة الخاصة بتقدير الرطوبة (جدول رقم: ٥).

التطبيق العملي: قم بقياس الرطوبة لأحد الأنواع الخشبية.

جدول رقم (٥): استمارة تقدير الرطوبة (FN: ٣٢٢)

للتاريخ:	صاحب العينة:
للقائم بالعمل:	نوع العينة:
	ملاحظات:

رمز العينة	طبق بطري (غ)	لعينة الرطوبة (غ)	بدء للتجربة (الوقت + التاريخ)	طبق بطري+العينة للجافة (غ)	نهاية للتجربة (الوقت + التاريخ)	الرطوبة (%)	ملاحظات
A -							
B -							
A -							
B -							
A -							
B -							
A -							
B -							
A -							
B -							
A -							
B -							

٢ - تقدير امتصاص الخشب والمادة الخشبية المصنعة للماء حسب العيار

الأوروبي (EN: ٥٢٣٥١): Absorption

٢ - ١ - مبدأ تقدير امتصاص الخشب للماء: بحساب النسبة المئوية لوزن الماء الممتص بعد غمر العينات الخشبية بالماء لمدة ساعتين أو ٢٤ ساعة عادة ما تقاس هذه الخاصة للمادة الخشبية المصنعة (الخشب المضغوط والخشب الليفي المتوسط الكثافة (MDF)).

٢ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: حوض للنقع العينات، ميزان حساس بدقة ٠.٠٠١ غ.

٢ - ٣ - أبعاد العينات: ٥٥×٥٥ سم سماكة اللوح سم^٢ يسمح بارتفاع بالأبعاد بمقدار ± ١ مم.

٢ - ٤ - وضع العينات في ظروف تماثل تلك التي سيكون عليها الخشب عند استخدامه من حيث الحرارة والرطوبة حتى ثبات الوزن ، في أوروبا تستخدم درجة الحرارة ٢٠ ± ٢ مئوية ورطوبة ٦٥ ± ٥ % لمدة أسبوعين.

٢ - ٥ - طريقة تنفيذ التجربة: تؤخذ ١٢ عينة ترقم وتوزن بعد ذلك. يتم وضع العينات في المربعات المخصصة لها في حوض النقع ، بعد ذلك يتم وضع صفيحة معدنية مثقبة فوقها ، بعد ذلك يملأ حوض النقع بالماء بحيث يعلو الماء الصفيحة بمقدار لا يقل عن ٢,٥ سم وبعد ساعتين أو ٢٤ ساعة من النقع تسحب العينات من الماء ويصرف الماء الزائد وتوزن وبعد ذلك تحسب النسبة المئوية للماء الممتص من العلاقة التالية:

$$S(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \cdot 100$$

حيث إن: S% النسبة المئوية للماء الممتص.

W₁: وزن العينة قبل النقع غ.

W₂: وزن العينة بعد النقع غ.

ويتم عادة ملء الاستمارة الخاصة بتقدير امتصاص الماء (جدول رقم: ٦).

٣ - تقدير الانتفاخ (الانتفاخ) في سماكة اللوح الخشبي المصنع حسب العيار

الأوروبي (EN: ٣١٧) Swelling:

٣ - ١ - مبدأ تقدير الانتفاخ في سماكة الألواح الخشبية المصنعة (خشيب مضغوط أو خشب MDF): حساب النسبة المئوية للزيادة في سماكة العينات الخشبية بعد غمرها في الماء لمدة ساعتين أو ٢٤ ساعة.

٣ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة:

حوض لنقع العينات، ميكرومتر لقياس السماكة (بباكوليس).

٣ - ٣ - أبعاد العينات: ٥ × ٥ × سماكة اللوح سم^٣ يسمح بارتياح بالأبعاد بمقدار

± ١ مم.

٣ - ٤ - وضع العينات في ظروف تماثل تلك التي سيكون عليها الخشب عند

استخدامه من حيث الحرارة والرطوبة حتى ثبات الوزن.

٣ - ٥ - طريقة تنفيذ التجربة: تؤخذ ١٢ عينة ، ترقم وتُقاس سماكتها بوساطة

الميكرومتر ، بعد ذلك يتم وضعها في المربعات المخصصة لها في حوض النقع ، من ثم

توضع فوقها صفيحة معدنية مثقبة لمنع العينات من الطفو ، بعد ذلك يملأ الحوض بالماء

(حرارة الماء ٢٠ ± درجة مئوية ورقم حموضته PH: ٧ ± ١) بحيث يعلو الماء الصفيحة

بمقدار لا يقل عن ٢,٥ سم وبعد ساعتين أو ٢٤ ساعة من النقع تسحب العينات من الماء

ويصرف الماء الزائد منها ثم تقاس سماكتها بوساطة الميكرومتر وبعد ذلك تحسب النسبة

المئوية للانتفاخ في السماكة من العلاقة التالية:

$$G_t(\%) = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100$$

حيث إن % G_t النسبة المئوية للانتفاخ في السماكة.

l_1 - سماكة العينة قبل النقع مم.

l_2 - سماكة العينة بعد النقع.

و يتم عادة ملء الاستمارة الخاصة بتقدير الانتفاخ في السماكة (جدول رقم: ٧).

جدول رقم (٧): استمارة تقدير الانتاج في السمكة

التاريخ:	صاحب العينة:
القائم بالعمل:	نوع العينة:
	ملاحظات:

رقم العينة	الردوبة (%)	السمكة قبل النقع (مم)	السمكة بعد النقع ساعتين (مم)	السمكة بعد النقع ٢٤ ساعة (مم)	نسبة الانتاج في السمكة بعد ساعتين (%)	نسبة الانتاج في السمكة بعد ٢٤ ساعة (%)
١						
٢						
٣						
٤						
٥						
٦						
٧						
٨						
٩						
١٠						
المتوسط الحسابي						

٤ - تقدير الكثافة حسب العيار الأوروبي (EN: ٢٢٢) Density

٤ - ١ - مبدأ تقدير الكثافة: يعتمد على حامل قسمة وزن العينة الخشبية على حجمها عند درجة رطوبة معينة.

٤ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: ميكروميتر (بيكوليس) ميزان حماس يزين بدقة ٠,٠٠١ غ، أسطوانة معيارية مدرجة.

٤ - ٣ - أبعاد العينات: بالنسبة للخشب تحضر مكعبات خشبية بأبعاد ٥ × ٥ × ٥ سم^٣، أما بالنسبة للأخشاب المصنعة (الخشب المضغوط والخشب اللبني) فتحضر العينات بأبعاد ٥ × ٥ × ٥ سماكة اللوح سم^٣ (يؤخذ عادة ١٢ عينة).

٤ - ٤ - طريقة تنفيذ التجربة: يتم قياس أبعاد العينات بدقة متناهية للحصول على الحجم وذلك باستخدام مقياس الميكروميتر. كما يمكن قياس حجم العينات بطريقة أخرى وذلك عن طريق غمس العينة في أسطوانة مدرجة تحتوي على الماء؛ فإن مقدار الزيادة في حجم الماء يعبر عن حجم العينة. بعد ذلك يتم وزن هذه العينات بدقة، بعد ذلك يمكن حساب الكثافة من العلاقة التالية:

$$ru = \frac{m_u}{v_u} \text{ (غ/سم}^3\text{)}$$

حيث أن: ru : الكثافة بدرجة رطوبة %u.

m_u : وزن العينة بدرجة رطوبة %u.

v_u : حجم العينة بدرجة رطوبة %u.

كما يحسب عادة الوزن النوعي (Specific gravity) للخشب الذي هو عبارة عن كثافة الخشب مقدر على أساس الوزن الجاف والحجم بدرجة رطوبة معينة إلى كثافة الماء بدرجة ٤ مئوية والتي تعادل ١ غ/سم^٣ = ١٠٠٠ كغ/م^٣ ويحسب الوزن النوعي من العلاقة التالية:

$$\text{الوزن النوعي (SG)} = \frac{\text{الوزن الجاف}}{\text{الحجم}} \div \text{كثافة الماء (٤°C)}$$

مثال: لديك عينة خشبية وزنها الأخضر ١,٨ كغ وحجمها الأخضر ١,٠٠٢٢٠ م^٣ كما أن وزنها وحجمها على نسبة رطوبة ١٢%: ١,١٢ كغ و ١,٠٠٢٠٩ م^٣ على التوالي وبعد تجفيفها حتى ثبات الوزن بلغ حجمها ٠,١٠٢٠٠ م^٣ في حين بلغ وزنها ١ كغ والمطلوب:

١ - احسب الوزن النوعي للعينة الخضراء.

٢ - احسب الوزن النوعي للخشب برطوبة ١٢%.

٣ - احسب الوزن النوعي الجاف.

لاحظ أن الوزن النوعي للخشب يزداد بنقصان المحتوى الرطوبي فيه ويعود ذلك إلى بقاء الوزن الجاف ثابتاً ، بينما يتناقص الحجم خلال التجفيف.

هذا ومن السهل حساب وزن المنتجات الخشبية إذا عرف محتواها الرطوبي ووزنها النوعي حسب العلاقة التالية:

$$\text{الوزن} = \text{الحجم} \times \text{الوزن النوعي} \times \text{كثافة الماء (١٠٠٠ كغ/م}^3\text{)} \times \left(1 + \frac{\text{نسبة الرطوبة}}{100} \right)$$

مثال: لو كان لديك ١٠ م^٣ من خشب الزان شحنت بمحتوى رطوبي ٤٠% ومن المعروف أن الوزن النوعي الأخضر للعينة ٠,٤٣ ، فما هو وزن العينة ؟.



الجلسة العملية السادسة والسابعة:

الخصائص الميكانيكية للخشب والمادة الخشبية المصنعة

I- مدخل إلى الجلسة : الصفات الميكانيكية للخشب

Mechanical properties of wood :

يقصد بالصفات الميكانيكية للخشب قوته ومقاومته للتشوه وتعرف القوة Strength (المتانة) بمقدرة المادة على تحمل ضغط قوة أو حمل ما ويقاس مدى مقاومة الخشب للتشوه بمدى انضغاطه أو تشوّهه (تغير شكله) أو انحنائه عندما تطبق عليه قوة ما. ويعرف التشوه المرن (المرجع) بأنه التغير في الشكل تحت تأثير القوة مباشرة والعودة إلى الشكل الأساسي عند زوالها (Elastic deformation) بينما يسمى التشوه أو التغير في الشكل بسبطه وبتأثير الزمن عند تحميل قوة ما — Rheological أو الصفات المعتمدة على الزمن Time-dependent property.

وتعد الخواص الميكانيكية أهم خواص الخشب المراد استعماله في الأعمال الإنشائية كأعمدة الهاتف والكهرباء وسقوف المنازل وأرضياتها والأعمدة (الركائز) والأرضيات المصنوعة من اللاتية وغيرها. والسلام وصواري القوارب وصناعة المفروشات. ومن أهم الصفات الميكانيكية للخشب:

صفات المثانة (القوة) وتضم المقاومة للانحناء Bending strength والمقاومة للانضغاط على اتجاه التحجب (الموازي) المقاومة للانضغاط العمودي على اتجاه الحبيبات، المقاومة للشد الموازي للتحجب، المقاومة لجهد القص الموازي للحبيبات، الخشونة، المرونة Resilience، قساوة الجانب Side hardness المقاومة للشد العمودي على التحجب الحمولة القصوى ومن الصفات المرونية نمط المرونة Modulus of elasticity ونمط المرونة الموازي للحبيبات وفيما يلي شرح موجز لهذه التعابير.

— قوة الانحناء: وتقاس بمدى تحمل عمود Beam لحمل ما دون أن يلحنى.

— قوة الانضغاط الموازية للتحجب: وتقاس بمدى تحمل عمود خشبي قصير لحمل ما.

— قوة الانضغاط العمودية للتحجب: وهي هامة في تصميم الوصلات بين الأعمدة الخشبية في بناء ما.

... قوة الشد الموازي للتحجب: وتقاس بمدى تحمل قطعة خشبية بأبعاد معينة لقوى الشد المطبقة على طرفيها وبشكل مواز لاتجاه التحجب (اتجاه الألياف).

١- مفاهيم عامة في الجهد والإجهاد (القوة) والإلتواء Flexure, Strain, Stress:

الجهد (القوة) هو توزيع قوة ما بوحدة المساحة، ويحدث عندما يؤثر عنصر في آخر بممارسة قوة أو نقل حمل كحمل عمود لعمود معترض ويحدث الإجهاد ضمن الجسم ويسمى بالإجهاد الداخلي ويعبر عن الإجهاد بنيوتن/م^٢ ويتولد الإجهاد الداخلي في جسم ما عندما تطبق قوة خارجية على ذلك الجسم وهذه الاجهادات تشوه Distort أو Deform تغير شكل وحجمه ويعبر عن الإجهاد Strain بالتغير في الطول بوحدة الطول باتجاه قوة الإجهاد وهو رقم مجرد. ويوضح الشكل رقم (١) هذه التعابير فلو كان لدينا قطعة خشبية بعرض ٢×٢ أنش وطول ٦ أنش وطبقنا عليها قوة في الاتجاه الموازي للحيبيات قدرها ٨٠٠٠ باوند فيكون الجهد الداخلي Stress مساوياً لـ: $8000 \div 4 = 2000 \text{ psi}$ (باوند/أنش) بينما يكون الإجهاد Strain:

$$\frac{0.9928 - 6}{6} = 0.0012 \text{ أنش/أنش}$$

ويكون الإجهاد الكلي $0.0072 = 0.9928 - 6$

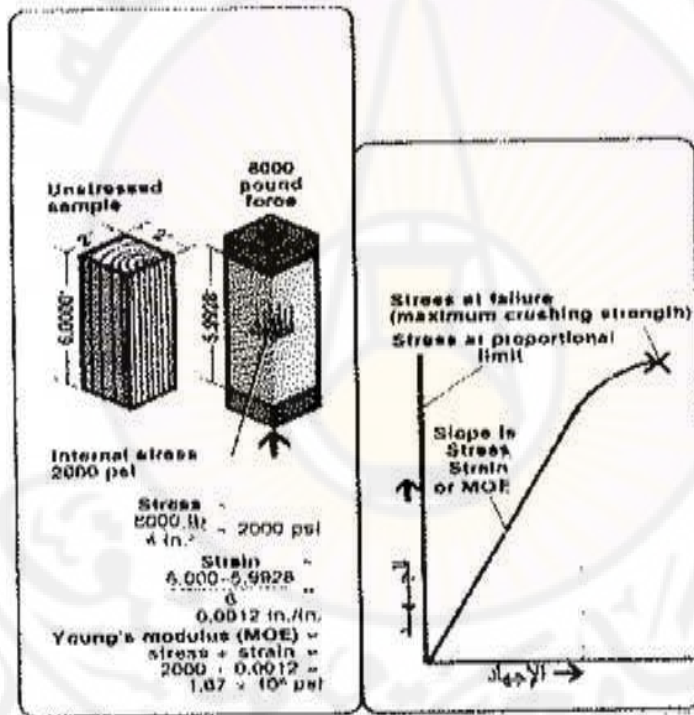
$$\text{ويكون نمط ينغ Young's Modulus} = \frac{\text{الإجهاد}}{\text{الجهد}} = \frac{2000}{0.0012} = 1.67 \times 10^6 \text{ psi}$$

ويوضح الشكل رقم (٢) العلاقة بين الجهد Stress والإجهاد Strain في حالة تطبيق قوة موازية للمحور الطولي للألياف.

يحدث الإجهاد Strain كلما طبقت قوة ما على جسم صلب ، وهناك علاقة خطية بين الجهد والإجهاد الحاصل حتى نقطة أو الحدود النسبية Proportional limit ويعرف الخط الناتج بالانحدار أو حاصل قسمة الجهد على الإجهاد الناتج أو MOE نمط المرونة. لاحظ من الشكل السابق أنه كلما زاد الجهد المطبق لإعطاء إجهاد ما ، كلما زادت المقاومة للتشوه وكلما كان MOE أعلى للمادة. وتكون المسألة أعقد في الأعمدة المعرضة حيث يولد الجهد القوة المطبقة إجهاداً انضغاطياً من الأعلى وتمديداً من الأسفل وتكون أعلى قوة مطبقة على السطح العلوي والسفلي للقطعة الخشبية (أنظر الشكل رقم (٣) ويكون الخشب ذو الألياف المستقيمة الخالي

من العقد أكثر متانة في الشد من الخشب المنضغط ، لكن يكون الخشب الحاوي على عقد وتجهيزات غير مستقيمة أمتن في الانضغاط.

ولا يحدث شد أو انضغاط في مركز القطعة الخشبية وتدعى هذه المنطقة بالمحور المحايد Neutral axis ويبقى طوله واحداً قبل القوة وبعد تطبيقها. ويقصر طول اللوح الخشبي في السطح العلوي ويطول في السطح السفلي وتتحني القطعة الخشبية كنتيجة للإجهاد الشدي والانضغاطي. ويسمى مدى انحراف القطعة المستقيمة عن المستقيم الأساسي فيها (عن وضعها السابق) بالانحراف Deflection ويعتمد مداه على موضع القوة على القطعة الخشبية وشدة هذه القوة وطول القطعة الخشبية وحجمها MOB, Beam للمادة حيث إنه كلما كانت MOE كبيرة كلما نقص الانحراف تحت تأثير قوة ما.

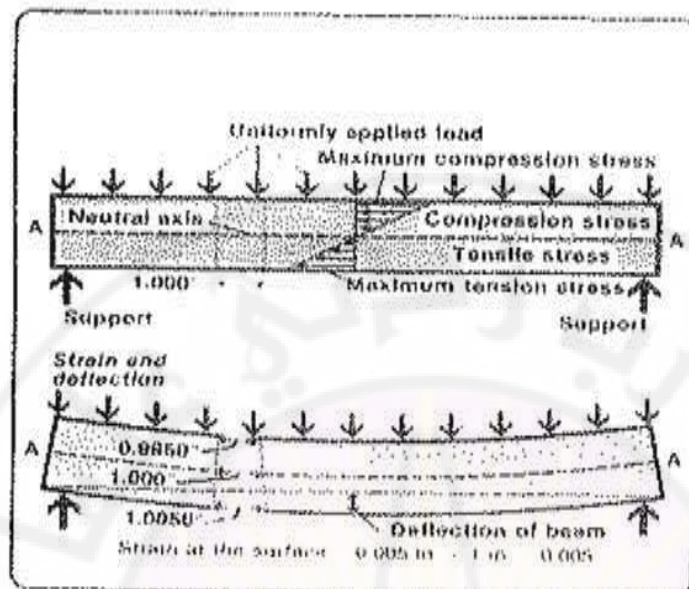


شكل رقم (١):

يوضح مفهوم كل من
الجهد والإجهاد.

شكل رقم (٢):

العلاقة بين كل من الجهد والإجهاد
حال تطبيق قوة موازية لاتجاه الألياف.



شكل رقم (٣): توزيع الجهد في حال تطبيق قوة على عمود معترض.

وتقدر MOE لمادة ما باختبار الانحناء Bending test وفيه تحمل قوة على قطعة خشبية معترضة ويقاس الحمل والانحراف ومن هذه المعلومات يمكن حساب MOE باستعمال العلاقة المعروفة بين MOE وحجم القطعة الخشبية والعرض span والحمل والانحراف وهذه الطريقة مستعملة في تقدير MOE للخشب الصلب ومنتجات الألياف والقطع الخشبية (الفتات) حسب المعادلة $MOE = \frac{pL^3}{48ID}$ (psi) حيث تعرف p بالحمل أو القوة تحت الحد النسبي. D الانحراف في منتصف عرض القطعة الخشبية بالإنشات، L العرض (Span) بالإنش.

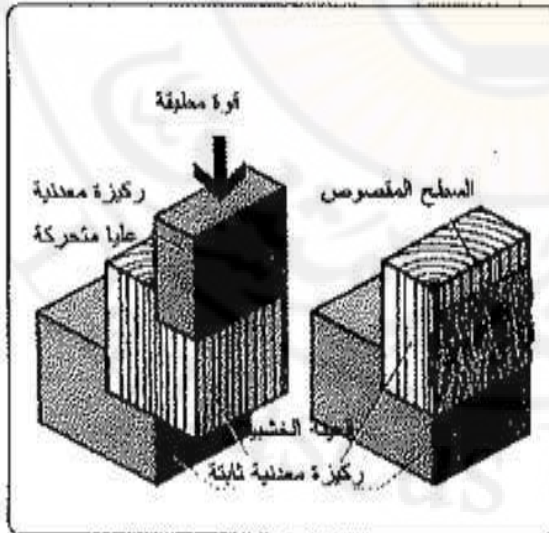
$$I \text{ القوى الداخلية} = \left(\frac{\text{العرض} \times \text{العمق}^3}{12} \right) \text{ لقطعة خشبية مستطيلة بالإنشات}$$

فلو عرفنا MOE لعمود معترض تحل المعادلة لـ D لمعرفة لحظة الانحراف لحصل ما ويبلغ عادة MOE للخشب من ٠,٥ × ١٠^٦ psi إلى ٢,٨ × ١٠^٦ psi.

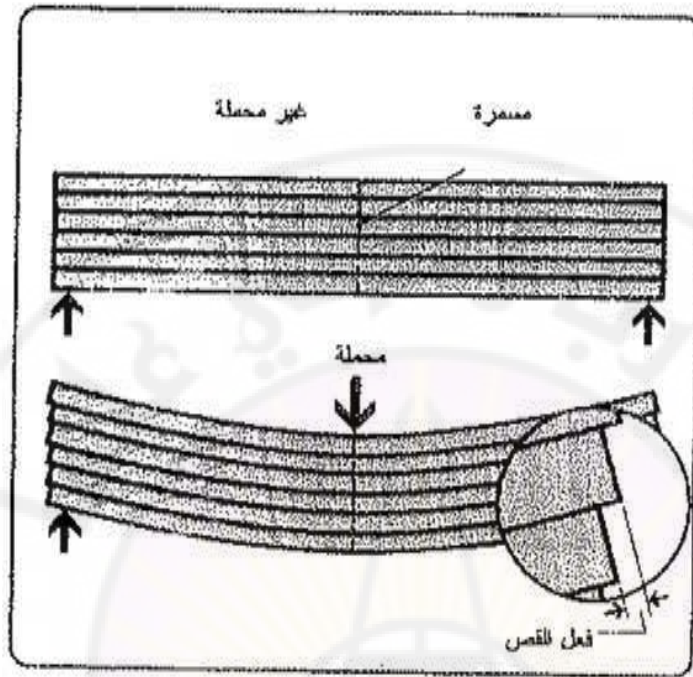
٢- جهد القص والإجهاد Shear Stress and Strain:

يقصد بجهد القص جعل جزء من مادة ما يتزلق عن جواره من أجزاء أخرى تحت تأثير قوة ما ، ويوضح ذلك الشكل رقم (٤) جهد القص الموازي للألياف (للمحور الطولي). ويعتد الخشب ضعيفاً في جهد القص الموازي للألياف لكنه مقاوم جداً لجهد القص المعطبق عمودياً على اتجاه الألياف حيث يتهشم الخشب ولا يقصر ، وتعد متانة القص هامة في الاتجاه الموازي للألياف عند تصميم وصلات بين عناصر الإنشاء المختلفة في الأبنية. ويتولد جهد القص داخلياً في الأعمدة الداعمة تحت الثقل ، وفي هذه الحالة فإن مختلف طبقات العمود تميل إلى الانزلاق Slip أفقياً عن بعضها بعضاً مع انحناء العمود. انظر الشكل رقم (٥) حيث تمثل عموداً مؤلفاً من عدة طبقات (٦) مسطرة في وسطها فقط وبانحناء العمود مع الثقل تميل نهاياتها على انفراد إلى الانزلاق عن بعضها بعضاً فلو لصقت هذه المجموعات كان هناك مقاومة للانزلاق ويكون العمود أكثر قساوة ومتانة Stiffer ، لكن يتولد جهد القص داخلياً في العمود. وتؤخذ قوة القص باعتباره عاملاً هاماً في الأخشاب المصنوعة التي تتعرض لحملات حيث تحدد مدى مقاومة الأخشاب للقص مدى الحمولة المأمونة.

وهناك نوع آخر من جهد القص يعرف بالقص المتدرج Rolling shear وهو هام في منتجات ألواح اللاتية حيث تلتصق الرقائق الخشبية بصورة يتعتمد اتجاه أليافها مع بعضها البعض ، والقص المتدرج هو تطبيق قوة على سطح لوح اللاتية انظر الشكل رقم (٦) حيث يتولد القص المتدرج في نقاط لصق الخشب الصلب مع الخشب المعاكس Plywood.



الشكل رقم (٤):
اختبار جهد القص الموازي للألياف.



الشكل رقم (٥): جهد القص الأفقي المتولد في ركيزة مكونة من عدة طبقات مسمرة.

٣- الاختلاف في ميكانيكية الخشب Anisotropic Nature of wood:

يعد الخشب واحداً من المواد التي تستجيب بصورة مختلفة للمؤثرات التي تقع على جوانبه (سطوحه) المختلفة حيث تعد المعادن والبلاستيك ومنتجات الأسمنت متماثلة الخواص isotropic ويعود اختلاف استجابة الخشب للمؤثرات بمختلف سطوحه إلى اختلاف خواصه في الاتجاه الطولي عنها في الاتجاه العرضي ، وتعد خواص المتانة والمرونة للخشب مختلفة في الاتجاه الطولي والمماسي والقطري ، إلا أنه لا يوجد اختلاف كبير في خواص الخشب في المقطعين القطري والمماسي. ويبين الشكل رقم (٧) الحمل الأعظمي الذي يمكن لعمود خشبي من شوح نوغلاس ٦٠ إنش $\times$ ١٠ إنش $\times$ ١٠ إنش تحمله بشكل موافق للألياف ونسبة الانضغاط الحاصلة نتيجة هذا الحمل مقارنة مع قطع مصطفة فوق بعضها بشكل يكون الحمل

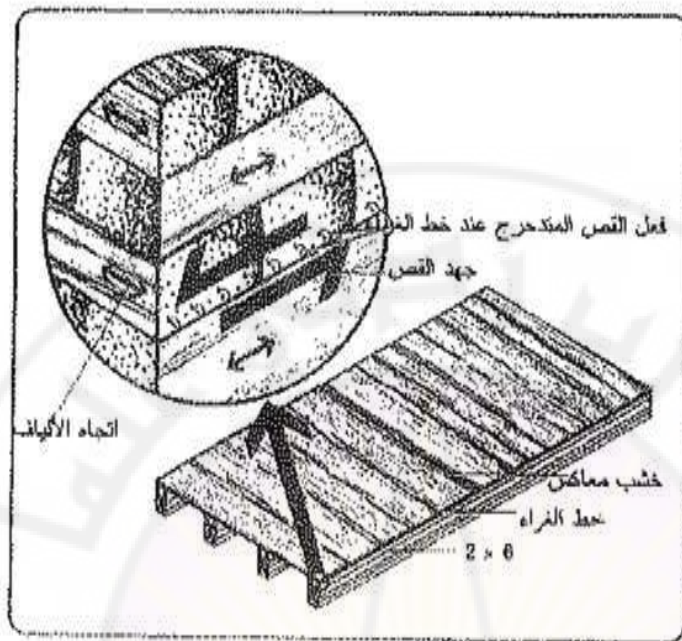
عمودياً على الألياف حيث تكون MOE لشوح دوغلاس ٢٠ مرة في حالة مساواة الألياف عنها في حال كون الحمل عمودياً عليها، مما يحدث تغيراً كبيراً في طول العمود على الرغم من تحميته قوة لا تتعدى $\frac{1}{8}$ من قوة العمود المقارن.

هذا وتكون بشكل عام المنتجات الخشبية للرقائق الخشبية (اللاتية والألواح المضغوطة مفرومة الخشب) أكثر تجانساً في استجابة سطوحها للمؤثرات Isotropic عن الخشب الصلب على اعتبار أن اتجاه الألياف في هذه المنتجات موزع في مختلف الاتجاهات، ويمتاز اللاتية عن الخشب الصلب بسبب امتلاكه قوة (متانة) في مختلف الاتجاهات إلا أنسه خسلال عملية الصنع وتوزع المولد ضمن اللاتية نقل للمتانة العظمى للمنتج مقارنة مع الخشب الصلب وذلك بالاتجاه الموازي للألياف، وتكون عادة المنتجات المصنعة من الخشب الصلب (لاتية خشب مفروم مضغوط) أكثر قوة من الخشب الصلب عند مقارنة قطع صغيرة من كلا النوعين بمجم واحد. بسبب توزيع العقد والصفات غير المرغوبة الأخرى في هذه المنتجات التي قد توجد في كامل القطعة الخشبية الصلدة.

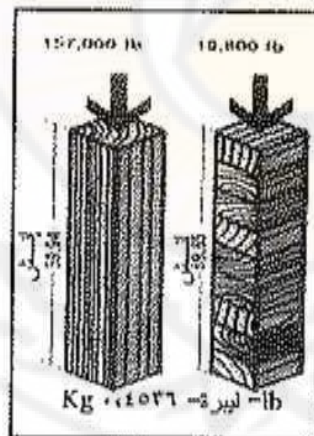
٤- العلاقة بين المتانة والكثافة النوعية:

Relationship of strength to specific gravity:

تتعلق متانة الخشب إلى حد كبير بكثافته النوعية ويمكن تقدير مدى متانة خشب ما بالاعتماد على كثافته النوعية بغض النظر عن معرفة النوع الخشبي نفسه. ولا تتأثر الصفات الميكانيكية للخشب بتغير الكثافة النوعية للخشب بنفس الدرجة حيث تزداد بعض الصفات الميكانيكية بزيادة الكثافة النوعية أكثر من صفات أخرى.



شكل رقم (٧): القص المنحرج الناتج من تطبيق قوة على لوح من خشب اللاتية.



شكل رقم (٧): الاتضغاط الحاصل من تطبيق حمل أعظمي على عمود من شوح دوغلاس بشكل مواز وعمودي على اتجاه الألياف.

٥- العوامل المؤثرة في متانة الخشب:

Factors affecting the strength of clear wood:

أ- المحتوى الرطوبي Moisture content:

ترداد معظم صفات القوة والصفات المرونية للخشب عند تجفيفه إلى دون نقطة تشبع الألياف ، ويعود ذلك إلى أنه بفقدان الماء من الجدر الخلوية تقترب سلاسل الجزيئات (الميلوز) الطويلة من بعضها بعضاً لتصبح أكثر ارتباطاً. وتظهر هذه الزيادات بدءاً من مستوى رطوبي قدره ٢٥% ويوضح الشكل رقم (٨) العلاقة بين المحتوى الرطوبي للخشب ومتانة الخشب الأخضر للترداد الأبيض. ويمكن تقدير درجة المتانة على أي مستوى رطوبي باستعمال العلاقة الأسية باستعمال خواص الخشب الأخضر والخشب على رطوبة ١٢% والعلاقة هي:

$$p = p_{12} \times (p_{12} / p_q)^{(M - 12 / M_p - 12)}$$

حيث إن:

p = الصفة على مستوى رطوبة معين.

p_{12} = الصفة على مستوى رطوبة ١٢%.

p_q = الصفة على الخشب الأخضر.

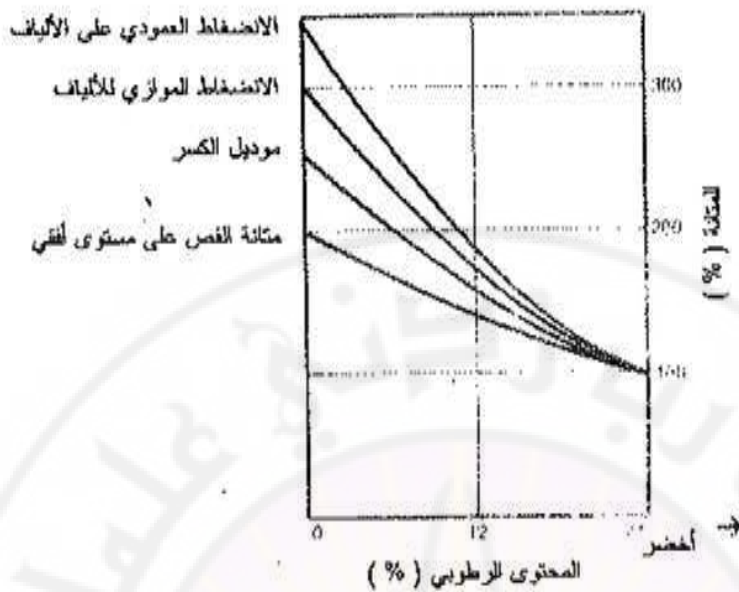
M_p - تؤخذ عادة على مستوى رطوبة ٢٥%.

ب - الزمن Time:

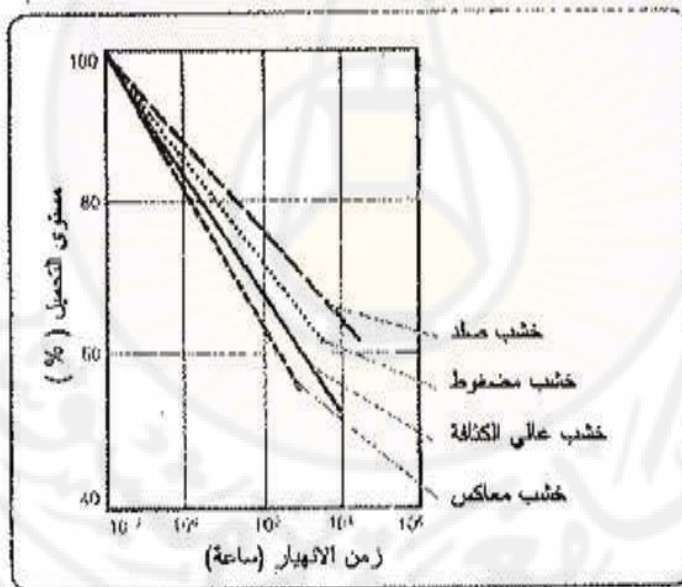
إن لتقادم عمر الخشب دون تعرضه للأحياء الدقيقة أو للحرارة المرتفعة أو للحمولة المستمرة تأثيراً طفيفاً على خواصه ، ويحدث هذا التغير نتيجة لعوامل البيئة الفيزيائية وليس للتقادم بالعمر بحد ذاته. قد يحدث ضعف في المتانة بالتقادم إذا ترافق بالحمولة المستمرة على الخشب حيث تتأثر معظم صفات المتانة في الخشب ، حيث تقل مدة الحمولة الآمنة بطول فترة التحميل. ويظهر الشكل رقم (٩) العلاقة بين مستوى القوة (الجهد) والزمن اللازم لانهيار للخشب الصلب ، ولعدد من المنتجات الخشبية حيث يحدث تغير في شكل القطعة مهما كان الحمل الذي تدعمه.

ومثاله انحناء الرفوف الخشبية المحملة بالكتب وغيرها. حيث تعرف هذه الظاهرة بالزحف Creep وهي صفة زمنية Rheological. وتتجم حالة الزحف هذه من اسلاق الملاسل الطويلة ضمن الجدر الخلوية حيث تتحرف أو تنزاح مواقع الربط الحاملة للماء بالنسبة للجزأيات عندما تتعرض المجموعة للإجهاد حيث يزداد هذا الانزياح بزيادة نسبة الرطوبة في الخشب. وكذلك فإن إزالة الماء أو إضافته إلى هذه المواقع يخلق إمكانية للانزلاق Slippage.

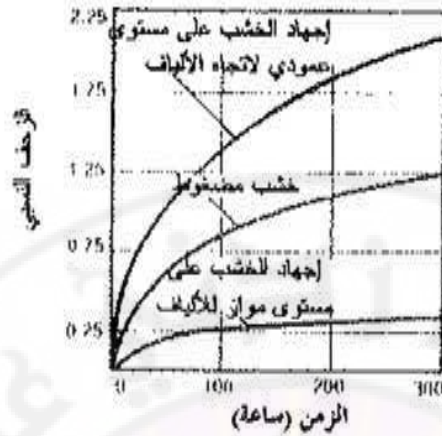
ويظهر الزحف نفسه على أنه عمل أو شوه Defection في الأعمدة الخشبية بعد عدة سنوات من تحميلها. ويقل الزحف بقلّة نسبة الرطوبة ويزداد حدة بالتعرض الدوري للرطوبة مقارنة مع حالة الخشب ، الموضوع في رطوبة ثابتة. ويحدث الزحف في ألواح اللاتيس والألواح مفرومة الخشب وأفضل وسيلة للحد منه هو الإقلال من الحمولة على هذه المواد واستعمال ألواح جافة وحماية هذه الألواح بطلائها بمواد عازلة للرطوبة. وتعد ألواح الخشب المفرومة ومنتجات الألياف Fiber products أكثر عرضة للزحف من الخشب الصلب بسبب أن الإجهاد يقع في الاتجاه العرضي لها ، ويظهر الشكل رقم (١٠) مدى مقاومة الخشب الصلب ومنتجات الأخشاب للزحف.



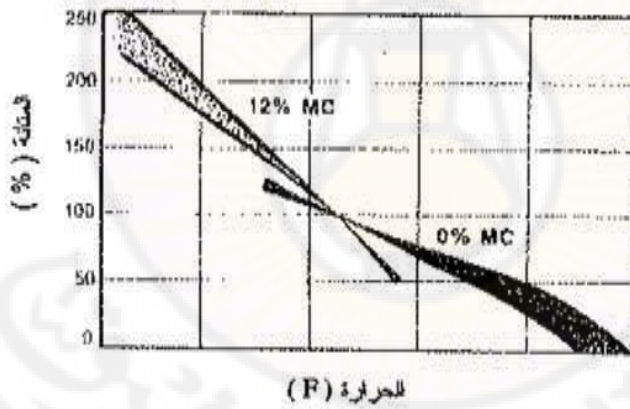
الشكل رقم (٨): العلاقة بين متانة الخشب ومحتواه الرطوبي.



الشكل رقم (٩): العلاقة بين مستوى التحميل (الجهد) والزمن اللازم لانهيار الخشب وبعض المنتجات الخشبية.



الشكل رقم (١٠): مدى مقاومة الخشب والخشب المضغوط للزحف.



الشكل رقم (١١): أثر الحرارة المباشر على صفات المتانة.

ج - الحرارة Temperature:

تتفقد معظم الصفات الميكانيكية عند تسخين الخشب وتزداد عند تبريده ويظهر الشكل رقم (١١) أثر الحرارة المباشر على صفات المتانة بدرجة رطوبة ١٢% وعند تمام تجفيفه.

وتجدر الإشارة إلى أنه ما دامت درجة الحرارة لم ترتفع عن 100°م يبقى التأثير الدائم طفيفاً حيث إن التعرض الطويل لدرجات حرارة عالية يمكن أن يحدث نقصاً دائماً في المتانة. وتزداد حساسية الخشب لدرجات الحرارة العالية بارتفاع نسبة رطوبته ويجب أخذ هذه النقطة في الحسبان عند تجفيف الخشب الأخضر بالفرن بدرجات حرارة عالية. ويكون تأثير الحرارة تجميعياً Cumulative.

ب- الوهن Fatigue:

يعرف وهن قوة مادة ما بمقدرتها على الاحتفاظ بقوتها عند تعريضها إلى تحميل قوي بشكل متكرر. ومثالها تعرض عمود خشبي في جسر لسكة حديد إلى مرور عربات القطار دورياً وحسب المعطيات الواردة في (USFPL ١٩٧٤) فإن عموداً خشبياً ذا ألياف مستقيمة خالٍ من التشوهات لو تعرض إلى ٢ مليون مرة انحناء سيحتفظ بـ ٦٠% من متانته فقط ويكون التأثير أكبر في حالة كون الخشب غير خالٍ من العقد أو كون أليافه مزواة.

ج- التعرض للكيماويات Exposure to chemicals:

يمكن أن تتعرض متانة الخشب للضعف بتعرضه لظروف حامضية أو قلوية شديدة وبعد الخشب أكثر مقاومة من الفولاذ لأثر الحموض ، وعادة ما تبني الحاويات أو المنشآت من الخشب في حال كثرة تعرضها للكيماويات. ويأتي أثر الكيماويات عند ملامستها للجدر الخلوية الخشبية في تحليلها (حلمتها) للسلولز أو الأكسدة بفعل المؤكسدات أو إزالة اللغنين بالقلويات ، وتعد المخروطيات أقل تأثراً بالكيماويات من عريضات الأوراق ويعزى ذلك إلى صعوبة نفاذ الكيماويات ضمن الخشب حيث يعد الخشب مقاوماً للكيماويات إذا كانت نفاذيته قليلة للرطوبة على اعتبار أن الرطوبة تأخذ وقتاً طويلاً للنفاذ فيه.

ويحدث بعض التدهور الكيميائي في الخشب حول المناطق المسمرة منه (مسامير...) خاصة في الأخشاب الحاوية على رطوبة حامضية أو تلك الحاوية على مستخلصات كثيرة خاصة القانين حيث يعطي التفاعل أملاح الحديد Iron salts وتعمل هذه الأملاح على إضعاف الخشب محلياً حول المثبتات (مسامير...) وتضعف من مقاومته لعوامل الهدم ، ويستمر ذلك حتى تصبح المسامير متأكلة إذ يمكن إزالتها من مكانها بسهولة. ويجب استعمال مسامير غير قابلة للصدأ في أخشاب السيكونيا والثويا والبلوط والسنديان والسرويات أو عند معاملة أي خشب بمواد قلوية.

٦- العوامل المؤثرة في متانة منتجات الخشب الصلب

Factors Effecting the Strength of Lumber products:

تختلف متانة الخشب بصورة دائمة في مستويات رطوبة دون ٢٥% لذا يصعب تقدير مدى المتانة في ظروف رطوبة متغيرة ، وللتغلب على هذه المشكلة يمكن استعمال مفهوم القوة المسموح بها Allowable stress للخشب وللأعمدة المصنوعة ولألواح اللاتية حيث تعتبر هذه القوة ثابتة تحت مستوى رطوبي معين وهو ١٩% لخشب المخروطيات و ١٦% لألواح اللاتية والأعمدة الخشبية المصنوعة. ويجب تخفيض القوة المسموح فيها عند زيادة المستوى الرطوبي السابق.

١- العقد Knots:

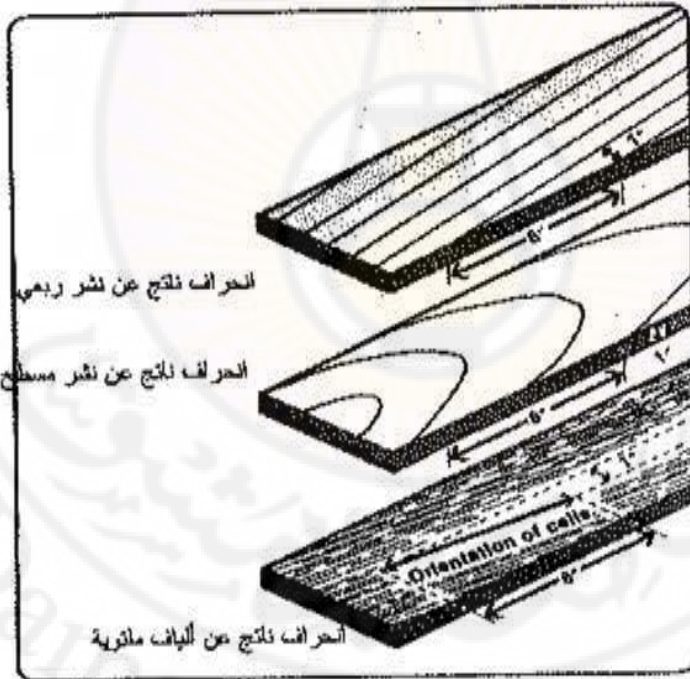
تعد العقد واحدة من أهم العوامل التي تؤثر سلباً في متانة الخشب الصلب Lumber إذ يعد أثر العقد كأثر فتحة في الخشب بل ويقوى أثر العقد أثر الفتحة بسبب التشوه في توضع الألياف الذي تحدثه ، ويعتمد الأثر على حجم العقد ومكان وجودها في الخشب فيكون أثر العقد كبيراً في أعلى عمود خشبي أو أسفله عما لو كانت في وسطه حيث إن قوى الانحناء في الأعمدة تتركز أساساً في أعلى العمود الخشبي وأسفله وتكون العقد السفلى في العمود الخشبي أكثر تأثيراً من العليا بسبب التأثير الكبير للعقد في قوى الشد عنها في قوى الانضغاط. واللحار الجيد يضع العقد في الوجه العلوي وليس السفلي في عمل الأرضيات.

٢- التحلل Decay:

لا يسمح بوجود تدهور أو تحلل في الخشب المراد استعماله لأغراض إنشائية بشكل عام. حيث تتأثر صفات المتانة في الخشب المتدهور إلى حد كبير خاصة المقاومة للصدمات Impact strength ويعرف الخشب المتدهور عند كسره بصورة عمودية على الألياف بكون مقطعه غير حاد ناعم الملمس تقريباً ، ويجب الحذر من استعمال أخشاب الأشجار المعسرة والهرمة حيث يكثر التدهور والتحلل في أخشابها دون إمكانية اكتشافه بصرياً. ولا يعد الفطر المسبب لزرقة الخشب Blue stain عامل تدهور في المتانة لكونه يعتمد في غذائه على موالد لمعة الخلية نفسها وليس جدرانها والمشكلة الوحيدة هو أنه غالباً ما يترافق مع أنواع فطر أخرى.

٣- زاوية التحجب Slope of the grain:

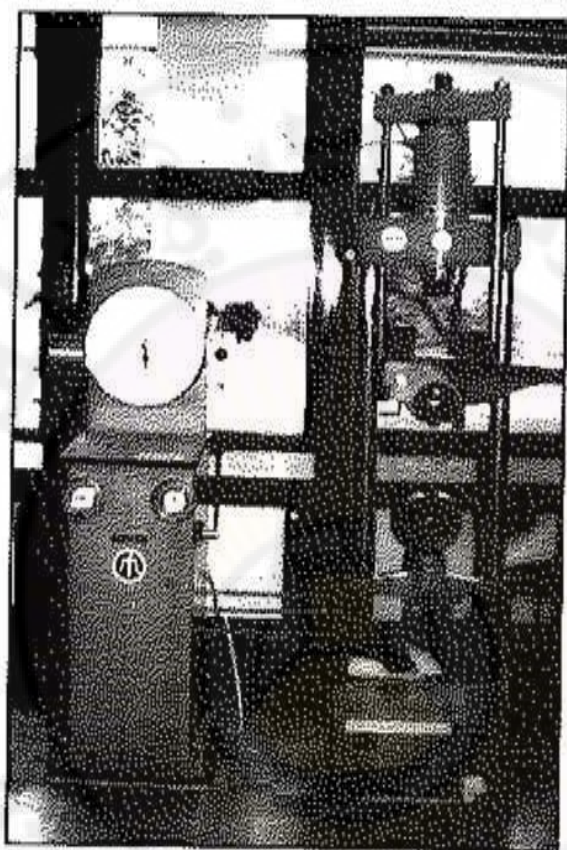
يعبر عن زاوية التحجب بعدد السنتمرات الطولية في الخشب التي خلالها يوجد انحراف في التحجب ويوضح ذلك الشكل رقم (١٢) حيث يوضح كيفية وجود انحراف مقداره إنش واحد ، في ثمانية انشات طولية، حيث يوضح الشكلان الأوليان الانحراف الناجم عن نشر الجذوع ويسهل اكتشاف الانحراف في هذه الحالات في الأنواع ذات حلقات النمو المميزة ، ويمكن أن ينجم التزاوي من خشب ذي ألياف ملتفة (ملتوية) Spiral. هذا وتناثر متانة الخشب بوجود تزاوي في تحجبه أكثر من ١ إنش لكل ٢٠ إنش حيث تتأثر قوى الشد بذلك أكثر من تأثير قوى الاتحذاء أو الانضغاط ، ويجب للتأكد من ذلك عند استعمال الخشب الصلب في الأعمال الإنشائية (كالسلام وغيرها).



شكل رقم (١٢): ثلاثة مصادر للانحراف.

II - تقدير أهم الخصائص الميكانيكية للخشب والمادة الخشبية المصنعة

لقياس المقاومات الميكانيكية للخشب يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١).



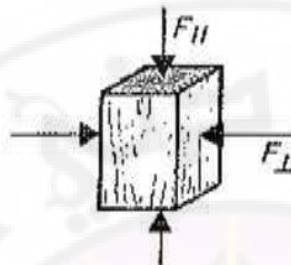
صورة رقم (١)

١ - قياس مقاومة الخشب لقوة الضغط Compressive Strength حسب العيار

الصناعي الألماني (DIN: ٥٢١٨٥).

١ - ١ - مبدأ القياس: حيث تقاس مقاومة الخشب للقوة المطبقة بشكل مواز لاتجاه الألياف أو بشكل عمودي على اتجاه الألياف حتى انكسار ، العينة الخشبية وتحسب المقاومة بوحدة الحمولة المعلقة على وحدة المساحة نيوتن/مم^٢ (N/mm^٢).

- ١ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١) بعد تركيب الفكين الخاصين بقياس هذه الصفة، كذلك يحتاج إلى ميكروميتر (بياكوليس).
- ١ - ٣ - أبعاد العينات: تستخدم لقياس مقاومة الخشب لقوة الضغط عينات خشبية بأبعاد $20 \times 20 \times 30$ مم^٣ شكل رقم (١٣).



شكل رقم (١٣)

- ١ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: يتم قياس مساحة سطح العينة $a \cdot b = A \text{ mm}^2$ (مم^٢) الذي سيخضع للقوة N (نيوتن).

وبعد ذلك توضع العينة بين فكي الآلة حيث إن الفك السفلي ثابت بينما الفك العلوي متحرك حيث يتم تطبيق قوة (حمولة) على الفك العلوي حتى تنكسر العينة عند قوة عظمى قيمتها F_{max} نيوتن يشير إليها مؤشر الجهاز وبعد ذلك تحسب مقاومة الخشب لقوة الضغط من العلاقة التالية:

$$C = \frac{F_{max}}{A} = \frac{F_{max}}{a \cdot b}$$

حيث إن: C : للمقاومة لقوة الضغط نيوتن/مم^٢ (N/mm^2).

$a \cdot b \approx A$ سطح العينة المطبقة عليه القوة مم^٢ (mm^2).

— هذا وتكون عادة المقاومة لقوة الضغط العمودي على اتجاه الألياف $1/10 - 1/8$ من قيمة المقاومة لقوة الضغط الموازية لاتجاه الألياف.

— تزداد المقاومة لقوة الضغط مع زيادة كثافة الخشب ونقصان رطوبته.

٢ - قياس مقاومة الخشب والخشب المعاكس لقوة الشد الموازي للألياف

Tensile Strength حسب العيار الصناعي الألماني رقم ٥٢١٨٨ DIN:

للخشب والعيار الصناعي الألماني ٥٢٣٧٧ DIN: للخشب المعاكس:

٢ - ١ - مبدأ القياس: تقاس مقاومة الخشب والخشب المعاكس لقوة الشد بشكل مواز

للألياف أو بشكل عامودي على اتجاه الألياف حتى انقطاع العينة الخشبية ، وتحدد مقاومة الخشب لقوى الشد بنيوتن/مم^٢.

٢ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١) بعد

تركيب ملزمتين على هذا الجهاز إحداهما علوية والأخرى سفلية. كما يحتاج إلى ميكروميتر (بياكوليس).

٢ - ٣ - أبعاد العينات: تستخدم لقياس مقاومة الخشب للشد الموازي للألياف عينات

خشبية بأبعاد ٥٠ × ٧٠ مم حيث يتم تشكيلها حسب الأبعاد الموضحة في الشكل رقم (١٤) (باتجاه الألياف) أما بالنسبة لعينات الخشب المعاكس فتقاس بأبعاد ٥٠ × ٤٠٠ مم حيث يتم تشكيلها حسب الأبعاد الموضحة في الشكل رقم (١٥) بالمليميتر وباتجاه الألياف.

٢ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: يتم قياس عرض العينة المشكلة (a) وسماكتها (b) (مم)

بعد ذلك يتم تثبيت طرفي العينة بملزمتي الآلة العلوية والسفلية ، بعد ذلك تطبق قوى الشد بتباعد الملزمتين عن بعضهما البعض حتى تنقطع العينة عند قوة شد عظمى F_{max} (نيوتن) يشير إليها مؤشر الجهاز وبعد ذلك تحسب مقاومة الخشب للشد من العلاقة التالية:

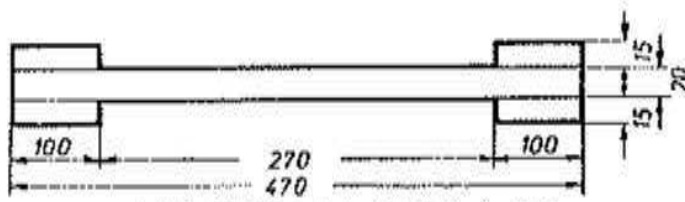
$$T = \frac{F_{max}}{a.b}$$

حيث إن: T: المقاومة لقوى الشد بنيوتن/مم^٢ (N/mm^٢).

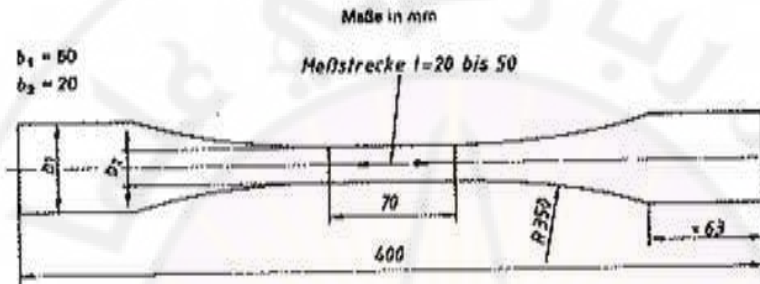
F_{max} : القوة العظمى للشد بنيوتن.

b: عرض العينة في منتصفها مم (mm).

a: سماكة العينة مم (mm).

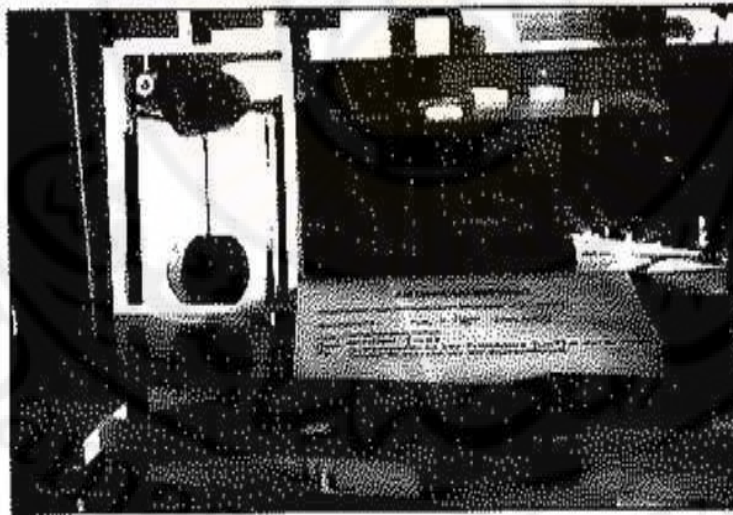


الشكل رقم (١٤) شكل وأبعاد العينة الخشبية (مم)



الشكل رقم (١٥) شكل وأبعاد عينة الخشب المعاكس (مم)

هذا وتبين الصورة رقم (٢) هذا الاختبار.



صورة رقم (٢)

— تكون مقاومة الخشب لقوى الشد العمودي على الألياف أقل من مقاومة الخشب لقوى الشد الموازي للألياف بكثير حيث تعادل ١,١ من مقاومة الشد الموازي للألياف.
— إن انحراف الألياف عن محورها الطولي بزاوية مقدارها ١٥ درجة يقلل من مقاومة الخشب للشد الموازي للألياف بمقدار ٥٠%.
— وتزداد مقاومة الخشب للشد الموازي للألياف بزيادة كثافته ونقصان رطوبته.

٣ - قياس مقاومة الخشب والمادة الخشبية المصنعة للانحناء الساكن Bending Strength حسب العيار الصناعي الألماني رقم (DIN: ٥٢١٨٦) للخشب والعيار الصناعي الأوروبي رقم (EN: ٣١٠) للمادة الخشبية المصنعة:

٣ - ١ - مبدأ القياس: تقاس مقاومة الخشب للقوة المطبقة تدريجياً باتجاه عامودي على اتجاه الألياف، بحيث تطبق القوة في منتصف العينة الخشبية حتى انكسارها وتحسب مقاومة الخشب للانحناء الساكن بوحدة نيوتن/مم^٢.

٣ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١)، كما يحتاج لميكروميتر (بياكلويس).

٣ - ٣ - أبعاد العينات: يستخدم لهذا القياس عينات خشبية (١٢ عينة) بأبعاد ٣٦٠ × ٢٠ × ٢٠ مم^٢ باتجاه الألياف ، أما أبعاد العينات للمادة الخشبية المصنعة (الخشب المضغوط، الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF، الخشب المعاكس) فتحسب أبعاد العينات كما يلي:

طول العينة = سماكة العينة مم × ٢٠ + ٥٠ مم، عرض العينة = ٥٠ مم.

٣ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: توضع العينة على ركيزتين ثابتتين في الجهاز البعد بينهما ٢٦٠ مم للخشب، وسماكة العينة ٢٠ × المادة الخشبية المصنعة وتطبق قوة متزايدة في منتصف العينة بشكل عامودي على اتجاه الألياف حتى بداية انكسارها من ثم تقرأ قيمة القوة التي يشير إليها مؤشر ، الآلة وتحسب بعد ذلك مقاومة الخشب للانحناء من العلاقة التالية:

$$B = \frac{3.F_{max}.L}{2.b.h^2}$$

حيث إن: B: مقاومة الانحناء الساكن نيوتن/مم^٢ (N/mm^٢).

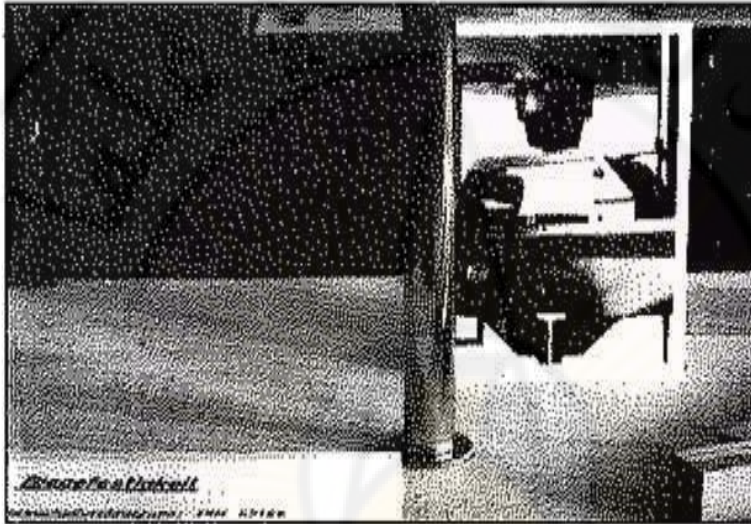
F_{max} : القوة العظمى للانكسار نيوتن.

L : البعد بين ركيزتي جهاز القياس (٢٦٠ سم).

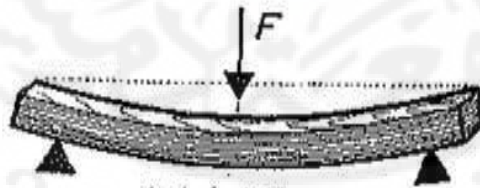
b : عرض العينة الخشبية مم.

h : سماكة العينة الخشبية أو اللوح الخشبي مم.

ويتم عادة ملء الاستمارة الخاصة بقياس مقاومة الخشب للانحناء (جدول رقم: ١) وتبين الصورة رقم (٣) والشكل رقم (١٦) هذا الاختبار.



صورة رقم (٣)



الشكل رقم (١٦)

٤- قياس مقاومة الخشب للقص Shearing Strength حسب العيار الصناعي الألماني (DIN: ٥٢١٨٧) وللخشب المضغوط حسب العيار الصناعي الألماني (DIN: ٥٢٣٦٧)

- ٤ - ١ - مبدأ القياس: تقاس مقاومة الخشب للقص للقوة المطبقة بشكل مواز لاتجاه الألياف أو بشكل عامودي على اتجاه الألياف أو بشكل مواز لمستوى لوح الخشب المضغوط حتى قص العينة وتحسب مقاومة القص بوحدة نيوتن/مم^٢.
- ٤ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١) بعدد تركيب فكي القص على هذا الجهاز فك سفلي ثابت وفك علوي متحرك كما يحتاج إلى ميكروميتر (بيكوليس).
- ٤ - ٣ - أبعاد العينات: تستخدم لقياس مقاومة الخشب للقص مكعبات خشبية بأبعاد ٥٠ × ٥٠ × ٥٠ مم وفي حال الخشب المضغوط تستخدم عينات بأبعاد ٥٠ × ٥٠ × ٥٠ مم. أما بالنسبة لعدد العينات المطلوبة فهو ١٠ عينات.

جدول رقم (١): استمارة قياس مقاومة الانحناء للسكن للخشب (DIN: ٥٢١٨٦ و EN: ٣١٠)

الفاقم بالعمل	التاريخ	نوع العينة	نوع المادة اللاصقة	عرض العينة (مم)	مساحة العينة (مم)	القوة العظمى (نيوتن)	مقاومة الانحناء (نيوتن/مم ^٢)
نوع العينة	المودج	نوع المادة اللاصقة	المسافة بين الركيزتين (مم)	طول العينة (مم)	رقم العينة		
١							
٢							
٣							
٤							
٥							
٦							
٧							
٨							
٩							
١٠							
١١							
١٢							
المتوسط الحسابي							

٤ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: يتم وضع العينة بين فكي القص في الآلة (شكل رقم: ١٧) بعد ذلك يتم تطبيق قوة بتقدم الفك العلوي حتي حدوث القص عند قوة قص عظمى F_{max} يشير إليها مؤشر الجهاز وقياس كل من الطول (a) والعرض b للسطح المقصوص يتم حساب مقاومة الخشب للقص من العلاقة التالية:

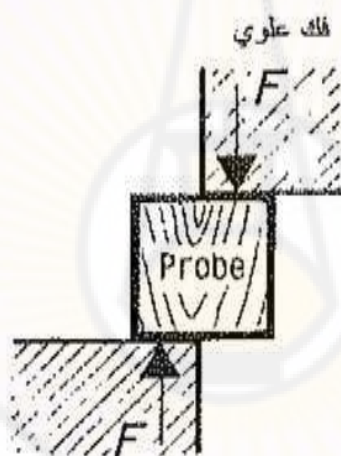
$$\sigma = \frac{F_{max}}{a.b}$$

حيث إن:

F_{max} مقاومة الخشب للقص نيوتن/مم^٢.

a: طول السطح المقصوص مم.

b: عرض السطح المقصوص مم.



فك سفلي

شكل رقم (١٧)

تزداد مقاومة الخشب للقص بزيادة كثافته ونقص رطوبته، كما تزداد مقاومة الخشب للقص بشكل عامودي على اتجاه الألياف بمقدار ٣ - ٤ مرات عن مقاومة الخشب للقص بشكل مواز لاتجاه الألياف.

٥ - قياس القساوة بطريقة جانكا (Hardness (Janka:

٥ - ١ - مبدأ القياس: قياس مقاومة العينة الخشبية لدخول كرة فولاذية قطرها ١١,٢٨٤ مم تحت تأثير قوة عظمية (نيوتن) حتى دخول نصف الكرة فيها وتقدر القساوة بوحدة (نيوتن/مم^٢).

٥ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين في الصورة رقم (١) بعد تركيب الكرة الفولاذية فيه.

٥ - ٣ - أبعاد العينات: تستخدم لقياس القساوة عينات خشبية مكعبة الشكل بأبعاد ٥٠ × ٥٠ × ٥٠ مم.

٥ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: يتم وضع العينة الخشبية في مكانها المخصص في الجهاز ، بعد ذلك يتم تطبيق قوة على الكرة الفولاذية لتدخل في العينة بمقدار النصف ، بعد ذلك يتم قراءة القوة التي يشير إليها مؤشر الجهاز بعدها يتم حساب عمق الفجوة الناتجة عن دخول نصف الكرة ، بعد ذلك يتم حساب القساوة من العلاقة التالية:

$$H = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

حيث إن:

H: قساوة الخشب (نيوتن/مم^٢).

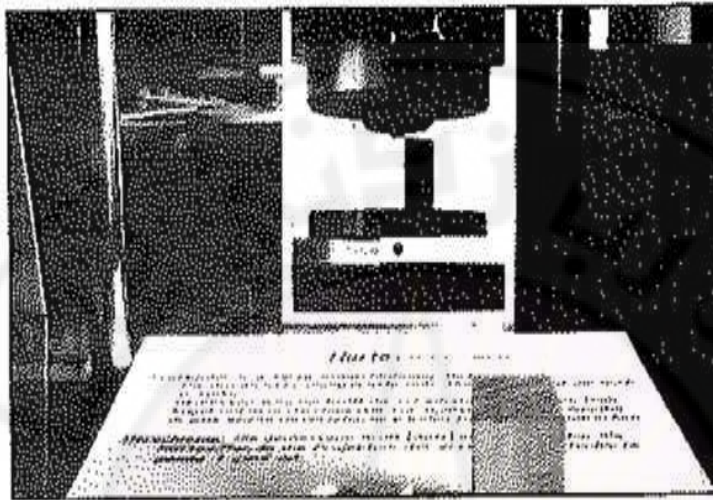
F: القوة التي سجلها مؤشر الجهاز (نيوتن).

D: قطر الكرة الفولاذية ١١,٢٨٤ مم.

d: عمق الفجوة الناتجة عن دخول نصف الكرة الفولاذية في العينة مم.

π: ٣,١٤

وتوضح الصورة رقم (٤) هذا الاختبار.



صورة رقم (٤)

٦ - قياس مقاومة الشد العمودي على مستوى السطح للخشب المضغوط و
الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF حسب العيار الصناعي الأوروبي
(EN: ٣١٩):

٦ - ١ - مبدأ القياس: تقاس مقاومة اللوح الخشبي لقوى الشد العمودية على مستوى
اللوحة والمطبقة تدريجياً حتى انقطاع العينة وتحسب مقاومة اللوح الخشبي لقوى الشد العمودية
على مستوييه بوحدة (نيوتن/مم^٢).

٦ - ٢ - الأدوات المخبرية المطلوبة: يستخدم الجهاز المبين بالصورة رقم (١) بعد
تركيب فكين لهذا الجهاز مغلي وعلوي، مكعبات خشبية من خشب الزان لتثبيت العينات بفكي
الجهاز، ميكروميتر (بياكوليس)، مادة لاصقة حرارية.

جدول رقم (٢): استمارة قياس مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح
(خشب مضغوط + خشب MDF)

القائم بالعمل	التاريخ	نوع العينة	نوع المادة	مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح (نيوتن/مم ^٢)
نوع العينة	النموذج	نوع المادة	نوع المادة	مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح (نيوتن/مم ^٢)
المنتج	نوع المادة	نوع المادة	نوع المادة	مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح (نيوتن/مم ^٢)
رقم العينة	طول العينة (مم)	عرض العينة (مم)	الغوة العظمى للشد (نيوتن)	مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح (نيوتن/مم ^٢)
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				
٨				
٩				
١٠				
١١				
١٢				
المتوسط الحسابي				

٦ - ٣ - أبعاد العينات: تستخدم لقياس مقاومة الألواح الخشبية المصنعة (خشب مضغوط وخشب ليفي متوسط الكثافة MDF) عينات بأبعاد ٥٠ × ٥٠ × سماكة اللوح مم حيث تؤخذ عادة ١٢ عينة من كل لوح.

٦ - ٤ - طريقة تنفيذ القياس: يتم قياس أبعاد العينات بقياس بياكوليس وتسجيلها في الاستمارة الموضحة في الجدول رقم (٢) ، بعد ذلك يتم لصق وجهي كل عينة بمكعب تثبيت باستخدام اللاصق الحراري وترك حتى يتصلب اللاصق وبعد ذلك توضع العينة في جهاز القياس بتثبيت مكعب تثبيت العينة بفكي الجهاز ، بعد ذلك يتم تطبيق قوى الشد بتباعد فكي الجهاز عن بعضهما حتى تنقطع العينة عند قوة شد عظمى F_{max} (نيوتن) ويشير لها مؤشر الجهاز ، وبعد ذلك يتم حساب مقاومة الشد العمودي على مستوى اللوح من العلاقة التالية:

$$Q = \frac{F_{max}}{a.b}$$

حيث إن:

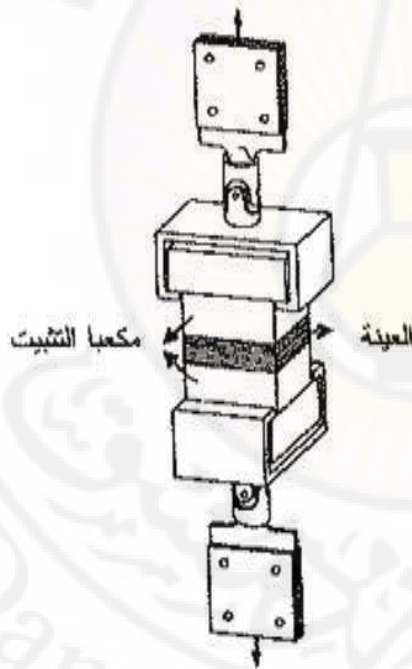
Q : مقاومة الشد العمودي على مستوي اللوح (نيوتن/مم²).

F_{max} : القوة العظمى للشد (نيوتن).

a : طول العينة (مم).

b : عرض العينة (مم).

وبوضح الشكل رقم (١٨) هذا الاختبار.



الشكل رقم (١٨)



الجلسة العملية الثامنة

الكشف عن عيوب الخشب

تقسم العيوب الموجودة في الخشب إلى:

١ - العيوب الطبيعية.

٢ - العيوب الصناعية.

٣ - العيوب الناتجة من الأحياء الخارجية.

١ - العيوب الطبيعية: وتنشأ هذه العيوب في خشب الأشجار لتأثرها بعوامل البيئة أثناء نموها وأهمها:

أ - العقد:

١ - خذ مقطعاً خشبياً من ساق تحتوي العديد من الأغصان.

٢ - اصنع مقاطع طولية في الجذع ولاحظ وجود العقد.

٣ - ميز العقد الحية عن العقد الميتة.

٤ - لاحظ اتجاه ترتيب الخشب وطبيعته مكان اتصال العقدة في الساق.

ملاحظة: تكون العقد الحية حمراء اللون ومتصلة بخشب الساق ، بينما تكون العقد الميتة سوداء وتنفصل عن الخشب بالتجفيف.

ب - خشب رد الفعل (المفعل): قم بإجراء مقطع خشبي في ساق شجرة معرضة لهبوب الرياح الشديدة ولاحظ ما يلي:

١ - كون المقطع العرضي للساق بيضوياً.

٢ - لاحظ ارتصاص حلقات النمو في جهة هبوب الرياح وتباعدها في الطرف المقابل.

ج - خذ عدة مقاطع من أغصان اليوكالبتوس أو الكازورينا ولاحظ اتجاه الألياف الملتف عبر تقطيعك هذه الأغصان طولياً.

د - لاحظ الأقدية الراتنجية غير الطبيعية في مقاطع سوق الأشجار التي تعرضت للبرد الشديد أو الجفاف أو الإصابة بالحشرات والفطريات.

٢ - العيوب الصناعية: وتنشأ هذه العيوب نتيجة لتجفيف الخشب ومن أهمها:

- التثاق ، ٢ - الالتواء ، ٣ - التقلص.

المعيب الناتجة من الأحياء الخارجية؛ وتلشأ نتيجة لإصابة الخشب بالحشرات والفطريات.



الجلسة العملية التاسعة

تصنيف الأخشاب

١ - تصنيف خشب الجذوع:

أ - الصنف الممتاز: ويشمل الجزء السفلي من الساق ويتصف خشبه بأن عدد الحلقات السنوية لا يقل عن خمس حلقات لكل ١ سم من القطر ومكونة من دوائر منتظمة حيث يكون الساق مستقيماً وأسطوانياً، يصلح هذا الصنف لصناعة ألواح الخشب المنشور والرقائق الخشبية.

ب - الصنف الجيد جداً: ويشمل الجذوع الخشبية الخالية من العقد والإصابات الفطرية والحشرية، كما أن درجة التناقص في قطرها لا تتجاوز ١ سم لكل ١ م طولاً، كذلك تكون نسبة الخشب القلبي عالية والخشب العصاري قليلة.

ج - الصنف الجيد: ويشمل الجذوع التي تحتوي على عقد صغيرة التي يتناقص قطرها بمعدل لا يتجاوز ١,٥ سم لكل ١ م طولاً، كما يسمح بنقوس في استقامة الجذع بمقدار ١ سم لكل ١ م طولاً.

د - الصنف المقبول: ويشمل الجذوع الخشبية التي تحتوي على عدد قليل من العقد التي يتناقص قطرها بمعدل يزيد عن ١,٥ سم لكل ١ متر طولاً كما يصل نقوس الجذع إلى ٣ سم لكل ١ م طولاً، كما يحتوي على بعض الإصابات الحشرية والفطرية.

٢ - تصنيف الجذوع الخشبية ذات القيمة التجارية المرتفعة: مثل جذوع الأنواع الخشبية التالية: الجوز، الزان، الحور، الأرز، الشوح.

حيث يتم تصنيف الجذوع الخشبية على أساس درجة الاستفادة منها وذلك بإعطاء نقاط لكل من الصفات الجيدة التي ترفع من قيمتها والصفات غير المرغوبة التي تخفض من قيمتها وفقاً لجدول درجات تصنيف النوعية (جدول رقم ١) ومن خلال جمع عدة نقاط وتقسيمها على عدد الصفات وبالرجوع إلى الجدول يمكن معرفة درجة التصنيف وبالتالي النوعية.

جدول رقم (١): جدول درجات تصنيف النوعية

النوعية	درجة التصنيف	القطر عند مستوى ارتفاع الصدر (سم)	طول الساق الكلي (م)	طول الساق الخالي من الفروع (م)	عدد الأوجه الخالية من العيوب
أ	١	٦٥	٣٢	٩	٣
	٢	٦٠	٣٠	٩	٢
ب	٣	٥٥	٢٨	٩	٢
	٤	٥٠	٢٦	٨	١
ج	٥	٤٥	٢٤	٧	١
	٦	٤٠	٢٢	٦	٠
	٧	٣٥	٢٠	٥	٠

مثال: إذا كان لديك جذع خشبي يتصف بالقياسات التالية:

الصفة	القياس	النقاط حسب الجدول
القطر (سم)	٤٥	
طول الساق الكلي (م)	٢٨	
طول الساق الخالي من الفروع (م)	٩	
عدد الأوجه الخالية من العيوب	٣	
مجموع النقاط		

حدد نوعية هذا الجذع مستعيناً بجدول درجات تصنيف النوعية.

٣ - تحديد أنخاب ألواح الخشب المنشور: إن تحديد أنخاب ألواح الخشب المنشور (أبعاد اللوح ٣ م طول، ٢٥ سم عرض، ٥ سم سماكة) يعتمد على عيوب الخشب التالية: العقد - التشقق - الالكثواء - الفشوه في اتجاه الألياف - الإصابة بالفطور والحشرات (على ألا تتجاوز نسبة الإصابة ٥% وأن تكون معالجة) حيث تميز الأنخاب التالية:

- النخب الأول: خال من جميع العيوب.
- النخب الثاني: إذا ورد فيها عيب واحد.
- النخب الثالث: إذا ورد فيها عيبان معاً.
- النخب الرابع: إذا ورد فيها ثلاثة عيوب مجتمعة.
- النخب الخامس: إذا ورد فيها أكثر من ثلاثة عيوب.

الجلسة العملية العاشرة:

مشكلة إصدارات الفورم ألدهيد من المادة الخشبية المصنعة

Formaldehyde Release from Wood Panels

المقصود بالمادة الخشبية المصنعة : الخشب المضغوط ، الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF ، الخشب المعاكس و خشب اللاتيه .

مصدر الفورم ألدهيد : المواد اللاصقة المستخدمة في الصناعات الخشبية و هي : اليوريا فورم ألدهيد ، الفينول فورم ألدهيد ، الميلامين يوريا فينول فورم ألدهيد و التالين فورم ألدهيد

المشكلة : نتلخص مشكلة إصدارات الفورم ألدهيد على صعيدين :

١-الصعيد الصناعي : خلال عملية تصنيع الألواح الخشبية ينطلق الفورم ألدهيد في هواء المصنع الأمر الذي يعرض العمال إلى أضراره المتمثلة في التهابات الأغشية المخاطية و التهاب العيون و الإصابة بالسرطانات إضافة إلى أضرار في الجهاز العصبي المركزي حيث تحدث هذه الأضرار إذا ما زاد تركيز الفورم ألدهيد في هواء التنفس عن ٠.١ PPM (جزء بالمليون) أي ما يعادل ٠.١٢ ميليغرام في المتر المكعب . هذا ولقد حددت هيئة البحوث الألمانية التركيز الأعظم المسموح به من إصدارات الفورم ألدهيد في مصانع الأخشاب و ورش النجارة بـ ٠.٠٢-٠.٠٦ جزء بالمليون .

٢- الصعيد المنزلي : بارتفاع الحرارة داخل المنزل ينطلق الفورم ألدهيد من الأثاث المصنعة من المادة الخشبية (الخشب المضغوط ، الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF ، الخشب المعاكس و خشب اللاتيه) فإذا ما زادت نسبة هذه الإصدارات في هواء التنفس عن ٠.١ PPM (جزء بالمليون) أي ما يعادل ٠.١٢ ميليغرام في المتر المكعب يصاب سكان المنزل وخاصة الأطفال بالأمراض التالية : التهابات الأغشية المخاطية و التهاب العيون و الإصابة بالسرطانات إضافة إلى أضرار في الجهاز العصبي المركزي . هذا ولقد وضعت الهيئات الصحية و البيئية الألمانية تركيز ٠.١ PPM (جزء بالمليون) أي ما يعادل ٠.١٢ ميليغرام في المتر المكعب كحد أقصى مسموح به من إصدارات الفورم ألدهيد من المادة

الخشبية المصنعة. ومن أهم المراجع التي تطرقت بتوسع لهذه المشكلة (Roffael, 1982, 1993, Birger, 1993).

إن مشكلة إصدار الفورم ألدهيد من المادة الخشبية المصنعة معروفة في أوروبا و الدول الإسكندنافية منذ أكثر من ربع قرن ، لكن هذه المشكلة لا تزال غير معروفة في سورية و الوطن العربي . هذا ومن الأهمية بمكان التنبيه لهذه المشكلة في سورية حيث تستورد كميات هائلة من الخشب اللبني متوسط الكثافة MDF و الخشب المضغوط و المعاكس دون مراقبة لصفة إصدار الفورم ألدهيد منها .

زد على ذلك أن هناك العديد من مصانع اللاتيه و المعاكس وورش النجارة في دمشق وريفها و المدن الأخرى في القطر التي تستخدم البوريا فورم ألدهيد على أنها مادة لاصقة دون مراعاة إصدار الفورم ألدهيد منها في أجواء المعمل مما يعرض العمال للأمراض التالية : في التهابات الأغشية المخاطية و التهاب العيون و الإصابة بالسرطانات إضافة إلى أضرار في الجهاز العصبي المركزي وذلك نتيجة جهل أرباب العمل بهذه المشكلة وعدم مبالاتهم . هذا و تفتقر هيئة المواصفات و المقاييس و الجمارك إلى صفة إصدارات الفورم ألدهيد من المادة الخشبية المصنعة .

٣-الحلول المقترحة لمعالجة هذه المشكلة تتمثل بما يلي :

- ١- أخذ صفة إصدار الفورم ألدهيد من المادة الخشبية المصنعة بعين الاعتبار لدى هيئة المواصفات و المقاييس و الجمارك .
- ٢- أن تكون نسبة إصدار الفورم ألدهيد للأخشاب المصنعة المستوردة (الخشب اللبني متوسط الكثافة MDF و الخشب المضغوط و المعاكس) ضمن الحدود المسموح فيها صحياً و بيئياً ، و التأكد من ذلك قبل السماح بإدخالها .
- ٣- إضافة المواد القابضة للفورم ألدهيد للخزائن المستخدمة في الصناعات الخشبية مثل البوريا .
- ٤- تعريض الألواح الخشبية المصنعة بالمواد اللاصقة الآتفة الذكر لغاز الأمونياك .
- ٥- استخدام مواد لاصقة خالية من الفورم ألدهيد مثل مادة الـ دي فينيل ميتان دي إيزو سيانات PMDI و مادة الثنائي فورم ألدهيد .
- ٦- تلبيس الألواح بالفورميكا (الورق المغطس بالميلامين) .

الجلسة العملية الحادية عشرة

التعرف على أهم منتجات الغابة غير الخشبية :

١-الصبغات النباتية

تستخدم بعض الصبغات المستخلصة في بعض الأنواع الحراجية مثل : البقص *Rhus cotinus* والروبيا *Rubia tinctorum* في صيغ الجلود و القطن و الصوف .

٢-الفمار

من أهم الأنواع الحراجية التي يستفاد من ثمارها الأنواع التالية :

- أ-البطم الفلسطيني *Pistacia plastina* : حيث تستخدم ثماره مكسرات بعد تحميصها .
- ب-الخروب (الخروب) *Ceratonia siliqua* : يصنع من قرويه دبس الخروب كما أن هناك بعض الاستخدامات الطبية الشعبية ليزوره و قرويه في علاج بعض الأمراض المعدية و المعوية ، كما تمتاز قرويه بقيمة علفية جيدة .
- ج-الغار النبيل *Laurus nobilis* : تعصر ثماره للحصول على زيت الغار الذي يحتوي على حمض الغار و حمض الزيت و حمض الفخيل و حمض الصوف حيث يستخدم هذا الزيت في صنع صابون الغار ويغش هذا الصابون بمزج زيت الغار مع زيت المطراف المستخلص من العرجوم (نقل الزيتون) . كما يدخل زيت الغار في تصنيع الشامبو ويستخدم في علاج الروماتيزم المفصلي .
- د-الكستناء *Castanea sativa* : تشوى ثمارها في الشواء وتؤكل نظراً لطعمها اللذيذ وقيمتها الغذائية العالية . يمكن الحصول على المادة العفصية (التانين) من قشور جنوعها حيث تستخدم في دباغة الجلود و في صناعة المادة اللاصقة الطبيعية التانين فورم ألدهيد -TF- resin .
- هـ-السنديان العادي *Quercus dalliprinus* : تستخدم ثماره البلوطية علفاً لتغذية الحيوان .

٣-النباتات الرحيقية

تعتبر بعض الأنواع النباتية في الغابة مصدراً جيداً لغبار الطلع و الرحيق إذ إنها تؤمن مرعى جيداً للنحل و من أهم هذه الأنواع :

الشمرة *Foeniculum vulgar* ، الزعتر بأنواعه *Thymus sp.* ، البردقوش السوري *Origanum syriacum* ، المليسة الطبية *Melissa officinalis* ، اللاوند *Lavandula* ، *stoechas* ، اللبلاب *Hedera helix* ، الطيون *Inula viscosa* ، الكستناء *Castanea sativa* ، الحلاب بأنواعه *Euphorbia sp.* ، الزعرور *Crataegus azaralus* ، الجربان *Calycotome villosa* .

٤-النباتات الطبية و العطرية

تحتوي الغابة على بعض الأنواع النباتية ذات القيمة الطبية و العطرية . يعرف النبات الطبي بأنه النبات الذي يحتوي في عضو أو أكثر من أعضائه على مادة طبية فعالة بتركيز مرتفع أو منخفض و تفيد في علاج مرض معين أو في التقليل من أعراض الإصابة بمرض معين إذا ما استخدم بصورته الطبيعية أو على شكل مستحضر صيدلاني طبي . ومن الأهمية بمكان التمييز بين النبات الطبي ذو الاستخدام المباشر و النبات الطبي ذي الاستخدام غير المباشر . حيث يعرف النبات الطبي ذي الاستخدام المباشر بأنه النبات الذي يملك مجال استخدام آمن إذا ما استخدم بكمية كبيرة مثل الشمرة بينما النبات الطبي ذو الاستخدام غير المباشر هو النبات الذي لا يمكن استخدامه استخداماً شعبياً مباشراً بل تدخل مواده الفعالة في تصنيع العقاقير الدوائية الصيدلانية . أما الأنواع النباتية العطرية فهي الأنواع التي تحتوي على الزيوت العطرية . ومن أهم النباتات الطبية : الزعرور *Crataegus monogyna* ، الخرنوب *Ceratonia siliqua* ، اللبلاب *Hedera helix* ، العرق سوس *Glycyrrhiza glabra* ، العرن مثقب الأوراق (حشيشة القلب) *Hypericum perforatum* ، القراص المحرق *Urtica urens* ، الطيون *Inula viscosa* ، الشيكوريا *Cichorium intypus* ، السماق *Rhus coriaria* ، رجل الديك *Ruscus aculeatus* ، الموسن *Iris pseudoacorus* ، السرو الدائم الاخضرار *Cupressus sempervirens* ، كزبرة البئر *Adiantum capillus* ، الشربين *Juniperus oxycedrus* .

و من أهم النباتات العطرية : الغار النبيل *Laurus nobilis* ، البنفسج العطري *Viola odorata* ، الشيح *Artemisia arborescens* ، البردقوش السوري *Origanum syriacum* ، المليسة الطبية *Melissa officinalis* ، اللوند *Lavandula stoechas* ، الزعتر السوري *Thymus syriacus* ، الأس *Myrtus communis* ، المرمية *Salvia sclarea* ، النعنع *Mentha pulegium* .

٥-النباتات التزيينية

تشمل الغابة على العديد من النباتات التزيينية التي يمكن الاستفادة منها اقتصادياً كما تعتبر مصانراً وراثية هامة و من أهم هذه الأنواع النباتية : بخور مريم *Cyclaman persicum* ، النرجس *Narcissus tazetta* ، الدفنة الزيتونية *Daphne oleifolia* ، الياسمين *Jasminum fruticans* ، الوزال *Spartium junceum* ، الأوركيدا *Orehis moria* ، الأس *Myrtus communis* ، اللوند *Lavandula stoechas* .

٦-النباتات الرعوية

تؤمن بعض الأنواع النباتية مادة رعوية جيدة للأغنام و الماعز و الأبقار على أن يكون الرعي منظماً بحيث لا يضر بالغابة .

٧-الدبال

يمكن الاستفادة من دبال الغابة باعتباره مخصباً للترب و عادة ما يستثمره أصحاب المشاتل التزيينية.

٨-الحياة البرية

يمكن الاستفادة من الحيوانات البرية في الغابة بالصيد المنظم و المدروس . من الحيوانات البرية التي يمكن الاستفادة من لحومها الأرنب البري السوري *Lepus capensis syriacus* و الغزال العربي *Gazella gazella arabica* و الخنزير البري *Sus scrofa lypico* ، كما يجب منع الصيد في المحميات و منع صيد الأنواع المهددة بالانقراض . منح ترخيص

الصيد فقط للصيادين الخاضعين لدورات تدريبية في علم الصيد و الحياة البرية تنظمها الجهات المختصة (أقسام الحراج في الكليات ، مديريات الحراج) .

٩- السياحة البيئية

يمكن الاستفادة من الغابة و مناظرها الجميلة و الأوابد الأثرية التاريخية التي تكتنفها من قلاع و آثار و مدن تاريخية و مزارات دينية في اجتذاب السائحين و عشاق الطبيعة و الباحثين عن المعرفة و الاستجمام . تعتبر السياحة البيئية شكلاً من أشكال الاستثمار للغابة كما تؤمن فرص عمل موسمي للسكان المحليين .

الجلسة العملية الثانية عشرة:

الصفات التكنولوجية لأهم الأنواع الخشبية المحلية والمدخلة في سورية

* افحص العينات الخشبية التابعة للأنواع التالية :

١ - النغث الشرقي (جار الماء) *Alnus orientalis*:

يكون خشب النغث مبيض اللون حال قطعه ثم لا يلبث أن يصبح مائلاً إلى اللون البني الفاتح المشوب بالحمرة ويصعب تمييز خشب القلب عن الخشب الطري ولا يوجد للخشب رائحة أو مذاق مميزين. والخشب ذو نصيب مستقيم وكثافة نوعية خضراء ٠,٣٧ وجافة ٠,٤٣ : الخشب طري إلى متوسط الطراوة ويمكن تمييز حلقات النمو وهو من الأخشاب المنتشرة الأوعية وتكون الأوعية منفردة صغيرة يصعب تمييزها دون مكبرة أو تكون في مجموعات ٢ إلى عدة. ويصعب تمييز الخلايا البارانشيمية وتكون الأشعة من نموذج الخلتين عرضاً وتكون ضيقة أو متجمعة ويصعب تمييزها دون مكبرة. يميل تركيب خشبه إلى اللزومة أكثر من الخشونة وبترتيب يميل إلى الاستقامة. يستعمل خشب النغث عالمياً بشكل أساسي في صناعة المفروشات بسبب سهولة شغله وجودة حياته وسهولة لصفه وتقبله للمواد الكيميائية وتقبله للمسامير والبراغي كما يستعمل في صناعة حشوة اللاتيك بسبب انكماشه القليل أو المتوسط وجودة لصفه كما يستعمل في صناعات النوافذ والأبواب والأرضيات والأدوات والفحم وصناعات عجينة الورق. ويعد الخشب متوسط المتانة إلا أنه ضعيف المقاومة للصدمات وتلصق عليه الدهانات والطلاءات بشكل جيد.

٢ - الكستناء *Castanea sativa*:

يكون الخشب المحيطي في الكستناء ضيقاً ذا لون أبيض إلى بني فاتح (خفيف) ويكون خشب القلب رمادياً إلى بني يذكن لونه بتقدمه في العمر لا رائحة للخشب مع مذاقه القابض بسبب محتواه من التانين. الخشب ذو حيات مستقيمة متوسط الخفة حيث تبلغ كثافته النوعية الخضراء والجافة ٠,٤٠ و ٠,٤٥ على التوالي متوسط المساواة. تكون حلقات النمو واضحة صوماً والخشب من النوع حزمي الأوعية تكون أوعية الربيع كبيرة جداً واضحة للعين المجردة ويكون الانتقال مفاجئاً بين خشب الربيع والخريف وتكون أوعية الخلايا المشكلة في

الخريف ضيقة وصغيرة التمييز في الحلقات الضيقة. وتكون الخلايا البارانشيمية غير مميزة والأشعة ضيقة جداً صعبة الرؤية حتى بمكبرة. غالباً ما يصعب تمييزه عن خشب السنديان إلا أنه خفيف الوزن وأطرى. يستعمل خشب الكستناء في استخراج التانين حيث تنفع قطع خشبه بماء ساخن ويختر المحلول للحصول على التركيز المطلوب.

وفي صناعات العجينة والألواح المصنوعة من الألياف والأعمدة وركائز التسوير وعوارض السكك الحديدية. ويعد خشب الكستناء متوسط المتانة متوسط القوة والقساوة وفي المفروشات والصناديق وفي أعمال النجارة المختلفة. وفي صناعة اللاكثيه (الخشب المطبق).

- الخشب خشن البناء Coarse in Texture سهل للتجفيف والشغل.

٣- الصلع *Ostrya carpinifolia*:

يكون الخشب العصاري في الصلع مبيض اللون ويكون خشب القلب مبييضاً إلى بني خفيف مشوب بالحمرة ولا يحوي الخشب رائحة أو مذاقاً ويكون الخشب ثقيلًا حيث تبلغ كثافته النوعية الخضراء والجافة ٠,٦٣ و ٠,٧٨ على التوالي. الخشب قاس جداً تكون حلقات النمو مميزة وأوعيته منتثرة ذات كونتور خشن ragged وتكون غوره صغيرة صعبة التمييز للعين المجردة منفردة أو في مجموعات من اثنين إلى أكثر ذات توزيع غير متجانس في حلقة النمو. يمكن رؤية الخلايا البارانشيمية الحزمية بالعدسة على حواف حلقات النمو. الأشعة دقيقة وعديدة.

يميز الصلع عن البتولا بكون حلقات نموه غير منتظمة الاستدارة ragged growth rings التي تتلون أو يشوبها اللون الأبيض على حوافها وتميل الأوعية الناقلة إلى التجمع. يستعمل خشب الصلع في المفروشات والأدوات الزراعية وأحطاب الوقود.

٤- الغلاديشيا *Gladitsia triacanthos*:

يكون الخشب العصاري مصفرًا عريضاً ويكون خشب القلب أحمر خفيفاً إلى بني محمر وليس له مذاق أو رائحة معينة الخشب ثقيل جداً حيث تبلغ كثافته النوعية الخضراء والجافة قرناً ٠,٦ و ٠,٦٧ على التوالي. الخشب قاس جداً. ذو حلقات نمو مميزة بأوعية حزمية حيث تكون الأوعية الربيعية كبيرة واضحة للعين المجردة وتحوي الأوعية مواد

مترسبة حمراء - بنية (صغيرة) ويكون الانتقال مفاجئاً من خشب الربيع للصيف وتكون أوعية خشب الصيف صغيرة صعبة الرؤية بالمكبرة تكون ، الخلايا البارانشيمية قصيرة مماسية التوضع وتكون على شكل حزم بيضاء يمكن رؤيتها بعدسة مكبرة في القسم الخارجي من الخشب النهائي. ويمكن مشاهدة الأشعة بالعين المجردة.

إن تركيب الخشب يميل إلى الخضونة وترتيبه مستقيم ظاهر. تستعمل أخشاب الغلاديشيا عوارض للسكك الحديدية وركائز أسيجة وفي الأعمال الإنشائية وفي صناعة المفروشات . حيث إن خشب الغلاديشيا قاس جداً لا ينكسر إلا بصعوبة . يتحمل الضغط ينسك المسامير بشدة إلا أنه يفصل عن بعضه . لا تلصق عليه المواد اللاصقة والدهانات بشكل جيد . مقاوم للحشرات والأمراض.

٥ - الروبينيا (المسكة ، زهر العنقود) *Robinia pseudoacacia*:

يكون الخشب العصاري مصفراً ضيقاً ، بينما يكون خشب القلب أخضر ضارباً إلى الصفرة إلى أخضر مصفر غامق أو بني ذهبي ويكون خشبه خالي الطعم والرائحة وثقيل جداً حيث تتراوح الكثافة النوعية الخضراء والجافة قرناً ٠.٦٦ و ٠.٧٣ على التوالي. الخشب قاس جداً ذو حلقات نمو مميزة حلقية الأوعية وتكون أوعية الربيع كبيرة تشكل من ٢-٣ ثغور في العرض مسدودة تماماً بالتيلوزات في خشب القلب ويكون كنثورياً في الثغور المنفردة وبذلك غير مميز ويكون لون خشب الربيع على شكل أحزمة واضحة للعين المجردة ويكون الانتقال فجأة بين خشب الربيع والصيف وتكون أوعية الصيف صغيرة ، ولا تتميز الخلايا البارانشيمية وتكون الأشعة الخشبية واضحة بالعين المجردة. يميل تركيب الخشب إلى الخضونة وترتيب مستقيم.

يستخدم خشب الروبينيا في أعمال المناجم وفي الأعمال الإنشائية كالأعمدة بسبب متانته وقساوته وديمومته . والخشب ذو انكماش متوسط وانتفاخ كذلك ، كما يستعمل في أعمال صناعة الصناديق والمفروشات وغيرها . وبعد الخشب مقاوماً جيداً للصدمات وخشب القلب مقاوم للتهديم ويستخدم عوارض للسكك الحديدية . هذا ويتحمل خشب الروبينيا الاهتزازات والضغط ، يملك المسامير بقوة كما يقاوم أضرار الحشرات والأمراض.

٦- الدلب الشرقي *Platanus orientalis*:

يكون الخشب العصارى في الدلب أبيض إلى أصفر فاتحاً أو بلياً محمراً ويكون خشب القلب فاتحاً إلى بني غامق أو بني محمراً ، وليس للخشب مذاق أو رائحة معينة وتكون بشكل عام حبيباته ملتفة Interlocked ، والخشب ثقيل نسبياً ذو كثافة نوعية خضراء ٠,٤٦ ، وجافة ٠,٥٤ ، وقاس نسبياً وخشبة من النوع منتثر الأوعية ، وتكون الثغور صغيرة غير واضحة أو صعبة التمييز بالعين المجردة وعديدة وكثيرة ولا يمكن رؤية الخلايا البارانشيمية تكون الأشعة عريضة وعديدة الطبقات سهلة التمييز بصرياً متجانسة العرض ومتقاربة مع بعضها وتكون على شكل خطوط متقاربة مزدحمة في المقطع المماسي تعطي بريقاً أحمر بنيّاً أو فضياً في المقطع القطري. يميل تركيب خشب الدلب إلى اللعومة ويكون ترتيبه غير مستقيم.

يستعمل خشب الدلب في صناعة الرقائق الخشبية وفي صناعة الصناديق وعلب المساجير والأرضيات والبراميل Cooperage وفي صناعات المفروشات والأبواب والنوافذ وأعمال النجارة الأخرى. ويمكن أن يستعمل في صناعة عجينة الورق. ينكمش الخشب سطوياً في التجفيف والخشب مقاوم للصدمات ، ويستعمل في عوارض السكك الحديدية حيث إن خشب الدلب يتحمل الضربات والاهتزازات وهو خشب قلس لا ينكسر ولا يتفسخ.

٧- الميس الشرقي *Celtis orientalis*:

يكون الخشب العصارى في الميس أصفر شاحباً إلى رمادي أو أخضر مصفراً عريضاً ويكون خشب القلب رمادياً مصفراً إلى رمادي شاحب اللون مبقعاً بالأصفر وليس للخشب طعم ولا رائحة ، وتكون أليافه مستقيمة أو ملتفة في بعض الأحيان ، والخشب ثقيل نسبياً ذو كثافة نوعية خضراء ٠,٤٩ ، وجافة ٠,٥٩ ، وقساوته متوسطة وتكون حلقات نموه مميزة . حزمي الأوعية وتكون أوعية الربيع كبيرة ظاهرة للعين المجردة تصطف ٢-٥ في العرض ويكون الانتقال مفاجئاً من خشب الربيع للخريف. تكون أوعية الخريف صغيرة عديدة وبصعوبة تمييز الخلايا البارانشيمية وتكون الأشعة الخشبية واضحة للعين المجردة.

يستعمل خشب الميس في صناعة المفروشات وفي أعمال الجارة وفي صناعة الأدوات الرياضية الخشبية كمضارب التنس وغيرها ، كما ويستعمل في صناعة الصناديق وفي صناعة القشور .

ويشبه خشب الميس خشب الأولم كثيراً كما يعد الخشب مقاوماً للانحناء ضعيفاً في الاتجاه الطولي للانضغاط قاسياً نسبياً عالي المقاومة للصددمات ذا الكماش كبير ، لكنه يحافظ على شكله جيداً خلال التجفيف .

٨ - الصفصاف *Salix sp.*

يكون الخشب العصاري في الصفصاف أبيض اللون ضيقاً أو عريضاً ويكون خشب القلب بنياً إلى أحمر شاحباً لو رمادياً بني اللون مع وجود مشع طولية على طول الألياف . ولا يكون له مذاق أو رائحة مميزة . أليافه عموماً مستقيمة ذو كثافة نوعية خضراء وجافة ٠,٣٤ و ٠,٤١ على التوالي أي الخشب خفيف نسبياً طري نسبياً حلقات نموه غير واضحة ضيقة إلى عريضة . ثغوره عديدة صغيرة وأكبرها في خشب الربيع تصعب مشاهدتها بالمعين المجردة ويكون الخشب نصف حزمي إلى منتشر الأوعية . حيث الأوعية منفردة أو مجتمعة في مجموعات الثنتين إلى أكثر . تكون الخلايا البارانشيمية غير واضحة بتكبير خفيف . الأشعة ضيقة جداً نادراً ما ترى بعدسة مكبرة وتكون في طبقة واحدة . يميل تركيب خشب الصفصاف إلى الخشونة وبترتيب مستقيم تقريباً وغير واضح .

يشبه خشب الحور خشب الصفصاف كثيراً ويختلفان عن بعضهما باللون حيث يكون لخشب الصفصاف لون بني أو بني ضارب إلى الحمرة بعكس اللون الأبيض الرمادي أو الرمادي الفاتح البني في الحور وتكون أشعة الصفصاف غير متجانسة الخلايا بينما تكون متجانسة في الحور .

يستعمل خشب الصفصاف في صناعة الصناديق والمفروشات والبراميل والأدوات الخشبية المنزلية وفي الفحم رديء النوعية . كما تستعمل فروع الصفصاف في صناعة السلال . الخشب متجانس البناء خفيف المتانة طري ينكسر بسهولة ، لا يتحمل الضغط الجانبي . يتحمل الاهتزازات كثيراً . سهل الثقل . لا يمسك المسامير بشكل جيد سريع التخلص .

٩ - السيكويا *Sequoia sempervirens*:

يكون الخشب العصاري في السيكويا أبيض ضيقاً ، بينما يكون خشب القلب أحمر خفيفاً إلى بني محمر والخشب دون طعم أو رائحة ذو ألياف مستقيمة متجانسة والخشب ذو بناء خشن خفيف إلى متوسط ذو كثافة نوعية خضراء وجافة ٠,٣٨ و ٠,٤١ على التوالي طري إلى قاس نسبياً حلقات نموه مميزة ذات خشب نهائي داكن اللون ضيق ذو ٢-٣ تراكدات عرضاً وقد يكون عريضاً.

١٠ - الشوح السوري *Abies cilicica*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١- لون الخشب: مبيض يميل إلى الاصفرار قليلاً يظهر عليه بعض اللعان.
 - ٢- حلقات النمو: عريضة واضحة خشبه الصيفي مسمر والانتقال من الربيعي إلى الصيفي بالتدرج.
 - ٣- الأشعة: تتألف من طبقة واحدة لا تظهر بالعين المجرة.
 - ٤- التركيب: يميل إلى الخشونة.
 - ٥- الترتيب: مستقيم.
 - ٦- الوزن النوعي: حوالي ٠,٣٥-٠,٤٠.
 - ٧- الرائحة والطعم: عديم الرائحة والطعم.
- ب- الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

الخشب طري لا يتحمل الضغط يكسر بسهولة بمسك الطلامات والدهان بشكل جيد . لا يمسك المسامير داخله بشدة . يتقلص قليلاً بتشقق بسرعة بعد جفافه . لا يقاوم الأمراض أي أنه غير متين.

ج - الاستعمالات:

تستعمل أخشاب الشوح في مختلف الأعمال الإنشائية المختلفة وصناعة الصناديق والورق وغيرها.

١١- الأرز اللبناني *Cedrus libani*:

أ- أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١- لون الخشب: مسمر يميل إلى الاصفرار . خشب القلب غامق اللون مسود وعريض.
- ٢- حلقات النمو: واضحة بسهولة . الخشب الصيفي كثيف كالربيعي وأسمر كسنتاني.
- ٣- الأشعة: قليلة لا تشاهد بالعين المجردة.
- ٤- التركيب: دقيق يميل إلى النعومة.
- ٥- الترتيب: مستقيم.
- ٦- الوزن النوعي: وسطياً ٠٠,٥٥.
- ٧- الرائحة والطعم: له رائحة جميلة مميزة على غيره من الأخشاب وهي رائحة طاردة للحشرات.

ب- الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

الخشب جيد متين ومقاوم للأمراض يمكن شغله بالآلات النجارة بسهولة . يتقلص قليلاً . يتحمل الضغط لا يكسر بسهولة.

ج- الاستعمالات:

يستعمل خشب الأرز في الإنشاءات المختلفة كالبيوت والمناجم والسكك الحديدية والمفروشات والبراويز والصناعات الخشبية داخل البيوت وخارجها وقد استعمل كثيراً في صناعة تماثيل الآلهة وخاصة في عهد الفراعنة.

يحتوي الخشب على مادة راتنجية تسمى سيدريا *Cedria* أو صمغ الأرز . وكان قدماء المصريين يستخرجونها ويستخدمونها باعتبارها مادة حافظة وأطلقوا عليها اسم «حياة الأموات» وكانوا يستعملون نشارته في تكفين الموتى وقد عثر على هذه المادة في قبورهم.

ومن الجدير بالذكر أن خشب اللذاب *Juniperus excelsa* يشبه كثيراً خشب الأرز وقد استعمل في القديم مكان خشب الأرز متخذاً نفس اسم الأرز . فهو خشب جيد ومتين وطري يقاوم الحشرات والأمراض.

١٢ - السرو الدائم الاخضرار *Cupressus sempervirens*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: أبيض فاتح مصفر تظهر عليه لمعة خفيفة.
 - ٢ - حلقات النمو: لا تتميز بوضوح.
 - ٣ - الأشعة: غير ظاهرة.
 - ٤ - التركيب: دقيق يميل إلى النعومة.
 - ٥ - الترتيب: مستقيم ولا يظهر بسهولة.
 - ٦ - الوزن: النوعي خفيف.
 - ٧ - الرائحة والطعم: له رائحة سروية رائتجية وخاصة عندما يكون رطباً.
- ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

طري . ناعم . لا يتحمل الكسر . يمكن شغله وتنجيره بسهولة . ينقلص قليلاً ويصنف ضمن الأخشاب الجيدة في النجارة لسهولة شغله وقطعه ونشره...
ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب السرو في صناعة الموبيليا والمفروشات وأقلام الرصاص والإنشاءات المختلفة. ومن الأهمية بمكان الإشارة إلى أن خشب العفص *Thuja sp* يشبه خشب السرو ويتصف بصفاته الجيدة ويقوم مقامه في كثير من الاستعمالات.

١٣ - الصنوبر البروتي *Pinus brutia*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: بني فاتح يميل إلى الصفرة والزرقة نتيجة لتأكسده بعد القطع مباشرة . خشب للقلب قليل ملآن بالمواد الراتنجية.
- ٢ - حلقات النمو: ظاهرة يمكن تمييز الخشب الربيعي عن الصيفي بكل سهولة غالباً ما تكون ناقصة أو كاذبة.
- ٣ - الأشعة: قليلة لا تظهر بالعين المجردة.
- ٤ - الأكنية الراتنجية: كثيرة في الخشب العصارى تظهر بصعوبة بالعين المجردة.
- ٥ - التركيب: خشن غير دقيق.

٦ - الترتيب: مستقيم.

٧ - الوزن النوعي: ٠,٣ - ٠,٤ من الوزن الجاف.

٨ - الرائحة والطعم: عديم الرائحة والطعم.

ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

طري . لا يتحمل الكسر كثيراً . غير قاسي . يمكن شغله بسهولة لولا وجود العقد الخشبية . يتقلص قليلاً . يمسك الدهان عليه جيداً . لا ينفصل الترتيب عن بعضه بسهولة . خشب القلب متين ومقاوم لضرر الحشرات والأمراض.

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب صنوبر بروتيا في سورية بكثرة في صناعة السبنديق والقوارب البحرية الصغيرة . والإنشاءات المختلفة كالأعمدة والعمود الخشبية في البيوت الريفية في منطقة اللاذقية . وفي صناعة حشوة الخشب المعاكس المعدة لصناعة الأبواب كما هي الحال في معمل الخشب المعاكس باللاذقية.

ملاحظة: إن خشب الصنوبر الجلبني يشبه إلى حد ما خشب الصنوبر البروتي. ويستعمل مكانه في كثير من المجالات التصنيعية.

١٤ - السنط العربي *Acacia arabica*

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

١ - لون الخشب: محمر فاتح توجد بعض اللطخات الغامقة.

٢ - حلقات النمو: واضحة.

٣ - التركيب: خشن.

٤ - الترتيب: مستقيم وغير منتظم.

٥ - الوزن النوعي: ٠,٥ - ٠,٦ .

٦ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات التصنيعية الميكانيكية:

يتحمل الضغط لا ينكسر بسهولة . غير مقاوم للحشرات والأمراض وخاصة الخشب
العصاري . يمكن شغله بسهولة . قاس بعد أن يجف .

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب السنط العربي في الأدوات الزراعية . والعوارض المختلفة والملاجئ
وفي صناعة القوارب وبعض الإنشاءات الخفيفة.

١٥ - الشبرد الشرقي *Carpinus orientalis*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: بني فاتح محمر .
- ٢ - حلقات النمو: غير ظاهرة كثيراً الانتقال تدريجي بين الخشب الصيفي والربيعي .
- ٣ - الأشعة: من طبقة أو أكثر تظهر بصعوبة بالعين المجردة .
- ٤ - الأوعية: منتشرة بشكل سلسلي لا تظهر إلا بصعوبة بالعين المجردة .
- ٥ - التركيب: يميل إلى النعومة .
- ٦ - الترتيب: مستقيم .
- ٧ - الوزن النوعي: حوالي ٠,٥٥ , ثقيل .
- ٨ - الرائحة: عديم الرائحة .

ب - الصفات التصنيعية الميكانيكية:

ثقل . يتحمل الكسر كثيراً يتحمل الاهتزازات كثيراً يتقلص . يمسك المسامير بشكل
جيد . يميل إلى كونه قاسياً يشغل وينجر بصعوبة .

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الشرد في بعض الإنشاءات والأدوات الصناعية المختلفة وللوقود .

١٦ - كازوارينا *Casaurina equisetifolia*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: محمر فاتح وقد يتلون بالعين الأزرق يحتوي على نسبة عالية من
الرطوبة بعد قطعه .

٢ - حلقات النمو: ظاهرة واسعة غير تامة الاستدارة دائماً.
٣ - الأشعة: عريضة تظهر بالعين المجردة تظهر محيط الجذع بشكل منحنيات
لقصرها.

٤ - الأوعية: ظاهرة منتشرة.

٥ - التركيب: خشن.

٦ - الترتيب: يميل إلى الاستقامة.

٧ - الوزن النوعي: يميل إلى الثقل.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات الميكانيكية والتصنيعية:

الخشب رديء يتشقق بسهولة بالتوي كثيراً لا يمكن شغله وتجيره إلا بصعوبة.

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الكازوارينا للحرق والوقود . وفي بعض الإنشاءات والاستعمالات
الثانوية كصنع الكراسي والركائز .

١٧ - اليوكالبتوس أو الكينا أو الكافور *Eucalyptus camaldulensis*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

١ - لون الخشب: أحمر فاتح.

٢ - حلقات النمو: ظاهرة وعريضة.

٣ - الأشعة: قليلة ولا تظهر بسهولة.

٤ - المسام: عديدة يرى بعضها بالعين المجردة.

٥ - التركيب: كثيف وخشن.

٦ - الترتيب: يميل إلى الاستقامة.

٧ - الوزن النوعي: الكثافة للخشب الجاف ٨٩٠، ١٠٠٠.

٨ - الرائحة والطعم: عديم الرائحة والطعم.

ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

مقاوم للأمراض والحشرات . يمكن شغله وتجديره بسهولة . لا يمكن حثيه لأنه لا يصلح لذلك . الوجه المماسي أقوى وأمتن من الوجه القطري . تلصق عليه الطلاءات والدهانات بشكل جيد . يتقلص بسهولة .

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب اليوكالبتوس في جميع المجالات . في الإنشاءات . والعارضات والركائز . والصيلوز . وصناعة الورق . وصناعة الأكواح اللبغية . والحبيبية (الخشب المضغوط) . والمعاكس . والفحم . وأحطاب الوقود . واستخراج المواد الثانوية.

ملاحظة:

معظم أصناف اليوكالبتوس تتشابه في صفاتها التصنيعية والاستعمالات.

١٨ - الدردار السوري *Fraxinus syriaca*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: بني فاتح مبيض تظهر عليه بعض البقع الملونة.
- ٢ - حلقات النمو: ظاهرة وعريضة.
- ٣ - الأشعة: من طبقة أو أكثر يصعب مشاهدتها بالعين المجردة.
- ٤ - الأوعية أو المسام: يمكن مشاهدتها بالعين المجردة حلقة . الربعية كبيرة والصيفية صغيرة.
- ٥ - التركيب: يميل إلى الخشونة.
- ٦ - التركيب: مخبأ قليلاً ويميل إلى كونه مستقيماً.
- ٧ - الوزن النوعي: ٠,٥٧ ثقيل إلى حد ما.
- ٨ - الرائحة والطعم: عديم الرائحة والطعم.

ب - الصفات التصنيعية الميكانيكية:

خشبه قاس . يتحمل الصدمات والاهتزازات وقوة الانحناء بشكل لا ينكسر بسهولة . يتحسن ملمسه كثيراً بعد الاستعمال . يمكن شغله بسهولة يتقلص قليلاً . يتعرض للإصابة بالحشرات والأمراض .

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الدردار كثيراً في الأدوات الزراعية وقبضات الأيدي للأدوات الزراعية وغير الزراعية . كذلك في المفروشات ، والصناديق والأوعية واللعب ويصنع منه بعض أنواع الغلايين الرخيصة.

١٩ - الجوز *Juglans regia*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: بني محروق كستنائي محلي بلطخة بنفسجية.
 - ٢ - حلقات النمو: ظاهرة عريضة.
 - ٣ - الأشعة: عديدة الطبقات يمكن مشاهدتها بسهولة.
 - ٤ - المسام: كبيرة ومنشرة تشاهد بالعين المجردة بسهولة وخاصة في خشب القلب عندما تكون ملانة بالمواد الملونة الغامقة.
 - ٥ - التركيب: ناعم وسط.
 - ٦ - الترتيب: يميل إلى الاستقامة.
 - ٧ - الوزن النوعي: ثقيل تقريباً ٠,٥٠.
 - ٨ - الرائحة والطعم: له رائحة جوزية وخاصة عندما يكون رطباً.
- ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

يمكن شغله بسهولة . يتقلص بشكل قليل لا يتغير شكله بعد التجفيف . قاس لا يكسر بسهولة . يتحمل الضغط والاهتزاز . لا تنفصل أليافه بسهولة.

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الجوز بشكل رئيس في صناعة الخشب المعاكس والشرائح الخشبية والأيدي الخشبية للبنادق هذا فضلاً عن استعمالاته للعديد في الموبيليا والمفروشات وللتلبس . كذلك يمكن استعماله في الأعمال الإنشائية المختلفة.

٢٠ - الأزدרכת *Melia azaderach*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: من بني فاتح إلى بني محمر له لمعة لطيفة.

- ٢ - حلقات النمو: ظاهرة وعريضة.
- ٣ - الأشعة الخشبية: عريضة ويمكن مشاهدتها بالعين المجردة.
- ٤ - الأوعية أو المسام: تظهر بالعين المجردة حلقة . الربعية كبيرة والصيفية صغيرة.
- ٥ - التركيب: يميل إلى الخشونة.
- ٦ - الترتيب: مستقيم.
- ٧ - الوزن النوعي: ثقيل.
- ٨ - الرائحة والطعم: عديم الرائحة ولكن بعد ترطيبه قد يعطي رائحة لطيفة.
- ب - الصفات الميكانيكية والتصنيعية:
- خشبه قاس . يتحمل الكسر . والضغط . يتقلص قليلاً يمكن شغله . يقاوم الضربات والاهتزازات.
- ج - الاستعمالات:
- يستعمل الأزدرخت كثيراً في المفروشات البتية وفي بعض الإنشاءات الصغيرة . وفي صناعة علب السيارات . ويعتبر من الأخشاب الجميلة جداً في مقطعها الطولي.

٢١ - التوت الأبيض *Morus alba*:

أ - الصفات غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: أصفر جميل.
- ٢ - حلقات النمو: ظاهرة.
- ٣ - الأشعة: ظاهرة بالعين المجردة عديدة الطبقات.
- ٤ - الأوعية: حلقة . الربعية كبيرة والصيفية صغيرة متجمعة.
- ٥ - التركيب: يميل إلى الخشونة قليلاً.
- ٦ - الترتيب: مستقيم وتظهر بعض البقع الصغيرة المربعة اللامعة على الوجه القطري.
- ٧ - الوزن النوعي: ثقيل حوالي ٠.٥٥.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة والطعم.

ب - الصفات الميكانيكية والتصنيعية:

قاسٍ مقاوم للأمراض والحشرات . يتحمل الكسر والضغط . يمكن شغله وتنجيده ولكن بصعوبة قليلة.

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب التوت كثيراً للركائز والأسيجة والمفروشات والصلال والأكوات الزراعية والإنشاءات الخفيفة.

٢٢ - الحور الرومي *Populus alba var roumi*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية شير الميكانيكية:

١ - لون الخشب: أبيض عاجي . قلب الخشب مسود.

٢ - حلقات النمو: تظهر في المقطع العرضي.

٣ - الأشعة: لا تظهر بالعين المجردة.

٤ - المسام: منتشرة حوالي ٧٣ وعاء في مم^٢.

٥ - التركيب: ناعم.

٦ - الترتيب: مستقيم.

٧ - الوزن النوعي: الكثافة ٠,٤٥ بالنسبة للوزن الجاف.

٨ - الرائحة: له رائحة خفيفة مميزة.

ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

يقاوم ضرر الحشرات والأمراض أكثر من الحور الحموي . وأمتن منه بمسك

الطلاءات والدهانات بشكل جيد . يمكن شغله وتنجيده بسهولة . يتحمل الاهتزاز

والضربات أكثر من الحموي.

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الحور الرومي في سقف البيوت والإنشاءات المختلفة وفي صب قوالب الإسمنت . وصنع الكراسي . والقباييب . والخشب المضغوط . والمبيلوز . والورق . والطحن الخشبي . وصناعة الصناديق والأوعية والسلال .

٢٣ - الحور الفراتي *Populus euphratica*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: أبيض مصفر على حمرة خفيفة - خشب القلب محمر .
- ٢ - حلقات النمو: عريضة تظهر بالعين المجردة بسهولة .
- ٣ - الأشعة: لا تظهر بالعين المجردة .
- ٤ - المسام: منتشرة حوالي ٨٠ وعاء في مم^٢ .
- ٥ - التركيب: ناعم .
- ٦ - الترتيب: يميل إلى الاستقامة .
- ٧ - الوزن النوعي: الكثافة بعد التجفيف الطبيعي ٠,٤٦ .
- ٨ - الرائحة والطعم: عديم الرائحة والطعم .

ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

يتحمل الكسر والضغط . غير مقاوم للحشرات والأمراض يمكن شغله وتنجيره بسهولة . يتحمل للضربات . والاهتزازات كثيراً .

ج - الاستعمالات:

يستعمل للإنشاءات الخفيفة والوقود محلياً في مدن وقرى نهري الفرات والخابور . يمكن أن يكون مصدراً جيداً للمبيلوز وصناعة الورق . وصناعة السلال والأوعية المشابهة . والطحن الخشبي .

٢٤ - الحور الحموي *Populus nigra var hamoui*:

أ - أهم الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: أصفر مبيض . يظهر خشب القلب بلونه الداكن وأسوداده .
- ٢ - حلقات النمو: ظاهرة يمكن تمييز الخشب الصيفي عن الربيعي .
- ٣ - الأشعة: لا تظهر بالعين المجردة .

٤ - المسام: منشورة حوالي ٨٦ وعاء في مم^٢.

٥ - التركيب: ناعم.

٦ - الترتيب: مستقيم.

٧ - الوزن النوعي: الكثافة ٠,٤١ بالنسبة للوزن الجاف.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات التصنيعية (الميكانيكية):

لا يكسر بسهولة غير مقاوم لضرر الحشرات والأمراض. يمكن شغله وتنجيره بسهولة خفيف . طري .

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب الحور الحموي في صناعة الكبريت . والكراسي . والإنشاءات وسقف الدبوت . والميليلوز . والورق . والخشب المضغوط . والسلال . والسندايق . والأوعية المختلفة . وللطحين الخشبي.

٢٥ - العذر (السنديان العنبري) *Quercus cerris*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

١ - لون الخشب: بني فاتح يميل إلى الاصفرار.

٢ - حلقات النمو: واضحة جداً . ضيقة جداً في الخشب العنبري تسيطر عليها الأشعة.

٣ - الأشعة: تظهر بالعين المجردة بكل سهولة في جميع المقاطع.

٤ - الأوعية: حلقية تظهر بالعين المجردة في المقطع العرضي.

٥ - التركيب: يميل إلى الخشونة.

٦ - الترتيب: مستقيم ظاهر.

٧ - الوزن النوعي: ثقيل ٠,٦٥.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات التصنيعية الميكانيكية:

ثقيل . يصعب شغله وتنجيره . غير مقاوم للحشرات والأمراض. لا ينشق عن بعض بسهولة . ولا ينكسر إلا بصعوبة . يتحمل الضغط.

يستخدم في معظم الأعمال الإنشائية المختلفة في الجسور بعد معاملته بالمواد الحافظة . وأرضية البيوت . والأدوات الزراعية . والفحم . وأحطاب الوقود . ويمكن استعماله في صناعة الخشب المعاكس والتليس نظراً لجمال شكله القطري ولونه الجميل للمزجونات.

٢٦ - السنديان شبيه العذري *Quercus pseudocerris*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

- ١ - لون الخشب: أسمر كستنائي فاتح يميل إلى الاصفرار والاحمرار.
- ٢ - حلقات النمو: واضحة يمكن مشاهدتها بالعين المجردة تسيطر عليها الأشعة الجريضة.
- ٣ - الألياف: كثيرة وعريضة وتظهر بالعين المجردة بكل سهولة.
- ٤ - الأوعية: معظمها ملآن ببعض المواد المترسبة لذلك لا تظهر بسهولة لأنها محدودة.

٥ - التركيب: يميل إلى النعومة.

٦ - الترتيب: مستقيم.

٧ - الوزن النوعي: ثقيل حوالي ٠,٧.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات التحسينية الميكانيكية:

خشب متين قاس وتقل . لا ينكسر بسهولة ولا يمكن شغله وتجييره إلا بصعوبة . يتحمل الضغط كثيراً ولا يتأثر بالاهتزازات كثيراً.

ج - الاستعمالات:

يستخدم خشب السنديان في كثير من نواحي الحياة الإنشائية للجسور . والأبنية . والأدوات الزراعية وأسلحة الصيد . وأرضية البيوت والجدران . ويمكن عمل شرائح خشبية منه لصنع الموبيليا والتليس بشكل جميل جداً في المقطع القطري.

٢٧ - البلوط *Quercus infectoria*:

أ - الصفات الفيزيائية غير الميكانيكية:

١ - لون الخشب: أسمر كستنائي فاتح جميل جداً في المقطع المساسي، حيث يظهر فيه الأشعة بشكل عرضي.

٢ - حلقات النمو: ظاهرة ضيقة تسيطر عليها الأشعة الخشبية.

٣ - الأشعة: كثيرة وعريضة وتُشاهد بالعين المجردة بكل سهولة في جميع المقاطع.

٤ - الأوعية: كثيرة ومنشرة وتُظهر بالعين المجردة وكثيرتها تؤدي إلى انخفاض وزنه النوعي بالنسبة للسنديان والعنبر.

٥ - التركيب: خشن.

٦ - الترتيب: مستقيم.

٧ - الوزن النوعي: ثقيل ٠,٥٥.

٨ - الرائحة: عديم الرائحة.

ب - الصفات الميكانيكية والتصنيعية:

خشب قاس يتحمل الكسر . لا ينشق بسهولة . صعب الشغل والتجسير . يمسك المسامير بشكل جيد وكذلك المواد اللاصقة والدهانات . يتحمل الاهتزاز . لا ينشق عن بعضه بسهولة . يمكن معاملته بالمواد الحافظة بكل سهولة..

ج - الاستعمالات:

يستعمل خشب البلوط في كثير من الأعمال الإنشائية المختلفة والأدوات الزراعية . والجسور . وأرضية البيوت . والمفروشات.



الجلسة العملية الثالثة عشرة :

أهم الأخشاب المصنعة

- ١- الخشب المعاكس Plywood.
- ٢- الخشب الحبيبي (الخشب المضغوط) Particle boards.
- ٣- الخشب الليفي المتوسط الكثافة (MDF) Medium Density Fiber Board.

١- الخشب المعاكس Plywood:

يصنع الخشب المعاكس بلصق شرائح خشبية متساوية السماكة مع بعضها بشكل متعكس أي أن يكون ترتيب الخشب للشرائح متعامداً مع بعضه البعض . يتكون الخشب المعاكس من ثلاث طبقات من الشرائح الخشبية أو أكثر حيث تسمى الشريحة الداخلية بالحشوة Core والشرائح الخارجيتان بالأوجه Faces وتسمى الشريحتان الخشبيتان المجاورتان للحشوة والمتعامدتان معها في الخشب المعاكس الذي يتكون من أكثر من ثلاث شرائح خشبية بالطبقات المتعامدة Cross bands.

وتهدف صناعة الخشب المعاكس إلى ما يلي:

- أ - التجانس في قوة الخشب في جميع الاتجاهات.
- ب - التقليل من تقاوس الخشب والالتواء.
- ج - التخلص من تشقق الجوانب والحواف.

- خطوات صناعة الخشب المعاكس:

- ١- تقشير الكتل الجذعية: تنزع القشرة الخارجية للكتل الجذعية إما يدوياً أو آلياً.
- ٢- الحصول على الشرائح الخشبية: تعتبر الطرق التالية من أكثر الطرق شيوعاً:
 - أ - طريقة التقشير الحلقي Rotary cut veneer: تتم هذه الطريقة بتدوير الكتلة الجذعية المطبوخة بالبخار (لمدة ١٢ ساعة ، ودرجة حرارة 100م) على سكين قاطعة بطول الكتلة الجذعية وبزاوية حادة مناسبة للحصول على شرائح خشبية بسماكة ٢-٢,٥ مم.

- ب- طريقة التقشير المخروطي Cone Cutting: وهي طريقة تشبه طريقة بري قلم الرصاص حيث يتم الحصول على شرائح خشبية دائرية الشكل.

ج- طريقة الحز Sliced veneers: حيث يتم الحصول على القشرة الخشبية بوساطة سكين الحز.

٣- تقطع الشرائح الخشبية إلى قطع حسب الأبعاد المطلوبة.

٤- تجفيف الشرائح الخشبية في أفران خاصة على درجة حرارة ١٦٠ درجة مئوية ولمدة ١٢-١٥ دقيقة.

٥- نزع العقد الخشبية والجيوب الصمغية ووضع رقع خشبية مناسبة مكانها.

٦- لصق اللقطع الصغيرة من الشرائح الخشبية للحصول على قطع كبيرة من الشرائح ذات قياسات مناسبة.

٧- يشكل الخشب المعاكس بوضع الشرائح الخشبية بشكل معاكس بعد تغرية للطبقات الداخلية لها بالمواد اللاصقة.

٨- توضع الشرائح الخشبية المغراء في مكبس حراري متعدد الطبقات لتكبس على درجة حرارة تتراوح من ١١٥-١٤٠ درجة مئوية من ٥-٦ دقائق.

٩- إزالة الحواف الزائدة للألواح المنتجة لإعطائها شكلاً منتظماً.

١٠- صقل ألواح الخشب المعاكس المنتجة بوساطة آلات الصقل المجهزة بورق الصقل (ورق الزجاج).

١١- يمكن تلبيس ألواح الخشب المعاكس بالأوجه الورقية أو البلاستيكية لتجميلها حسب الطلب.

١٢- تغليف الألواح المنتجة بورق العسر ووضعها في المخازن.

• المواد اللاصقة المستخدمة في تصنيع الخشب المعاكس:

- اليوريا فورم ألدهيد UF.

- الفينول فورم ألدهيد PF.

- الميلامين يوريا فورم ألدهيد MUF.

- البولي ميرات دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI.

- الثانين فورم ألدهيد TF.

٢ - الخشب الحبيبي (الخشب المضغوط) Particle boards:

تصنع ألواح الخشب الحبيبي من حبيبات صغيرة خشبية (شارة خشبية) ملتصقة مع بعضها تحت تأثير الضغط والحرارة (Deppe, et. al., ١٩٩١).

يتألف مصنع الخشب المضغوط من الأقسام التالية:

- أ - قسم التغذية.
- ب - قسم الفرامل.
- ج - قسم التجفيف والتغرية.
- د - قسم الكبس.
- هـ - قسم المنشار.
- و - قسم التتعيم (الصقل).

- خطوات صناعة ألواح الخشب الحبيبي (الخشب المضغوط):

- ١- يتم في قسم التغذية تحويل القطع الخشبية الكبيرة كالجدوع التي لا تصلح للخشب المنشور والفروع الخشبية إلى قطع خشبية بطول ٣٠-٥٠ سم.
- ٢- بعدما يتم في قسم الفرامل تحويل القطع الخشبية إلى حبيبات خشبية بأشكال مختلفة مدورة إلى متطاولة إلى رقيقة وذلك بإدخالها إلى فرامل مختلفة.
- ٣- بعد ذلك تجفف الحبيبات الخشبية (الشارة الخشبية) في قسم التجفيف بإدخالها إلى مراحل مدها: بأبواب بحار ذات ضغط ٨-١٠ كغ/سم^٢ إلى درجة رطوبة ٥%. بعدها تبخ بالغراء (المادة اللاصقة) بنسبة تصل إلى ١٠% من وزنها الجاف. ومن أكثر المسود اللاصقة استخداماً مادة اليوريا فورم ألدهيد UF كما يمكن استخدام مواد لاصقة أخرى هي الفينول فورم ألدهيد PF والميلامين يوريا فورم ألدهيد MUF والمادة اللاصقة البولييميرات المكونة من دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI. كذلك يمكن استخدام مادة النانين فورم ألدهيد TF. هذا وتصل نسبة رطوبة الحبيبات الخشبية المغرأة إلى ١٠-١٢%.
- ٤- بعد ذلك يتم فرش الشارة المغرأة على صواني المكبس (قوالب) في قسم الكبس بكمية تناسب وكثافة اللوح المطلوبة وسماكته. بعد ذلك تدخل الصواني (القوالب) في مكبس متعدد الطبقات ليصار إلى كبسها على درجة حرارة ١٤٠-١٥٠ درجة مئوية وبضغط

صناعي يصل إلى ١٩٠-٢٠٠ كغ/سم^٢ ولمدة تتراوح من ١٠-١٢ دقيقة حسب السماكة المطلوبة.

٥- بعد الكبس تدخل الألواح إلى قسم المنشار حيث يتم تحديد طولها وعرضها بقص حوافها بمناشير قرصية.

٦- تدخل الألواح المصنعة إلى قسم الصقل لتنعيمها.
هذا ويمكن تثبيس ألواح الخشب المضغوط بأوجه من القشور الخشبية أو البلاستيكية.

٣- الخشب الليفي المتوسط الكثافة (MDF):

تتكون ألواح الخشب الليفي المتوسط الكثافة من ألياف خشبية ملتصقة ومضغوطة مع بعضها البعض (Deppe, et. al., ١٩٩٦).

- خطوات صناعة الخشب الليفي المتوسط الكثافة MDF:

١- تحول الأخشاب من قطع كبيرة إلى قطع وشرائح خشبية صغيرة ٣×٣ سم بإدخالها إلى فرامات.

٢- بعد ذلك يتم طبخ هذه القطع الخشبية بتعرضها لبخار في مراحل درجة حرارته ١٦٠-١٨٠ درجة مئوية لمدة ٥ دقائق لتلين مادة اللغنين وتسهيل عملية فصل الألياف عن بعضها.

حيث تسمى هذه الطريقة في فصل الألياف بالطريقة الحرارية الميكانيكية TMP.
٣- تفكيك الألياف وفصلها يتم بإدخال القطع الخشبية المطبوخة إلى آلة تتكون من ترسين مزودين بنتوءات فولاذية أحدهما ثابت والآخر متحرك.

٤- بعد ذلك يتم تجفيف الألياف إلى درجة رطوبة ٥% من ثم تتم تغريتها بالمادة اللاصقة بنسبة تتراوح ما بين ٨-١٢% من وزن الألياف الجافة وذلك حسب المادة اللاصقة المستخدمة حيث تستخدم المواد اللاصقة التالية في صناعة الخشب الليفي المتوسط الكثافة:

- البوريا فورم ألدهيد UF.
- الميلامين يوريا فورم ألدهيد MUF.
- الفينول فورم ألدهيد PF.
- البولييميرات المكونة من دي فينيل ميثان دي إيزوسيانات PMDI.
- الثانين فورم ألدهيد PF.

هذا وتستخدم لهذه المواد اللاصقة مواد مقسية مختلفة أهمها: مادة سلفات الأمونيوم والأمونياك بنسبة ٢% من المادة اللاصقة. هذا ويجب أن تكون رطوبة الألياف قبل كبسها ١٠-١٢%. تسمى هذه الطريقة في التجرية بالطريقة الجافة وهناك طريقة أخرى تسمى بالطريقة الرطبة أو Blow Line حيث يتم تجرية الألياف الرطبة بالمادة اللاصقة فتصل رطوبتها إلى ٧٠% بعد ذلك يتم تجفيفها بإدخالها في خط اسطوانتي طوليه ١٥٠م حيث تحمل بواسطة تيار من الهواء الساخن يضغط في الخط الاسطوانتي من توربين هوائي، حيث تخرج الألياف من نهاية هذا الخط برطوبة تصل إلى ١٠%.

٥- بعد ذلك يتم فرش الألياف المغزاة على شكل حصيرة وبسماكة تصل إلى ١٦-٢٠سم. بعد ذلك نضغط هذه الحصيرة ضغطاً أولياً لتتماسك. بعد ذلك إما أن تقطع وتوضع في قوالب المكبس إذا كان المكبس متعدد الطبقات. حيث تكبس على درجة حرارة ١٩٠م لبضعة دقائق حسب سماكة اللوح المطلوبة أو أن تدخل الحصيرة إلى مجموعة اسطوانات (مداخل) إذا كان المكبس ممتزجاً حيث تصل حرارة الكبس إلى ٢٠٠-٢٥٠ درجة مئوية. بعد ذلك يتم تقطيع هذه الحصيرة حسب أبعاد الألواح المطلوبة وكثافتها التي تتراوح ما بين ٧٠٠-٩٠٠ كغ/م^٢.

٦- تيريد الألواح وقص حوافها وسقلها من الوجهين بمقدار ١-٢م بعد ذلك يتم تخزينها. هذا ويمكن تلييس الألواح بالورق الملون أو البلاستيك.

الملاحظة:

يتم إنهاء هذه الجلسات المملية بالعزات وصور الملائد وأفلام الفيديو القصيرة.



الجلسة العملية الرابعة عشرة :

تكنولوجيا صناعة الورق

I- صناعة الورق Paper manufacturing:

تعتمد صناعة الورق بنسبة ٩٤% عالمياً على الأخشاب ويصنع الورق أيضاً من الألياف نباتات أخرى كقصب السكر والقصب العادي والقطن وغيرها.

-عمليات التصنيع The Manufacturing process:

تشمل عمليات التصنيع : (١) فصل الألياف الخشبية (٢) تعليق الألياف في الماء (٣) ضرب الناتج و تصفيته (٤) إضافة المحسسات (٥) تشكيل الحبيصة الورقية (٦) صرب الماء (٧) تجفيف الرقائق.

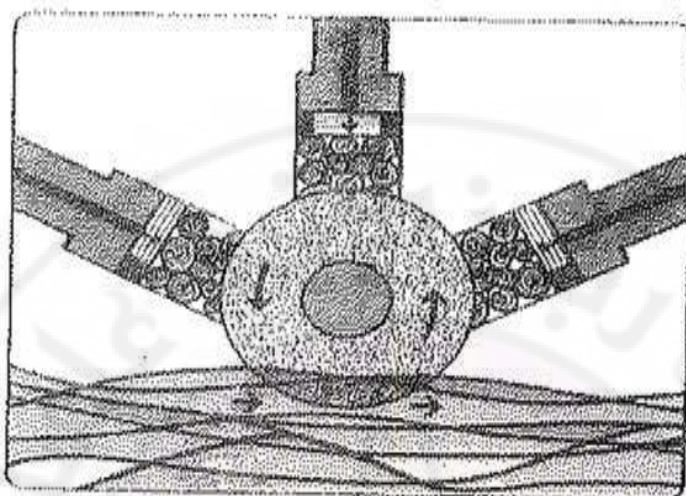
أ - إنتاج العجينة الورقية Pulp Production:

يتبع في إنتاج العجينة الورقية عدة طرق منها الكيماوية والميكانيكية أو الطريقة الحرارية أو الجمع بين هذه الطرق.

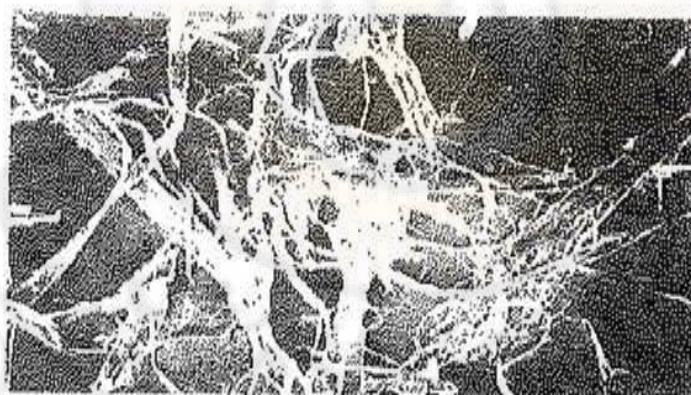
١ - الطريقة الميكانيكية Mechanical pulping:

تطحن الأخشاب في هذه الطريقة بمطاحن حجرية ذات أحجار طحن كبيرة. تدور عكس الاتجاه المماسي للأخشاب Tangential Surfaces حيث تنزع الألياف منفردة أو على شكل مجموعات من السطوح الخشبية حيث تحمل هذه المجموعات المزروعة بتيار مائي. انظر الشكل رقم (١) والشكل رقم (٢) الذي يبين طبيعة الناتج بهذه الطريقة. وتستخدم الطريقة الحديثة في طحن الخشب دسكاً مضاعفاً من المعدن يدوران باتجاهين متعاكسين ويمكن أن يثبت أحدهما ويترك الآخر ليدور حسب الطلب حيث تدخل القطع الخشبية من منتصف الدولاب الدائر لتخرج من بين سطحي الدولابين مفتتة إلى ألياف ولا يضيع في هذه العملية إلا القليل من المواد الخشبية خاصة إذا كانت الأخشاب متوسطة الكثافة حيث لا تتعثر وتتفكك أو تتمزق الألياف وتضيع كما لو كانت الأخشاب عالية الكثافة ويقدر الناتج المستعمل في عملية التصنيع بعد عملية الطحن بنحو ٩٥ - ٩٩% وتعطي هذه الطريقة ورقاً رديئاً بسبب وجود اللغنين الذي يكسب الألياف قساوة . ويقلل من التحامها ويتصف الورق المصنع

ميكانيكياً بضعف متانته ورداءة سطوحه واصفرار « بنقدمه في العمود لا سيما لسوء تعرض
لأشعة الشمس (اصفرار أوراق الجرائد).



شكل رقم (١): مطحنة حجرية.



شكل رقم (٢): شكل العجينة الورقية المنتجة بالطريقة الميكانيكية.

وفي طريقة صناعة الورق، بالطريقة الحرارية الميكانيكية تعرض القطع الخشبية إلى تيار حار ١٢٠-١٣٥م أثناء مرورها بالمصافي (المنقي) حيث ترطب الحرارة اللغنين مما يسهل فصل الألياف بأضرار طفيفة لها وتحسن بهذه الطريقة صفات المتانة والامتصاصية للعجينة الناتجة وتعرف هذه الطريقة بـ Thermo-mechanical pulp TMP العجينة الحرارية الميكانيكية.

٢ - الطريقة الكيميائية Chemical pulping :

تستخدم الطريقة الكيميائية في شروط حرارية لفصل الألياف والتخلص من اللغنين حيث توضع القطع الخشبية في أوعية كبيرة تحوي محاليل ، وتطبخ القطع تحت ضغط حيث تنفصل الألياف عن بعضها عند ذوبان اللغنين الذي يربط الخلايا بعضها ببعض . وتعرف هذه المرحلة بالطبخ. وتتم عملية الطبخ ، إما باستعمال السلفات أو السلفيت وتشمل طريقة السلفيت استعمال حمض الكبريتي Sulfurous وثنائي سلفايت الأمونيا والمغنزيوم والكالسيوم ، أو الصوديوم حيث تعطي هذه الطريقة عجينة جيدة ووفيرة تصلح لصناعة ورق الكتابة. وغالباً ما يستعمل ثنائي سلفايت الكالسيوم ويؤخذ على هذه الطريقة مشكلة تصريف محاليل الطبخ بعد انتهاء العملية (١٥٠٠ غالون/ طن عجينة) حيث تلقى عادة في مياه الأنهار أو البحيرات كما يؤخذ عليها عدم ملائمتها لصنع عجينة الورق من الأخشاب المخروطية عالية المحتوى الراتنجي كالصلوبر . وقد توقفت هذه الطريقة منذ عام ١٩٤٠ واستحدثت طريقة السلفات Sulfate حيث يطبخ الخشب بمحاليل مائات الصوديوم Sodium hydroxide وسلفايد الصوديوم Sodium Sulfide وتعرف هذه الطريقة بطريقة (Kraft process) Kraft أو طريقة القوة (Kraft.. كلمة سويدية وألمانية تعني القوة أو المتانة) ويمكن إستعادة محاليل الطبخ في هذه الطريقة وبذلك تقل مخلفاتها كثيراً وتصلح هذه الطريقة لطبخ جميع الأنواع بما فيها عالية المحتوى الراتنجي وتعطي هذه الطريقة عجينة متينة High Strength pulp ويؤخذ على هذه الطريقة فقط رائحة تطاير المركبات الكبريتية منها — تعطي هذه الطريقة عجينة ناعمة القوام صحيحة الألياف وذات قوام طري نظراً لإزالة معظم اللغنين . كما وتغيب صفة اصفرار الورق وتكون الغلة وفيرة نسبياً ، إلا أن جودة العجينة يكون على حساب الإنتاج حيث يقدر الإنتاج بـ ٤٤ — ٥٥% (مقدراً بنسبة الوزن الجاف من الألياف المستعملة إلى وزن القطع الخشبية الجافة الداخلة إلى الطبخ) ، وذلك لكل من طريقة السلفايت

والسلفات ويعود انخفاض الإنتاج هذا إلى أن محلول الطبخ إضافة إلى إذابته لللغنين فإنه يهدم بعضاً من السلولز ونصف السلولز.
سميت هذه الطريقة سلفات لأن كبريت الصوديوم Na_2S يؤخذ من كبريتات الصوديوم (Na_2SO_4) .

٣ - الطريقة نصف الكيمائية $\text{Semi-chemical pulping}$:

يمكن الجمع بهذه الطريقة بين الطريقة الميكانيكية والكيميائية بهدف تحسين الإنتاج كما ونوعاً . وتعرف بالطريقة الكيميائية الميكانيكية $\text{Chemimechanical pulping}$ حيث تعرض القطع الخشبية لقليل من المحاليل (طبخ جزئياً) ، ثم تطحن ميكانيكياً لتفصل الألياف وتسهل المحاليل عملية فصل الألياف (تليينها) ، وتسمح هذه الطريقة بصناعة الورق من الأخشاب القاسية جداً التي يصعب تصنيعها بواسطة الطريقة الميكانيكية وحدها وتعطي هذه الطريقة ناتجاً يقدر بنحو ٦٥ - ٧٥% أو أحياناً أعلى من ذلك.

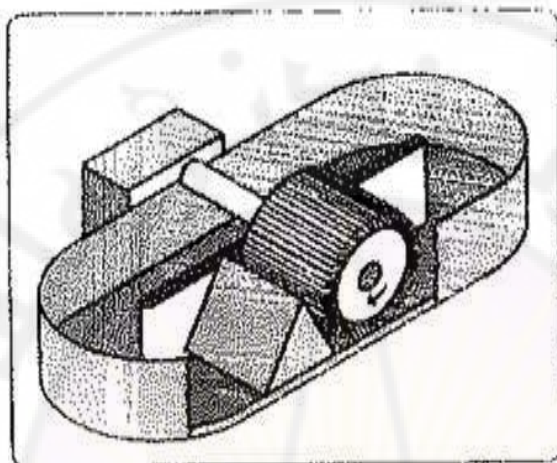
ب - الغسل والتبييض $\text{Washing + bleaching}$:

تغسل العجينة الناتجة لإزالة الكيماويات والشوائب حيث يصرف أولاً محلول الطبخ إلى وعاء جانبي وتجمع الألياف وتفصل عنه وتغسل الألياف بالماء على عدة مراحل وتكون العجينة غير المغسولة بنية إلى برونزية اللون بسبب وجود اللغنين أساساً والمواد المستخلصة الأخرى في خشب القلب. وتبيض العجينة عندما يراد الحصول على ورق أبيض بتعرضها إلى مركبات كلورية قوية أو بمركبات أوكسجينية ، وتعمل عملية التبييض على مهاجمة بقايا اللغنين ، وتستمر حتى إزالة كامل اللغنين أو ابيضاضه إلى الدرجة المرغوبة.

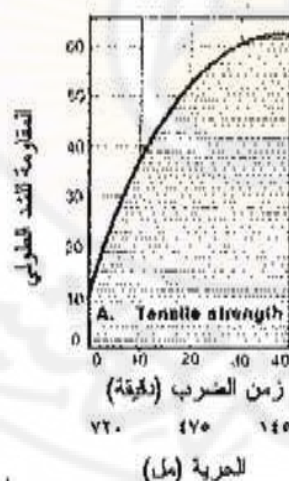
ج - الضرب والتنقية $\text{Beating and Refining}$:

تعود معظم قوة الورق ومثاقله إلى الروابط الهيدروجينية الموجودة بين الألياف المتجاورة ويعتمد إلى هرس الألياف أو طحنها لتسطيحها (تسويتها) ولتحرير الليفيات جزئياً من الجدر الخلوية ويزداد بذلك سطح التصاق الألياف بعضها ببعض. وتتم هذه العملية بعدة أنواع من الآلات انظر الشكل (٣) حيث تمر الألياف وتيار الماء بتماس دولاب مسنن يدور باستمرار حيث تتعرض الألياف في التيار المائي إلى فرك rubbing ميكانيكي ، ونظراً لأهمية الارتباط بين الألياف وعلاقة هذا الارتباط بجودة الخشب يعتمد إلى قياس إمكانية مدى وجود الروابط في العجينة ويعتمد إلى تقدير ذلك بالحرية $\text{Canadian Standard Freeness CSF}$ حيث تعلق كمية من الألياف في الماء ويقدر المعدل الزمني لصرف الماء من هذا

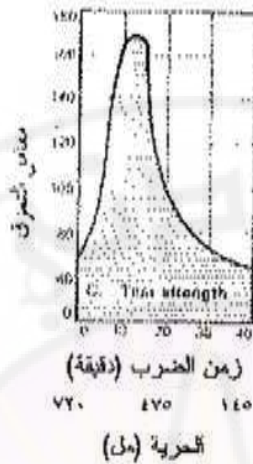
المعلق ، وبما أن مصرف الماء يتناسب عكساً مع مساحة السطح المعرض ومساحة السطح المعرض بدورها تتعلق بكمية ضرب الألياف أو ثقوبها ، فستكون الألياف المفرومة جيداً أكثر مقاومة لمصرف الماء من غيرها . وبذلك تكون الحرية في الألياف المفرومة جيداً منخفضة.



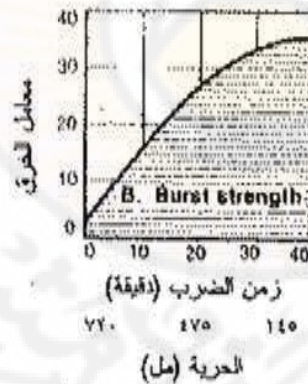
شكل رقم (٣): آلة ضرب الألياف.



شكل رقم (٤): العلاقة بين زمن الضرب والحرية والمقاومة للشد الطولي



شكل رقم (٥): العلاقة بين زمن الضرب والحرية ومعامل التمزق.

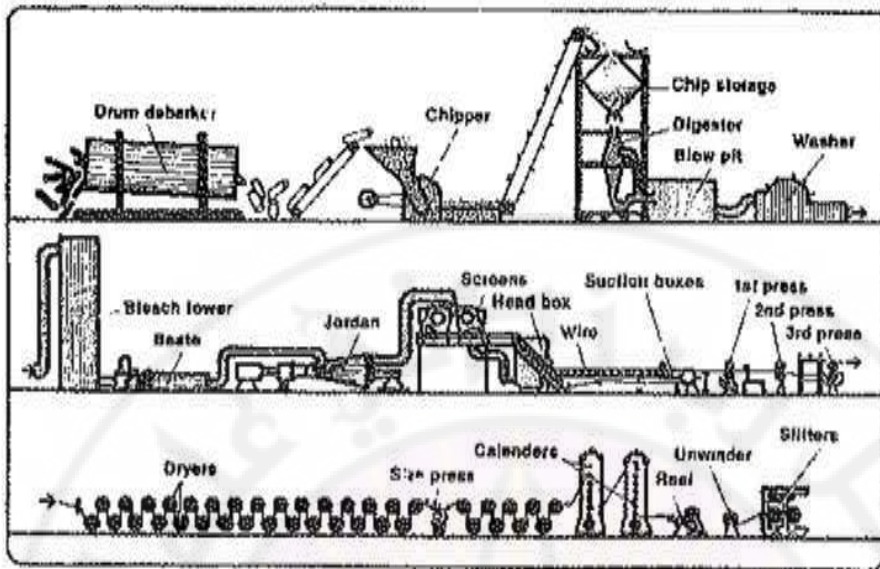


شكل رقم (٦): العلاقة بين زمن الضرب والحرية ومعامل الخرق.

ونوضح الأشكال رقم (٤) ورقم (٥) ورقم (٦) العلاقة بين زمن الضرب والحرية ومختلف صفات المتانة في العجينة الورقية. لاحظ من الشكل العلاقة العكسية بين زمن الضرب والحرية freeness ولاحظ أيضاً أن قوى الاختراق والشد تزداد بزيادة زمن الضرب. ولاحظ أيضاً زيادة قوى التمزق لزمن معين ثم تتناقص هذه القوى بزيادة الزمن حيث إن المقاومة للتمزق تتعلق بالألياف باعتبارها وحدة غير مخربة حيث تزداد القوى الأخرى بضرب الألياف لفقدانها جزءاً بسيطاً من كيانها بزيادة الضرب لا تلبث أن تتمزق وتفتت وتخفض تبعاً لذلك قوى التمزق.

د - تشكيل الرقائق (الصفائح) Sheet Formation:

بعد عملية الضرب تمزج الألياف مع الماء بمعدل ١% ألياف وزناً ويمكن في هذه المرحلة خلط مختلف أنواع العجائن (ميكانيكية - كيميائية) بنسب تتعلق والورق المراد تصنيعه يضاف إلى الخليط النشاء لزيادة متانة الروابط أو مواد راتنجية ويضاف الطين الخزفي لجعل العجينة (منفذة ولامعة للضوء) ويضاف أيضاً حجم وزن rosin (لتقليل امتصاصية العجينة للسوائل) ثم يشكل الخليط إلى حصيرة رقيقة عبر سبور حديدية غرباليسة التركيب تسير بسرعة معينة أو اسطوانات شبكية دائرية حيث يصرف الماء خلال جريان العجينة على هذه المناخل Screen بمساعدة شفطات Suction حيث يبقى على هذه المناخل حصيرة مشكلة أساساً من الألياف ، ثم تضغط الألياف الحصارية وهي رطبة وتمرر على مجموعة اسطوانات مسخنة بالبخار وتكس ثانية إلى السماكة المطلوبة وتلف إلى لفائف كبيرة وتتم عمليات إضافة الطلاء والدهانات والقطع في مراحل تالية. انظر الشكل رقم (٧) الذي يلخص مراحل صناعة الورق.



شكل رقم (٧): مراحل صناعة الورق.

II- صفات الورق Paper Properties :

١ - مقاييس الجودة Common Measures of quality :

تقاس جودة الورق بعدة مقاييس حسب نوع المنتج ، فعند انتاج أكياس ورقية مثلاً تعد المتانة هامة جداً ، فيجب أن يكون للورق المخصص لهذا الاستعمال متانة عالية High tensile Strength ، وكذلك أن تكون قوة اختراقه عالية burst Strength ومقاومة التمزق صفة هامة في جميع المنتجات الورقية المخصصة لصناعة الأكياس ، ويجب على الأكياس الاحتفاظ بمتانتها حتى ولو رطبت (ابتلت)، وفي ورق الكتب تعد المقاومة للتمزق هامة إضافة إلى قبول الورق للحبر بامتصاص ضعيف حتى لا يفشي الحبر . وكذلك عاتمته بحيث لا ترى الكتابة من الطرف الآخر للورقة وكذلك لماعية الورق هامة وابهضاضه الدائم ونعومة سطحه . وأحياناً قابلية تحمله للثني مرات ومرات، هذا ولكل نوع ظروف وشروط جودة معينة مطلوبة.

٢- صفات الورق وصفات الألياف Paper properties and Fiber characteristics:

يمكن التعرف على مجموعه من صفات الورق من خلال كثافة المادة الخشبية المستعملة . ويتعلق الكثافة بسماكة الجدران الخلوية ، فكلما كانت هذه الجدران قليلة النفاذ ، او كلما كان الخشب قليل الكثافة كان أكثر ملائمة لصناعة الورق باستثناء صسفة المقاومة للتمزق.

تعطي الألياف ذات الجدران الغليظة ورفاً دا قوة اختراق وشد ضعيفتين ، لكنه أكثر مقاومة للتمزق ويتصف الورق المصنوع من ألياف سميكة الجدران بتحملة الضعيف للثني المتكرر . هذا ويتعلق صفات مقاومة الورق للاختراق والشد بمدى الربط بين الألياف أو مقدرته التي تتأثر كثيراً بسماكة جدران الألياف التي قد يخيّل أنه نظراً لسماعتها فإنه لا يمكن ضربها بشكل كاف لزيادة التصاقها ببعضها ببعض كما هو الحال في الألياف نحيفة الجدران . لكن في الحقيقة العكس هو الصحيح ويعود السبب الرئيس في ضعف ارتباط هذه الألياف السميكة أن الورق يصنع على أساس الوزن بمعنى أن عدد الألياف في الحصرة المصنعة يتناسب عكساً مع كثافة الألياف أولاً وثانياً أن الألياف ذات الجدران السميكة ذات مساحة أقل في وحدة الوزن من الألياف ذات الجدران الرقيقة ويترجم هذان السببان إلى قلة في الربط والتداخل بين الخلايا Interfiber bonding وتعزى مناعة الورق في مقاومة التمزق إلى أن الألياف سميكة الجدران تعد أقوى وأمتن من الألياف ذات الجدران الرقيقة.

وبعد طول الألياف أساسياً في صناعة الورق وخواصه ويتعلق المقاومة للتمزق في الورق بطول الألياف حيث العلاقة الخطية المباشرة بين طول الألياف ومقاومة التمزق ، فكلما كانت الألياف أطول كلما كان الورق أكثر مقاومة للتمزق لغاية طول ٤ - ٥ ملم.

وقد وجد أن جدران الخلايا السميكة التي تعد مقاومة للتمزق تتكون من نسبة عالية من السيللوز على حساب نصف السيللوز واللغنين . ويتعلق المحتوى العالي من نصف السيللوز بمقاومة الورق للاختراق والتمزق وسرعة العجينة على التحللة وتشكيل روابط بين الألياف وتشكيل حصيرة كثيفة.

وتؤثر النسب الخلوية في كمية العجينة ونوعيتها خاصة في عريضات الأوراق حيث أن النسبة العالية من الأوعية فيها . وبسبب شكل الأوعية فإن ارتباطها مع الألياف يكون ضعيفاً وتساهم في إضعاف متانة الورق كما تتكسر الأوعية عند الطباعة وغالباً ما تتكسر عند عمليات صناعة الورق لذلك فالخشب الذي يحوي على نسبة عالية منها يعطي عجينة أقل كماً

من الأخشاب عالية المحتوى من الألياف. هذا ويشترى الخشب المعد لصناعة عجائن السورق إما على أساس الحجم أو الوزن.

III- صناعة الورق المقوى (الكرتون) Hard board :

الورق المقوى عبارة عن ألياف خشبية جمعت وكبست لوزن يعادل الواحد ويصنع هذا الورق على شكل صفائح بسماكة ٠,١٦ - ٠,٢٧ سم ويمكن أن يصنع بعدة أشكال ونماذج.

-التصنيع Manufacturing:

يلعب اللغنين دوراً هاماً في إنتاج الكرتون وذلك بربطه الألياف بعضها بعضاً وبعد دوره أساسياً في تلك العملية وبسبب ذلك فإن الكرتون ينتج فقط بالطريقة الميكانيكية لفصل الألياف منعاً لضياع اللغنين. وتشمل خطوات التصنيع عمليات طبخ القطع الخشبية بتعريضها لبخار حرارته ١٦٥ - ١٧٥ مئوية . وتتم عملية فصل الألياف بالطريقة الحرارية الميكانيكية وبعد تشكيل العجينة الكرتونية تبدأ عملية تصنيع الألواح الكرتونية بإضافة ريزن وشموع خلال عملية تجفيف العجينة أو بعد الانتهاء من عملية فصل الألياف مباشرة وتضاف الصمغ بنسبة ١ - ٢% من أساس الوزن الجاف للعجينة الميكانيكية مما يحسن من صفات متانة الألواح ويحسن من مقاومتها للماء. تشكل الألياف في صفائح (حصائر) وتضغط ضغطاً أولياً باستعمال الهواء أو الماء باعتباره مادة تشكيل أولية وتعرف بالطريقة الجافة أو الرطبة تبعاً للمادة الأولية المشكلة ثم تنتهي العملية بضغط الناتج حرارياً ١٩٠ - ٢٣٥ م وضغط يعادل ٥٠٠ - ١٥٠٠ بيزو (Psi = باوند/إنش^٢) لبلمرة اللغنين وتسمى بـ densify الحصىرة.

أ- الطريقة الرطبة Wet process :

تشمل الطريقة في تشكيل الحصىرة استعمال الماء حيث تخلط العجينة بالماء وتوضع على سيور معدنية شبكية على شكل صفائح حيث يصرف الماء بشفافات (تحت تفرغ) هوائي) بعدها يتم التخلص من الماء أكثر بواسطة الضغط المبدئي ثم تنقل الحصائر إلى ضغط حراري مع الشباك الحاملة لها حيث يعمل الضغط العالي والحرارة على تمكين الروابط اللغينية وإزالة الماء المحجوز وتجفيف الحصىرة وتنصف ألواح الكرتون المصنعة بهذه الطريقة بتجانس كثافتها بسبب التوزيع الجيد للمادة الحاملة (الماء) للألياف وبوجه خشن ناتج عن كبس الكرتون مع الشباك الحاملة له.

ب- الطريقة الجافة Dry Process:

تعتمد هذه الطريقة على استعمال الهواء باعتباره مادة تشكيل عوضاً عن الماء حيث يصار إلى تجفيف الألياف بعد فصلها وترش على الشباك المعدنية كـ...القطن المنسوجات Snow Storm حيث تكون الحبيورة المتشكلة بهذه الطريقة غير متجانسة الكثافة وتضغط أولاً ثم حرارياً . ونظراً لعدم الحاجة إلى شبك معدنية غربالية فإن الألواح الناتجة تكون ناعمة السطح ويستعمل غالباً نحو ٧% ريزن (غرام) على أنه لاصق لزيادة متانة الألواح.

تعالج ألواح الكرتون المستعملة خارجياً بمعاملات تقلل من حساسيتها للرطوبة ، هذا وعندما تتعرض الألواح للرطوبة تزداد طولاً وتنتفخ وتتشكل فيها قروح (Blisters) ، ولذلك يعتمد إلى تغطيس ألواح الكرتون الصنعة في زيوت ثم تخبز على درجة حرارة عالية تهدف إلى تطاير بقايا هذه الزيوت وتزيد هذه العملية من مقاومة الألواح للماء وتزيد أيضاً من مقاومتها للخدوش abrasion وتقوي من صلابتها Hardness ومتانتها Strength.

وهناك طريقة أخرى لتقسية الألواح Tempering بأن تعالج بحرارة مرتفعة دون تغطيسها أولاً بالزيوت والهدف من تعريضها لحرارة مرتفعة ٢٠٠ مئوية زيادة الربط بين السلولز والمواد المتعددة الجزيئات الأخرى Polymers كذلك يمكن بإضافة الغسراء أو بالإكثار منه تحسين مواصفات الألواح في مواجهة الرطوبة.

تستعمل ألواح الكرتون بمختلف أشكالها ونماذجها على أنها ألواح تصنع منها صناديق تعبئة وتحمل المواد المختلفة.

ملاحظة : تتضمن هذه الجلسة عرض فيلم فيديو حول صناعة الورق .



ملحق :

- I-أهم الاختبارات الفيزيائية للفحم الخشبي
- II-أهم الاختبارات الفيزيائية للمادة اللاصقة
- III-أهم الاختبارات الكيميائية للخشب و المادة الخشبية المصنعة

I-أهم الاختبارات الفيزيائية للفحم الخشبي :

يتم تحديد الحرارة النوعية و حرارة الاحتراق الخشبي . Tyler (٢٠٠١) و ذلك بأخذ ثلاثة عينات لكل منهما وفيما يلي شرح مبسط للطرق المتبعة:

١-تحديد الحرارة النوعية:

- أف قطع الفحم بورق القصدير بعد وزنها mp غ.
- وضع قطع الفحم في دورق زجاجي يحوي ٤٠٠ ملم ماء.
- سخن ماء الدورق حتى درجة الغليان ومنتظر بضع دقائق حتى تكتسب قطع الفحم درجة غليان الماء عندها تسجل درجة الغليان .
- تزن الوعاء الداخلي للمسعر الحراري ثم نضع فيه الماء حتى منتصفه تقريباً .
- تزن الوعاء الداخلي للمسعر الحراري مع الماء بعدها نحصل على وزن الماء بحساب الفرق ما بين وزن الوعاء الداخلي للمسعر مع الماء و بدونه .
- نقيس درجة حرارة الماء في الوعاء الداخلي للمسعر .
- نرفع قطع الفحم من الدورق ونضعها في الوعاء الداخلي للمسعر . نعيد غطاء المسعر ونراقب درجة حرارة المزيج حتى تبلغ النهاية العظمى و تحسب الحرارة النوعية من العلاقة التالية :

$$C = \frac{(C_w \times m_w + C_k)(Q_2 - Q_1)}{m_p(Q_2 - Q_3)}$$

- C : الحرارة النوعية للفحم $\text{Cal} \backslash \text{g} \cdot \text{C}^\circ$.
 Cw : الحرارة النوعية للماء $= 1 \text{ Cal} \backslash \text{g} \cdot \text{C}^\circ$.
 mw : كمية الماء في الوعاء الداخلي للمسعر الحراري g .
 Ck : المكافئ المائي للمسعر .
 Q1 : درجة الحرارة الابتدائية للمسعر الحراري مع الماء C° .
 Q2 : درجة حرارة قطع الفحم (حرارة غليان الماء) C° .
 Q3 : درجة حرارة المزيج بعد وضع قطع الفحم الساخنة C° .

٢- تحديد حرارة الاحتراق:

- نأخذ قطعة من الفحم نزنها بعد التوهج ونضعها في علبة من المعدن الخفيف ثم نغلقها .
- نوضع العلبة في الوعاء الداخلي للمسعر الحراري .
- نقيس درجة الحرارة و كمية الماء في المسعر .
- بعد دقيقتين تكون كمية الحرارة في العلبة قد انتقلت للماء .
- يوزن الفحم بعد أن ينطفئ .
- كمية الحرارة التي اكتسبها الماء تساوي كمية الحرارة التي نشرها الفحم في تفاعل احتراقه .
- نحسب حرارة الاحتراق من العلاقة التالية :

$$Q = C \times m \times \Delta T$$

- Q : كمية الحرارة الناتجة عن حرق قطعة الفحم المختبرة تحسب بناءً عليها حرارة احتراق كيلوغرام واحد من الفحم $\text{J/kg} \cdot \text{K}^\circ$.

m : كتلة الماء g .

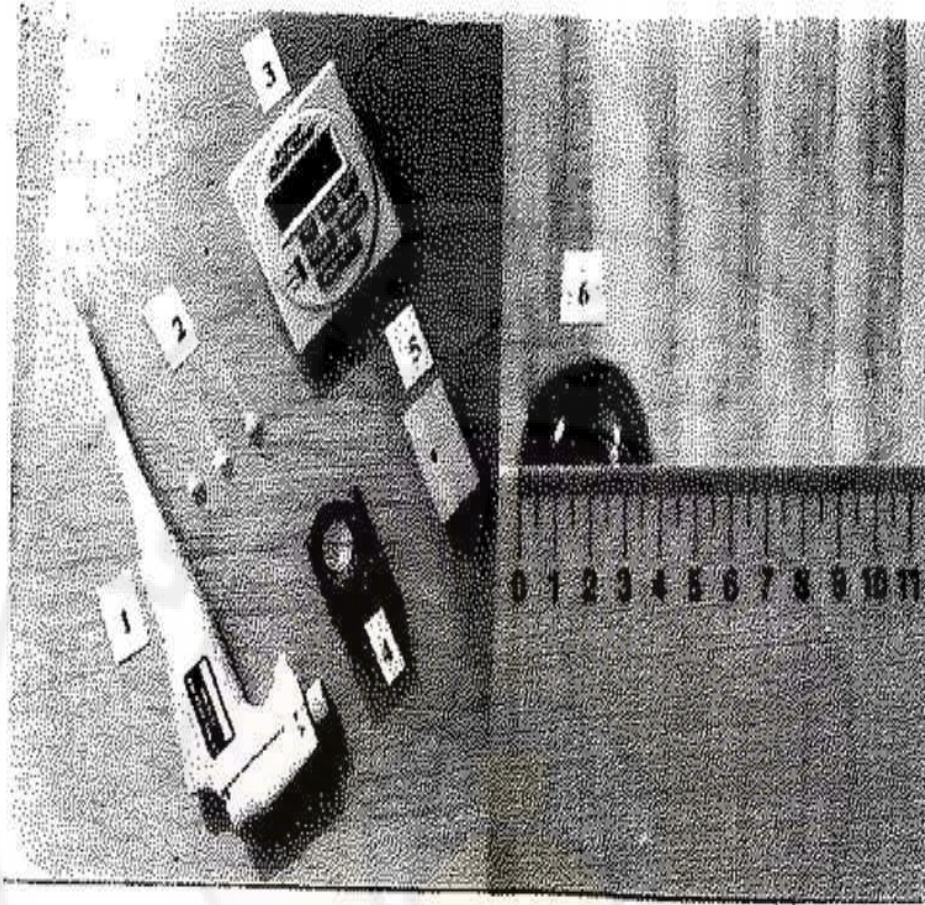
ΔT : فرق درجة الحرارة للماء .

هذا وقد قام حميد (٢٠٠٥) بمقارنة الحرارة النوعية و حرارة الاحتراق لكل من فحم السنديان الخشبي و الفحم المصنع من تفل الزيتون (البيرين المسحوب) .

II- أهم الاختبارات الفيزيائية للمادة اللاصقة :

١- تقدير مقدار قابلية الخشب على التبلل بالمادة اللاصقة (Hameed, Wettability : ٢٠٠٠)

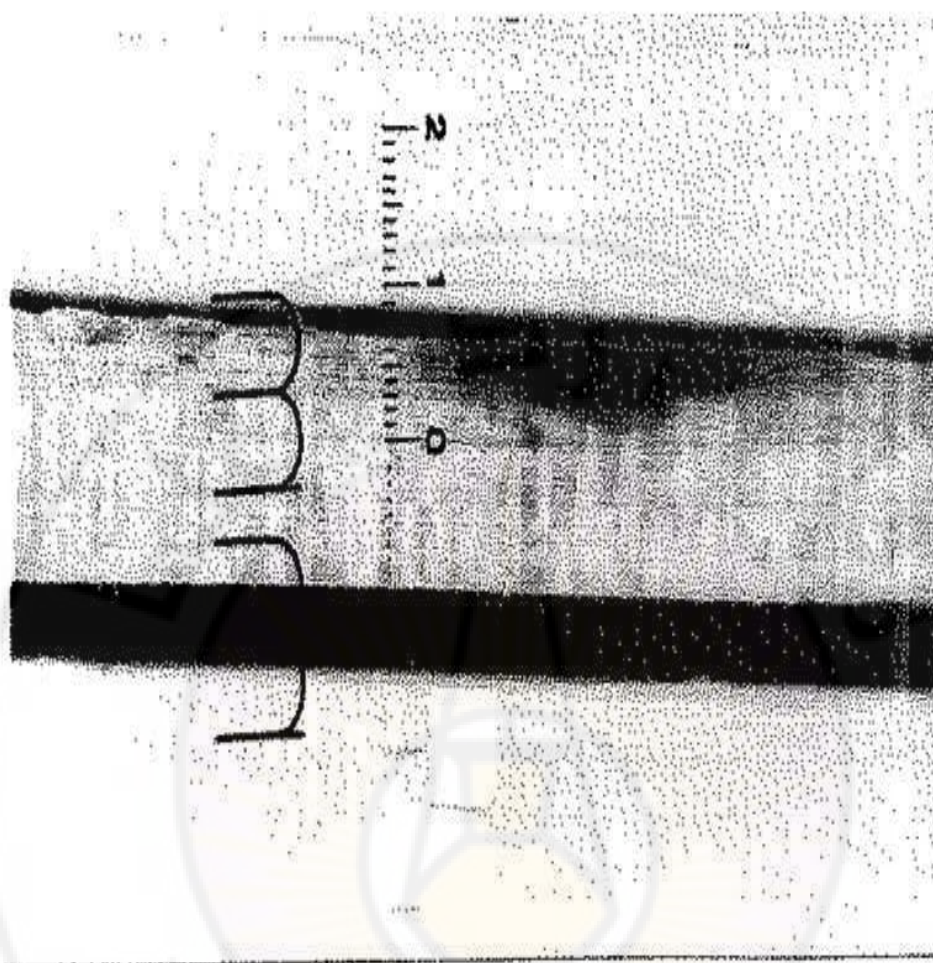
لتقدير مقدار قابلية السطح الخشبي على التبلل يتم وضع قطرة من الماء أو المادة اللاصقة (٥ ميكروليتر) على سطح خشبي مصقول (درجة تحبيب ٨٠) لأحد المقاطع التشريحية للخشب العصاري أو القلبي وذلك بوساطة ماصة ميكرونية بعد إزالة غبار الصقل عنه . بعد ذلك يتم قياس مقدار ازدياد قطر هذه النقطة بمساعدة مكبرة (درجة التكبير ٨مرات) مزودة بمسطرة مدرجة لعشر المليمي متر حيث يتم قياس المقدرة على التبلل بالماء بعد ١٠، ٣٠، ٦٠ ثلثية، هذا و نظراً لبطء التبلل بالمواد اللاصقة يتم قياس المقدرة على التبلل باليوريا فورمالدهيد UF و الميلامين يوريا فينول فورمالدهيد MUPF بعد ٥ دقائق و بالفينول فورمالدهيد و البولي ميرات دي فينيل ميثان دي ايزوسيانات PMDI بعد ٣ دقائق . كما تقتضي تقنية القياس البدء بالفترة الزمنية ٥ ثوان . حيث يجرى القياس على ثلاث عينات خشبية (٥سم × ٣سم × ٢سم) ويكرر كل قياس ست مرات و يؤخذ متوسطها الحسابي هذا و تبين الصورة رقم (١) طريقة القياس .



صورة رقم (١): تقدير الغائلية للنتبل من خلال قياس الزبد قطر من الماء أو المادة اللاصقة : ١ = ماصة ميكرونية . ٢ = رؤوس الماصة . ٣ = ساعة توقيت . ٤ = مكبرة مزودة بمسطرة (تدريج ١٠، ١ مم) . ٥ = قطرة فينول فورمالدهيد موضوعة على صينة خشب . ٦ = قياس قطر قطرة الفورمالدهيد للموضوعة على العينة الخشبية .

٢- تقدير قابلية المادة اللاصقة على التعمق (التخلل) في الخشب Penetrability
(Hameed, ٢٠٠٠) :

لتقدير قابلية المادة اللاصقة على التعمق يتم وضع قطرة من المادة اللاصقة (٥ ميكروليتر) على نموذج نشارة خشب محضرة من لحد المقاطع الخشبية (مماسي . شعاعي . عرضي) من ثم تغطي هذه القطرة بغطاء زجاجي صغير حتى لا تجف وتترك مدة خمس دقائق بعد ذلك يسمح الجزء المتبقي من القطرة الذي لم يتخلل السطح الخشبي بمنديل سلويزي ، بعد ذلك يتم قطع النشارة الخشبية مروراً بمركز النقطة المتخللة بواسطة مشرط جراحي بعد ذلك يتم قياس مقدار التخلل بواسطة ميكروسكوب مجهز بعنسة عينية تحتوي على تكريج ١ . ٠٠ مم بشكل بصري كما هو موضح في الصورة رقم (٢) حيث يكرر القياس ست مرات ومن ثم يؤخذ المتوسط الحسابي . هذا ولتسهيل رؤية المادة اللاصقة UF و MUPF تحت الميكروسكوب يتم صبغها بالفينول فتالئين المحلول في محلول الأمونياك حيث يصبح لونها بنفسجياً . ويتم تحضير هذا المحلول بإضافة ٠.١ غ فينول فتالئين إلى ١٠ مل من محلول الأمونياك ٢٥% . بعد ذلك يضاف من هذا المحلول ١ مل إلى ١٠ مل من المادة اللاصقة ليؤخذ بعد ذلك قطرة منها .



صورة رقم (٢) : قياس المقبرة على التعمق لقطرة من الفينول فورمالدهيد الموضوعة على نموذج لشظية خشبية (تكبير ١:١٨)

III- أهم الاختبارات الكيميائية للخشب و المادة الخشبية المصنعة :

١- تقدير كمية المستخلصات الخشبية في مستخلص الإيثانول سيكلوهكسان

يتم الإستخلاص من نشارة الخشب العصاري و القلبي ذات الأبعاد ٥ . ١٠ - ١٠م و ذلك بأخذ ٦ غ من النشارة الجافة . كما يستخدم للإستخلاص ٢٠٠ مل من محلول الإيثانول سيكلوهكسان المخلوط حجمياً بنسبة ٢:١ على التوالي ، حيث يتم الإستخلاص بإستخدام جهاز سوكمبليت لمدة ست ساعات بعد ذلك بكثف المستخلص تحت تفريغ ، ثم يوضع المستخلص في حجرة زجاجية تحتوي على مادة ماصة للرطوبة مدة ٢٤ ساعة بعد ذلك بحسب المستخلص نسبة إلى وزن النشارة الجاف ١٩٨٣ Fengel and Przyklenk حيث يتم أخذ عينة مزدوجة من كل من نشارة الخشب العصاري و القلبي .

٢- تقدير كمية المستخلصات الخشبية في مستخلص الماء الساخن

يتم الإستخلاص بإستخدام ٢ غ من نشارة الخشب الجافة ذات الأبعاد ٥ . ١٠ - ١٠م حيث توضع في حوجة زجاجية سعة ٢٥٠ مل يضاف إليها ١٠٠ مل من الماء المقطر . يجري التقطير مدة ساعتين ، بعد ذلك يفلتر المحلول الحاوي على النشارة الخشبية بإستخدام فلتر سبق تجفيفه ووزنه ، بعدها يتم غسل النشارة الخشبية المتبقية على هذا الفلتر بصب الماء الساخن فوقها ، بعد ذلك يجفف الفلتر مع النشارة الخشبية على درجة حرارة ١٠٣ مئوية ، و من خلال التناقص في وزن النشارة الخشبية يتم حساب كمية مستخلص الماء الساخن حيث يتم التقدير بأخذ عينتين .

٣- كيفية تحضير العينات اللازمة لتقدير درجة الحموضة و كفاءة التعديل لمستخلص الماء البارد

توضع عينة مقدارها ٥ غ من النشارة الجافة في حوجة زجاجية سعة ٥٠٠ مل ثم يضاف إليها ١٥٠ مل ماء مقطراً ثم ترج على رجاج لمدة ٢٤ ساعة على درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية بعد ذلك يفلتر المستخلص المائي ليستخدم في تقدير درجة الحموضة و كفاءة التعديل حيث يتم هذا التقدير بإستخدام عينة مزدوجة .

٤- تقدير درجة الحموضة

يتم تقدير درجة الحموضة باستخدام عيّنتين من المستخلص البارد للنشارة الخشبية ، و ذلك باستخدام جهاز تقدير الحموضة الذي يوضع الجزء الحساس منه في المستخلص مدة ٤ دقائق على درجة حرارة ٢٠ درجة مئوية حيث يعطي هذا الجهاز قيمة درجة الحموضة رقمياً .

٥- تقدير كفاءة التعديل القلوية

حيث تتم معايرة المستخلص البارد في جهاز خاص بأخذ ٢٠ مل من المستخلص البارد حيث تتم المعايرة باستخدام محلول NaOH / ١٠٠ غ نشارة جافة حيث يتم الحساب كما يلي : إن استهلاك ١ مل من المحلول القلوي تعادل ١٠٠ ميللي مول NaOH / ١٠٠ غ نشارة جافة .

المراجع

١ - المراجع الألمانية:

Back, E. L. und Bjorklund Jansson, M., ١٩٨٧: Hartzkomponenten in Holz und Auswaschung derselben nach einer Sulfatkochung. Wochenblatt fuer Papierfabrikation, ١١٥: ٣٣٩-٣٤٩.

Depe, J.H. und Ernst, K., ١٩٩١: Taschenbuch der Spanplattentechnik. DRW. Verlag-Weinbrenner.

Depe, J.H. und Ernst, K., ١٩٩٦: MDF-Mitteldichte Faserplatten. DRW. Verlag-Weinbrenner.

Dietrichs, H.H., ١٩٦٤: Das Verhalten von Kohlenhydraten bei der Holzverkernung. Holzforschung, ١٨: ١٤-٢٤.

DIN-Taschenbuch ٦٠, ١٩٩٩: Holzfaserplatten, Spanplatten und Sperrholz, Beuth Verlag-Berlin, Germany.

Dix, B. und Roffael, E., ١٩٩٩: Zum Schutz vom Holz und Holzwerkstoffen, Institut fuer Holzbiologie und Holztechnologie der Georg-August Universitaet Goettingen. Germany.

Gäumann, E., ١٩٢٨: Die chemische Zusammensetzung des Fichten-und Tannenholzes in den verschiedenen jahreszeiten, Flora N. F., ١٢٣: ٣٤٤-٣٨٥.

Hameed, M., ٢٠٠٠: Zum Verhalten von Spänen aus Splint-und Kernholz obligatorisch verkernter Baumarten gegenüber synthetischen Bindemitteln. Dissertation der Georg-August Universitaet Goettingen.

Höll, W., 1972: Stärke und Stärkeenzyme im Holz von *Robinia pseudoacacia* L.,
Holzforschung, 26: 41-46.

Jung, B., 1988: Beiträge zur Verwendung von pflanzlichen Extraktstoffen als
Bindemittel in Holzwerkstoffen. Dissertation am Forstwissenschaftlichen
Fachbereich der Georg-August-Universität Göttingen.

Lelis, R., 1992: Zum Verhalten von Splint- und Kernholz der Kiefer bei der
Verleimung mit Harnstoffformaldehydharzen (UF-Harzen) und Diisocyanat-
Klebstoffen (PMDI). Magisterarbeit an der Forstlichen Fakultät der Georg-August-
Universität Göttingen.

Lelis, R., 1990: Zum Bedeutung der Kerninhaltsstoffe obligatorisch verkernter Nadel-
baumarten bei der Herstellung von feuchtebeständigen und biologisch resistenten
Holzspanplatten, am Beispiel der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb)
Franco). Dissertation am Forstwissenschaftlichen Fachbereich der Georg-August-
Universität Göttingen.

Roffael, E. 1982: die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen
Werkstoffen. DRW-Verlag. Weinberrenner - KG, Leinfelden-Echterdingen.
Germany.

Sandermann, W., und Simatupang, M.H., 1977: Zur Chemie und Biochemie des
Teakholzes (*Tectona grandis* L.Fil). Holz als Roh- und Werkstoff, 27: 19-22.

Sandermann, W., 1974: Gewinnung und Verwertung von Siliciumkalken. Holz
als Roh- und Werkstoff, 22: 202-211.

Schäfer, M., 1996: Einfluß der Lagerung von Fichten- und Kiefern Industriestholz
aus der Profilerspannung auf die Eigenschaften von Spanplatten und
mitteldichten Faserplatten (MDF). Dissertation am Forstwissenschaftlichen
Fachbereich der Georg-August-Universität Göttingen.

Schwankl, A. 1996: Wie bestimme ich Holz ?. Verlag Hans Roesler
K.G. Augsburg.

- Birger Sundin, E. ١٩٩٣: The Formaldehyde Problem Publications on the subject during the year ١٩٧٦-١٩٩٢ in English and German. Casso Nobel Industrial Products AB S-١٠٠ ٦١ Stockholm, Sweden.
- Höll, W. and Prieb, S., ١٩٨٥: Storage lipids in the trunk- and rootwood of *Tilia cordata* Mill. From the dormant to the growing period. *Holzforschung*, ٣٩: ٧-١٠.
- John G. Haygreen and Jim L. Bowyer, ٢٠٠٣: Forest products and wood Science an Introduction. The IOWA state University press-Ames U.S.A.
- Kadir, A.A. and Sudin, R., ١٩٨٩: Carbohydrates in rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Holzforschung*, ٤٣, (٣): ١٧٣-١٧٨.
- Pizzi, A., ١٩٨٣: Tannin Based Wood Adhesives. P. ٢١٥ in Wood Adhesives, Chemistry and Technology, Marcel Dekker .
- Roffael, E. ١٩٩٣: Formaldehyde Release from Particleboard and other Wood Panels. Forest Research Institute Malaysia with technical assistance from: Malaysian – German Forestry Research Project (GTZ). Kopong. ٥٢١٠٩٨ Kuala Lumpur.
- Saranpaa, P. and Nyberg, H., ١٩٨٧: Seasonal variation of neutral lipids in *Pinus sylvestris* sapwood and heartwood. *Trees*, ١: ١٣٩-١٤٤.
- Stamm, A. J. ١٩٥٧: Adsorption in swelling vs. non swelling systems, *TAPPI*. ٤٠ (٩): ٧٦١-٧٦٤.
- Tyler, F. ٢٠٠١. A laboratory manual of physics SI Units. Edward Arnold (Publishers) LTD. London. P. ٢٧٥. ISBN: ٠٧١٣١٢٥٣٦.

U.S. Forest Products Laboratory (USFPL). ١٩٧٢: Poceedings of the Symposium on-the Effect of Growth Acceleration on the Properties of Wood.

U.S. Forest Products Laboratory (USFPL). ١٩٧٤: woodhandbook. USDA For. Serv. Agric. Handb. ٧٢.

٣- المراجع العربية:

- ١ - للمهندس معين الزغبت ١٩٦٦ : أساسيات ومبادئ علوم للغابات والحراج . الجزء الثاني: الخشب واستعمالاته . مطبعة الشركة العربية.
- ٢ - د. إبراهيم نحاس ، د. أديب رحمة . د. محمد نبيل ثعلبي ١٩٨٩ : الحراج والمشائل الحراجية . منشورات جامعة حلب . كلية الزراعة.
- ٣- د. عثمان عدلي بدران ، د. السيد عزت قنديل ١٩٧٤ : أساسيات علوم الأشجار وتكنولوجيا الأخشاب . دار المعارف . مصر . كلية الزراعة.
- ٤ - د. سليم زهوة ١٩٩٧ : استغلال الحراج . كلية الزراعة . منشورات جامعة حلب.
- ٥ - د. حميد محمود ٢٠٠٥ : إمكانيات الحصول على منتجات صديقة للبيئة من مخلفات صناعة عصر الزيتون . مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد ٢١-العدد ١٢ : ١٢٤-١١٣ .

المصطلحات (عربي-إنجليزي)

١ - مصطلحات في جمل (عربي-إنجليزي)

مقدمة Introduction

نمو الشجرة وإنتاج الخشب Tree growth and production of woody tissue

- أنواع النباتات الخشبية Kind of woody Plants

- تصنيف النباتات الخشبية Classification of woody plants

- طبيعة الخشب The nature of wood

- العمليات الأساسية لنمو الشجرة Basic processes in tree growth

- إنتاج الخشب والقلب Production of wood and Bark

- تطور الساق الفتى Development of a young stem

- الكامبيوم الوعائي Vascular cambium

- التركيب (البنية) Composition

- تطور ونمو الخشب والغريال Development and growth of xylem and phloem

- توسع طبقة الكامبيوم Expansion of the cambial layer

- مدة استمرار نشاط الكامبيوم Duration of cambial activity

- الصفات الظاهرية للخشب Macroscopic character of wood

- حلقات النمو Growth rings

- حلقات النمو السنوية Annual rings

- الشكل (المظهر) Appearance

- التشكل Formation

- حلقات النمو غير التامة Discontinuous rings

- حلقات النمو الكاذبة False rings

- خشب القلب (الصادق) وخشب المحيط (العصاري الكاذب) Heartwood and sapwood

- الأشعة Rays

- اتجاه التحجيب Grain orientation

- العقد Knots

مكونات وبناء الخلايا الخشبية Composition and structure of wood cells

-المكونات الكيميائية Chemical components

-السللوز Cellulose

-نصف السللوز Hemicellulose

-اللغنين Lignin

-الجدار الخلوي Cell wall

-التركيب الكيميائي Chemical structure

-التطويق Layring

-هندسة الجدار الخلوي Cell wall sculpturing

-اللقط Pitting

-الثخانة الملتفة Spiral thickening

-تركيب خشب المخروطيات Softwood structure

- التراكيدات الطولية Longitudinal tracheids

- العناصر الطولية الأخرى Other longitudinal cells

- البرانشيم الطولي Longitudinal parenchyma

- القنوات الراتنجية (الإيثيليوم) Epithelium

-الأشعة Rays

-تركيب الخشب القاسي Hardwood structure

- الفرق بين خشب عريضات الأوراق وخشب الإبريات (خشب المخروطيات)

Differences between hardwood and softwood xylem

- الخلايا الطولية Longitudinal cells

-الأوعية Vessels

-الاستطالات الخلوية (التيلوزات) Tyloses

-الألياف Fibers

- البرانشيم الطولي Longitudinal parenchyma

-أنواع أخرى من العناصر الطولية Other kinds of longitudinal cells

-الأشعة Rays

-الخشب اليافع - الخشب المفعل - خشب الأخصان والجذور:

Juvenile wood, reaction wood, and wood of branches and roots

- الخشب اليافع Juvenile wood

- الخشب المفعل Reaction wood
- الخشب المنضغط Compression wood
- الخشب المشدود Tension wood
- خشب الأغصان والجذور Branch wood and Root wood
- خشب الأغصان Branch wood
- خشب الجذور Root wood
- القشلف Bark
- التركيب Structure
- القلف الداخلي (الغريال) Inner Bark
- القلف الخارجي Outer Bark
- التركيب الكيميائي Chemical composition
- المحتوى الرطوبي Moisture Content
- النسبة من الساق الخشبي Proportion of the woody stem
- الوزن النوعي Specific Gravity
- المتانة (القوة) Strength
- الخشب والرطوبة Wood and Water
- توزيع الماء في الخشب Location of water in wood
- طبيعة الماء في الخشب Nature of water in wood
- قياس المحتوى الرطوبي Measuring moisture content
- علاقة المحتوى الرطوبي للخشب بالوسط المحيط
- Relation of moisture content to the environment
- محتوى الخشب الأخضر من الرطوبة Moisture content of green wood
- الانكماش والانتفاخ Shrinking and Swelling
- التغير في الأبعاد وعوامل البيئة
- Dimensional changes, environmental Conditions
- حركة الماء خلال عملية تجفيف الخشب
- Moisture movement during the drying process
- طرق تجفيف الخشب والمنتجات الخشبية الصلبة
- Methods of drying lumber and other solid wood products

- تجفيف الرقائق الخشبية و النشارة الخشبية والألياف الخشبية
Drying of veneer, particles, and fiber
- الوزن النوعي والكثافة Specific Gravity and Density**
- تأثير المحتوى الرطوبي Effect of moisture content
- كثافة الجدار الخلوي ومساميته Cell wall density and porosity
- حسابات الوزن والطفو Calculation of weight and Buoyancy
- أثر المواد المستخلصة والمواد اللاعضوية في الوزن النوعي
Effect of extractives and inorganic materials on specific gravity
- طرق تقدير الوزن النوعي Methods of determining specific gravity
- العلاقة بين الكثافة ومعدل النمو Relationship of density to rate of growth
- الاختلافات في كثافة الخشب Variability in wood density
- مصادر الاختلاف في الوزن النوعي Sources of variation in specific gravity
- الخشب اليافع والخشب المفعل Juvenile wood, reaction wood
- كثافة المنتجات الغابية (الخشبية) Density of forest products
- الصفات الميكانيكية للخشب Mechanical properties of wood**
- مفاهيم عامة في الجهد والإجهاد (القوة) والإلتواء Flexure, Strain, Stress
- جهد القص والإجهاد Shear Stress and Strain
- الاختلاف في ميكانيكية الخشب Anisotropic Nature of wood
- العلاقة بين المتانة والكثافة النوعية Relationship of strength to specific gravity
- العوامل المؤثرة في متانة الخشب Factors affecting the strength of clear wood
- المحتوى الرطوبي Moisture content
- الزمن Time
- الحرارة Temperature
- الوهن Fatigue
- التعرض للكيميائيات Exposure to chemicals
- العوامل المؤثرة في متانة منتجات الخشب الصلد
- Factors Effecting the Strength of Lumber products**
- * العقد Knots

* التحلل Decay

* زاوية التحجب Slope of the grain

تدهور الخشب والمنتجات الخشبية Deterioration of wood & wood products

- الفطور Fungi

- منع تدهور الخشب Preventing wood decay

- معاملة الأخشاب بالمعالجات Preservative Treatments

- الحفارات البحرية Marine borers

- الحشرات Insects

... الحرارة والحرائق Heat and fire

- التجوية Weathering

التربية والتنمية وجودة الخشب Silvicultural Practices and Wood quality

- قياس نوعية الخشب أو جودته Measures of wood quality

... الكثافة Density

- التجانس في حلقات النمو Uniformity

- نسبة خشب القلب Proportion of heartwood

- طول الألياف Fiber length

- وجود الخشب القوي والخشب المفعل

Occurrence of juvenile wood and Reaction wood

- التركيب (البناء) الخلوي Cellular Composition

- العقد Knots

- اتجاه الألياف Grain orientation

- التركيب الكيميائي Chemical Composition

- النمو وجودة الخشب Growth Manipulation and wood quality

- تنظيم المسافات البينية عند الغرس Spacing Trees at planting time

- التفريد Thinning

... التسميد والري Fertilization and Irrigation

- تأثير التسميد والري في جودة الخشب Effects of fertilization and Irrigation

— التقليم Pruning

— التحسين الوراثي وجودة الخشب Genetic improvement and wood quality

الصناعات الخشبية Wood Industries

— الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المنشور (الألواح الخشبية) :

Basic Steps in Lumber Manufacture

— التقشير Debarking

— النشر الأولي Primary breakdown

— النشر الثانوي Secondary Breakdown

— التجفيف والفصل والإنهاء Drying Sorting and Finishing

صناعة اللشرايح الخشبية والخشب المعاكس Veneers and Plywood

— الخطوات الرئيسية في صناعة الخشب المعاكس Basic steps in Manufacture

— ترطيب الكُباب Heating the Blocks:

— التقشير Cutting Veneer

— صناعة الخشب المعاكس أو المطبق أو اللاتيه Plywood manufacture:

— المواد اللاصقة Adhesives

— العوامل المؤثرة في انتقاء الأنواع لصناعة ألواح الخشب المعاكس :

Factors affecting the Utilization of Timber for Plywood

صناعة ألواح الخشب المضغوط Particleboard

— حجم الجزيئات وهلمسيته Particle size and Geometry

— توزيع الجزيئات في ثخانة اللوح: Particle Distribution between Face and core:

— كثافة الألواح المضغوطة Board density

— نموذج المادة اللاصقة Resin Type

— طريقة الصناعة Manufacturing Process

— خطوات التصنيع Basic Steps in Manufacturing

— تحضير الجزيئات Preparation of the Particles

— الخلط (التغرية) Blending

— التشكيل Forming

— الضغط Pressing

- الإنهاء الأولي Primary Finishing
- الأنواع وصناعة الخشب المضغوط Effect of species on board properties
- العوامل المؤثرة في صفات الألواح Variables affecting board properties
- النوع وهندسة الجزيئات الخشبية Species and particle Geometry
- كثافة الألواح ومقطع الكثافة ضمنها Board density and Density profile
- المحتوى الراتنجي وتوزيعه Resin Content and Distribution
- أهم صفات الألواح واستخداماتها Important board characteristics and Uses
- المنتجات المركبة Composite Products
- المنتجات الخشبية الإسمنتية Wood - Cement products
- منتجات الألياف Fiber Products
- صناعة الورق Paper
- عمليات التصنيع The Manufacturing process
- إنتاج عجينة الورقية Pulp Production
- الطريقة الميكانيكية Mechanical pulping
- الطريقة الكيميائية Chemical pulping
- الطريقة نصف الكيميائية Semichemical pulping
- الغسل والتبييض Washing + bleaching
- الضرب والتفقية Beating and Refining
- تشكيل الرقائق (الصفائح) Sheet Formation
- صفات الورق Paper Properties
- مقاييس الجودة Common Measures of quality
- صفات الورق وخصائص الألياف Paper properties and Fiber characteristics
- صناعة الورق المقوى (الكرتون) Hard board
- التصنيع Manufacturing
- الطريقة الرطبة Wet process
- الطريقة الجافة Dry Process
- ألواح العزل Insulation board

Medium - density Fiberboard (MDF) - الألواح الليغية متوسطة الكثافة

Wood and charcoal for Energy كطاقة الخشب

Nature of wood fuel طبيعة الخشب كوقود

Other means of Converting wood energy إلى طاقة طرق أخرى لتحويل الخشب إلى طاقة

٢- مصطلحات مفردات (عربي-إنجليزي)

A

Angiosperm	صنف مستوردات للثور
apical meristem	المرستم القمي
Anticlinal	الانقسام الطولي
Annual rings	حلقات النمو السنوية
Appearance	المظهر
Ash	الرماد
Anhydride of Glucose	ثلاوكوز منقوص للماء
Amorphous	مناطق اللاشكل
Aspirated pits	النقط الهالية المنسدة
Alternate pitting	نقط هالية بترتيب متبادل
Aluminous cells	خلايا ألومينية
Adsorption	الانمصاص
Anisotropic	اختلاف
Allowable stress	للجهد المسموح به
Adesives	المواد اللاصقة

B

Bark	كلف
Bole	مناق
Bryophytes	النباتات للعزالية
Bordered pits	نقط متجاورة
Biseriate	شعاع بعرض خلوتين
Branch wood	خشب الأغصن
Beating	عملية الضرب
Burst	الغرق

Bound water
Buoyancy
Bending strength
Beam
Bending test
Blue stain
Basidiomycetes
Board Foot
Board
Band saw
Bars
Blending
Beating
Bleaching
Burst strength
Blisters

Consumption
Cambium
Cross section
Cellulose
Colorless
Coarse
Cell wall
Crystals
Compression wood
Companion cells
Cortex
Creep
Cumulative
Chemicals
Cellular composition

للماء المرتبط
الطفو
قوة الانحناء
عمود
اختبار الانحناء
الفطر الأزرق
الفطور الدعامية
للقدم للوحي
لوح
منشار شريطي
أصابع خشبية
التغرية
الضرب
للتهبيض
قوة الخرق
فروح - بثور

الاستهلاك
الكامبيوم
مقطع عرضي
السلولز
صديم للون
خشن
الجدار الخلوي
للمناطق للبلورية
خشب مضغوط
الخلايا المرافقة
منطقة القشرة
زحف
تجميعي
الكيمويات
التركيب الخلوي

Chemical composition	التركيب الكيميائي
Circular saw	منشار دائري
Cambio debarker	آلة نزع القلف
Cutting veneer	التقشير
Chip	رقائق نشارة خشبية
Core	الحشوة
Continuous presses	الكبس المستمر
Compression ratio	معامل الانضغاط
Composite products	المنتجات المركبة
Composite lumber	الخشب المركب
Chemical pulping	الطريقة الكيميائية
Canadian standard freeness	الحرية القياسية
Charcoal	فحم
Combustion	نقطة الاشتعال
D	
Dendrology	علم تصنيف الأشجار وتوزعها الجغرافي
Dicotyledons	ثنائيات الفلقة
Diffuse porous	الأوعية المنتشرة
Discontinuous rings	حلقات النمو غير المتتامة
Dull	يبلد (يجمده غير حاد)
Dissolution	انحلال
Dentate ray tracheids	للتراكيدت الشعاعية للمسننة
Digester	الهاضم
Desorption	الفقد
Diffusion	الانتشار
Diffusion coefficient	معامل الانتشار
Density	الكثافة
Deform	تشوه
Distore	تشوه
Deflection	الانحراف
Defection	عطل
Decay	تآكل

Deterioration	تدهور
Discoloration	فقد اللون
Dry wood termites	نمل الخشب الجاف
Dimension	لوح بوندي
Debarking	للتقشير (إزالة للقلف)
Drying	التجفيف
Density profile	مقطع للكثافة
Densify	تكثيف - تسميك
E	
Emission	الإصدارات
Epidermis	الأدمة الخارجية (للقشرة)
Endodermis	الأدمة للداخلية
Edge Grain	نشر جانبي
Extractives	مستخلصات خشبية
Early wood	خشب ربيع
Epithelium	الغشوات لمراتججية
Equilibrium moisture content	المحتوى الرطوبي المتعادل
Extratives	المواد المستخلصة
Elastic deformation	التشوه للمرن
Energy	طاقة
F	
Forest protection	حماية الغابات
Forestry science	علوم الغابات
Forest management	إدارة الغابات
Forest policy	سياسة للغابات
Forest soils	أراضي الغابات
Forest ecology	بيئة للغابات
Fibreboards	الألواح للألياف
Forest products	المنتجات الحرجية (الغابية)
Fibers	ألياف
Fusiform initials	بداءات الفيوريفورم

Flat sawn	نشر مسطح
False rings	حلقة دمو كاذبة
Folding	الطوي
Fiber saturation point	نقطة تشبع الألياف
Free water	الماء الحر
Flexure	الإنواء
Fiber products	منتجات الألياف
Fatigue	الوهن
Fungi	فطر
Fruting bodies	الأجسام الثمرية
Fire	حريق
Fire Retardant	مواد مقاومة للحرائق
Flake off	التقشر
Fiber length	طول الألياف
Fertilization	التسميد
Finishing	الإنهاء
Flake	شظايا نشارة خشبية
Face	وجه
Forming	التشكيل
Fiber products	منتجات الألياف
Fuel	وقود

G

Growth	نمو
Gymnosperm	صف عريانات البذور
Growth rings	حلقات النمو
Growth inhibitor	مثبط نمو
Grain orientation	اتجاه النحجب
Genetic improvement	التحسين الوراثي
Gasification	تفجير الخشب (تهدم حراري للخشب)

H

Hardboard	الأنواح المسلحة
Hardwood	خشب قاسي

Heartwood

خشب القلب — خشب صلب

Hemicellulose

نصف السلولوز

Half bordered pits

نقطة نصف متجاورة

Heat

الحرارة

Hand sawn

نشر يدوي

Hydraulic debarker

آلة نزع القلف الهيدروليكية

Hard board

الورق المقوى (الكرونون)

Heat of Combustion

حرارة الاشتعال

I

Interlocked grain

تحجب متداخل

Inorganic materials

مواد لا عضوية

Inner bark

القلف الداخلي

Impermeable

غير نفوذ

Isotropic

نمائي

Iron salts

أملاح الحديد

Impact strength

المقاومة للصدمات

Insects

الحشرات

Irrigation

الري

Insulation boards

ألواح العزل

J

Juvenile wood

خشب بالغ

K

Knots

العقد

Kraft process

طريقة كرافت (القوة)

L

Lumber

الخشب المقشور

Lignin

اللغنين

Low molecular weight

أوزان جزيئية منخفضة

Low strength

ضعيف للمانة

Layring

التطليق

Late wood

خشب الصيف

Longitudinal tracheids

التراكيدات الطولية

Longitudinal paranchyma
Longitudinal cells
Lumber Manufacture
Lumber recovery Factor
Logging residues

البرانشيم الطولي
للخلايا الطولية
صناعة الخشب للمنشور
معامل تحويل الخشب
بقايا القطع

M

Mensuration
Medium density fiberboard (MDF)
Monocotyledons
Meristematic regions
Microfibrils
Macrofibrils
Middle lamella
Margo
Moisture content
Moisture gradient
Mechanical properties
Modulus of elasticity (MOE)
Mold
Marine borers
Modulus of rupture (MOR)
Mechanical pulping
Mill residues

علم قياسات للأغابات
الخشب الليفي المتوسط الكثافة
وحيدات الفلقة
المناطق المرستيمية
الشعيرات الدقيقة
الشعيرات الكبيرة
الصفحة الوسطى
المارجو
المحتوى الرطوبي
الجهد الرطوبي
الصفات الميكانيكية
نمط المرونة
عفن
للحفارات البحرية
موديل للكسر
الطرق الميكانيكية
بقايا المناثر

N

New initial
News print
Neutral axis

بداءات جديدة
ورق جرائد
المحور المحايد

O

One sided crown
Opposite pitting

القاج وحيد الجانب
نقطة هائلة متقابلة

P

Plywood

خشب معاكس

Production	الإنتاج
Particle board	خشب مضغوط
Perennial	نبات دائم
Pteridophytes	النباتات السرخسية
Primary xylem	الخشب الأولي
Primary phloem	الأنحاء الأولي
Periclinal	الاتسام للموزي
Phloem	غريبان
Pith	مخ الخشب
Pliable	مرن (قابل التشكيل)
Pits	النقط الهالية
Paranchyma	البرانشيم
Porosity	المسامية
Propotional limit	الحد النسبي
Preservative	مادة حافظة
Planting time	موعد الغرس
Pruning Primary breakdown	الانفلاق
Peeling	التقشير
Pressing	الضغط
Paper	ورق
Pulp	المجينة الورقية
Plantations	المشاجر
Pyrolysis	تهدم للخشب حرارياً بغالب الأوكسجين
Q	
Quarter section	مقطع ربعي
R	
Round timber	خشب مستدير
Rays	أشعة
Ray initials	بتاءات الأشعة
Radial Section	مقطع شعاعي
Ring porous	الأوعية للمزمية
Ridges	جوانف

Root wood	خشب الجذور
Reaction wood	خشب مفاعل
Rheological	التشوه البطيء في الشكل بتأثير الزمن عند تحميل قوة
Resilience	الفصل للمنتجرج
Rotten	عفن
Ring debarker	آلة نزع القلف الحلقية
Resin type	نموذج الغراء
Refiner	المنقي
Refining	التنقية
Rabbing	الفرك
Round wood	خشب مستدير
Silviculture	تربية وتنمية الغابات
Saw logs	كامل النشر
Sawn wood	الأخشاب المنشورة
Stem	ساق
Shrub	شجيرة
Spermatophytes	النباتات الزهرية
Softwood	خشب طري
Secondary xylem	للخشب الثانوي
Secondary phloem	الفربال الثانوي
Sapwood	خشب المحيط - خشب عصاري
Straight grain orientation	التحجب المستقيم
Spiral grain orientation	التحجب الملفف
Stiffness	القساوة
Split	الفاق
Simple pits	اللفظ البسيطة
Spiral thickening	الثخانة الملففة
Scalariform pitting	نقطة حالية متداولة
Stem wood	خشب الساق
Stump	قرمة خشبية
Stone cells	خلايا حجرية

Sieve cells	خلايا غربالية
Sclereids	خلايا حجرية
Specific Gravity	الوزن النوعي
Sorption	الامتصاص
Sorption Isotherm	التشرب الحراري المتساوي
Shrinking	الانكماش
Swelling	الانتفاخ
Specific Gravity	الوزن النوعي
Strength	القوة
Side hardness	قساوة الجانب
Stress	الجهد
Strain	الإجهاد
Span	عرض
Slip, slippage	الإزلاق
Shear stress	جهد القص
Stiffer	متانة
Slope of the grain	زاوية التحجب
Spiral	ملقف - حلزوني
Soft rot	للآفة الرخوة
Stain	ملون
Sawmill	منشأة
Secondary breakdown	المنشر الثانوي
Sorting	الفرز (الفصل)
Spacer sticks	عوارض فاصلة
Surfacing	تنعيم السطوح
Slicing	الحز
Sawdust	نشارة خشب ناعمة
Strand	نشارة خشب رفيعة وطويلة
Sliver	نشارة خشب صغيرة
Sanding	تنعيم
Species	أنواع
Sulfurous	حمض الكبريتي

Sulfate	كبريتات
Sodium hydroxide	ماءات الصوديوم
Sodium sulfide	سلفايد الصوديوم
Semichemical pulping	الطريقة نصف الكيمائية
Screen	منخل
Suction	شفط
Sheet	صفحة
Sugar cane	قصب السكر

T

Tree	شجرة
Trunk	جذع ، ساق
Tissue	نسيج
Thallophytes	النباتات الذلوثية
Tangential section	مقطع مماسي
Tyloses	التيلوزات (الاستطالات الخلوية)
Toxicity	سمية
Thermoplastic	لدن
Torus	التوروس
Tensile strength	قوة الشد
Tear strength	قوة التمزق
Tension wood	خشب الشد
Tannic acid	حمض التانيك
Time dependent property	صفة معتمدة على الزمن
Temperature	الحرارة
Treatment	معاملة
Ternites	النمل الأبيض
Thinning	التفريد
Timber	ألواح خشب منشور بسمكة ١٢ سم كما فوق
Tangential surfaces	السطوح المماسية
Thermo-mechanical pulp TMP	العجينة الحرارية الميكانيكية
Tensile strength	قوة الشد

U

Uniseriate

شعاع بعرض خلية واحدة
التجانس

Uniformity

X

Xylem

خشب

V

Veneer logs

كتل القشرة

Vegetable kingdom

للمملكة النباتية

Vascular cambium

الكامبيوم الوعائي

Vessels

الأوعية

Vascular tracheid

التراكيدلات الوعائية

Vascentric tracheid

الفلاشترك ترأكيد

Volatile components

مركبات متطايرة

Veneer

القشرة للخشبية

W

Wood

خشب

Wood technology

علم تكنولوجيا الأخشاب

Wood Based panels

لأخشاب المصنعة

Wood pulp

هبة الورقية

Wood fuel

عطب الوقود

Wood charcoal

لحم خشبي

Woody liana

متسلق خشبي

Woody plants

نباتات خشبية

Weight

الوزن

Weathering

تآكل

Wood quality

جودة الخشب

Wood Industries

صناعات الخشبية

Wood wool

صوف الخشبي

Wafer

ملء خشبية رقيقة

Washing

لغسل

اللجنة العلمية :

- ١- أ.د. أديب رحمة
- ٢- أ.د. أكرم سليمان الخوري
- ٣- أ.د. محمد نبيل شلبي

المدقق اللغوي :

أ. د. منى الياس

حقوق الطبع و الترجمة و النشر محفوظة لمديرية الكتب و المطبوعات الجامعية .