منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية

(الجزء العملي)

الدكتور المهندس
محمد عبد الكبير الكتاني
المدرس في قسم هندسة ميكانيك
الصناعات النسيجية وتقاناتها

الدكتور المهندس
طاهر رجب قدار
الأستاذ في قسم هندسة ميكانيك
الصناعات النسيجية وتقاناتها

جامعة دمشق
1447 -1448 هـ
2025 – 2026 م

المواد الأوليّة النسيجية الصنعية والتركيبية

(الجزء العملي)

السنة الثالثة

هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية
(الجزء العملي)

الدكتور المهندس
محمد عبد الكبير الكتاني
مدرس في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

الأستاذ الدكتور المهندس
طـاهر رجـب قـدار
أستاذ في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

جامعة دمشق

1447- 1448 هـ
2025 – 2026 م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس المحتـويات Table of Content	الصفحة
- المقدمة	9
الفصل الأول: الألياف الصنعية التحويلية والتركيبية	11
1-1-كيمياء الألياف النسيجية.	11
1-2-عملية البلمرة وترتيب جزيئات البوليمير.	11
1-3-الروابط الداخلية المتشكلة بين جزيئات البوليمير.	12
1-4-تقنيات تصنيع الألياف الصنعية.	16
1-4-1-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الانصهاريMelt Spinning	19
1-4-2-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الرطب Wet Spinning	20
1-4-3-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الجافDry Spinning	20
1-4-4-الغزل الهلامي Gel spinning	21
1-4-5-الغزل الكهربائيElectrospinning	21
1-5-بعض الطرق المخبرية لتحضير الألياف الصنعية المخبرية.	22
الفصل الثاني: الألياف الصنعية التحويلية	25
2-1-الألياف التحويلية النباتية	25
2-1-1-الفيسكوز.	25
2-1-1-1-مخطط استخراج الفيسكوز.	25
2-1-1-2-التركيب الكيميائي للفيسكوز.	28
2-1-1-3-خواص ألياف الفيسكوز.	29
2-1-2-الأسيتات.	29
2-1-2-1-مخطط استخراج الأسيتات.	29
2-1-2-2-التركيب الكيميائي للأسيتات.	32
2-1-2-3-خواص ألياف الأسيتات.	32
2-1-3-بعض الألياف التحويلية النباتية الأخرى.	33

2-2-الألياف التحويلية البروتينية	35
2-2-1-ألياف الكازين.	35
2-2-1-1-مخطط استخراج ألياف الكازين.	35
2-2-1-2-التركيب الكيميائي لألياف الكازين.	36
2-2-1-3-خواص ألياف الكازين.	36
2-2-2-ألياف الصويا	37
2-2-2-1-مخطط استخراج ألياف الصويا.	37
2-2-2-2-التركيب الكيميائي لألياف الصويا.	38
2-2-2-3-خواص ألياف الصويا.	38
الفصل الثالث: الألياف الصنعية التركيبية	39
3-1-ألياف البوليستر	39
3-1-1-مخطط استخراج ألياف البوليستر.	39
3-1-2-التركيب الكيميائي لألياف البوليستر.	40
3-1-3-خواص ألياف البوليستر.	41
3-2-ألياف البولي بروبيلين	41
3-2-1-مخطط استخراج ألياف البولي بروبيلين.	41
3-2-2-التركيب الكيميائي لألياف البولي بروبيلين.	45
3-2-3-خواص ألياف البولي بروبيلين.	44
3-3-ألياف البولي أميد	47
3-3-1-مخطط استخراج ألياف البولي أميد.	48
3-3-2-التركيب الكيميائي لألياف البولي أميد.	49
3-3-3-خواص ألياف البولي أميد.	49
3-4-البولي أكريليك	50
3-4-1-مخطط استخراج البولي أكريليك.	50

3-4-2-التركيب الكيميائي لألياف البولي أكريليك.	51
3-4-3-خواص ألياف البولي أكريليك.	51
3-5-الألياف الصنعية التركيبية غير العضوية	52
3-5-1-ألياف الزجاج	52
3-5-2-ألياف الكربون	53
3-5-3-ألياف السيراميك	56
3-5-4-ألياف أخرى	57
الفصل الرابع: طرق تحديد نعومة الألياف والخيوط الصنعية	59
4-1-الطرق المباشرة لتحديد نعومة الألياف.	59
4-2-الطرق غير المباشرة لتحديد نعومة الألياف.	59
الفصل الخامس: طرق التعرف على الألياف الصنعية	61
5-1-الطرق المجهرية.	61
5-2-طرق الحرق.	61
5-2-الطريقة الكيميائية.	62
الفصل السادس: الاختبارات الميكانيكية للخيوط	63
6-1-تكييف العينات.	63
6-2-اختبار أطوال الشعيرات.	70
6-3-اختبار قوة شد واستطالة الشعيرات.	72
6-4- اختبار مقاومة الاحتكاك.	77
الفصل السابع: الاختبارات الخاصة لبعض أنواع الألياف الصنعية	79
7-1-درجة التجعيد لألياف البوليستر.	79
7-1-1-تفاصيل حول تجعيد ألياف البوليستر.	79
7-1-2-استخدامات التجعيد.	80
7-1-3-نقطة انصهار البوليستر.	80
7-1-4-تحديد العوامل الضرورية لتحديد درجة التجعيد.	80

7-2- نسبة التضخيم لألياف الأكريليك القابلة للتضخيم (high bulk)	81
7-2-1-خصائص الأكريليك.	82
7-2-2-استخدامات الأكريليك.	82
7-2-3-أهمية تضخم خيوط الأكريليك.	85
7-2-4- طرق التضخم المختلفة لخيوط الأكريليك.	86
7-3-اختبار نسبة التضخيم لألياف الأكريليك.	92
7-4-اختبار نسبة التبقيع للألياف الصنعية.	93
7-4-1- إجراء الاختبار.	93
7-5-اختبار درجة الانصهار.	94
7-5-1-طرق اختبار درجة الانصهار.	95
7-5-2-أهمية اختبار درجة الانصهار للألياف الصناعية.	95
7-5-3-أمثلة على الألياف الصناعية وتطبيقاتها.	95
7-5-4-جهاز اختبار نقطة الانصهار I-YG252A .	96
الفصل الثامن: عملية تقطيع الألياف الصنعية	97
8-1-طرق تقطيع الألياف الصنعية	97
8-1-1- تقطيع الألياف الصنعية بالقص.	97
8-1-2- تقطيع الألياف الصنعية بواسطة الشد.	99
الفصل التاسع: خلطات وخواص واستخدامات الألياف الصناعية	101
9-1- تمهيد	101
9-2- نسب الخلط	102
9-3- طرق الخلط	102
9-4-بعض الخلطات المستخدمة حسب درجة أهميتها	105
9-5- تأثير الخلط على مواصفات الخيوط	107
المصطلحات العلمية الأجنبية ومرادفاتها باللغة العربية	111
المراجع العلمية العربية والأجنبية	117

المقدمة Introduction

المواد الأولية النسيجية تؤثر بشكل كبير على نوع المنتج النهائي من حيث الجودة والخصائص الفيزيائية–الميكانيكية والمظهرية للقماش، وبالتالي من الضروري التعرف على بنية الألياف وخواصها؛ كونها تشكل ضرورة لتحديد نوع عمليات التصنيع، ومعرفة التغيرات التي تطرأ على خصائصها، وذلك لإنتاج أقمشة سهلة الاستخدام. وكي لا تؤثر عمليات التصنيع على خصائص الألياف، مثل المتانة، الامتصاصية للماء، والملمس الناعم، المرونة، من الضروري المعرفة العميقة للبنية الكيميائية والفيزيائية[1].

منذ مدّة طويلة، تهيمن الألياف الصنعية كألياف نسيجية مقارنة بالألياف الطبيعية لأغراض مختلفة. أكثر من نصف كمية الألياف النسيجية المستهلكة عالميًا يتم التقاطها بواسطة الألياف الصنعية، ومن المفترض أن تستمر في المستقبل أيضًا. وأكثر الألياف النسيجية الصنعية شيوعًا: البوليستر polyester، والأكريليك acrylic، والنايلون nylon، والرايون الفسكوزي viscose rayon ، وألياف الفينيل vinyl fibers، والبولي بروبيلين polypropylene المستخدم في الملابس المختلفة أو بعض التطبيقات التقنية العالية. يمكن أن تكون الألياف الصنعية عضوية وغير عضوية، تتكون من بوليمرات polymers، وتتكون جزيئات البوليمر polymer molecules من مونومرات monomers. يمكن أن تؤثر خصائص المونومرات والبوليمر نفسه بشكل حاسم على خصائص الألياف المنتجة. تتطلب كل خطوة من خطوات إنتاج الألياف النسيجية فهمًا شاملاً للمعلومات المتعلقة بالمونومر والبوليمر ومعالجتها لإنتاج ألياف نسيجية بنجاح.

يغطي الكتاب الألياف الصنعية التحويلية والتركيبية، والألياف الصنعية التحويلية (الفيسكوز، الأسيتات، بعض الألياف التحويلية النباتية الأخرى)، والألياف التحويلية البروتينية (ألياف الكازئين، ألياف الصويا)، والألياف الصنعية التركيبية (البوليستر، البولي بروبيلين، البولي أميد، البولي أكريليك)، والألياف الصنعية التركيبية غير العضوية (الزجاج، الكربون، السيراميك، أخرى)، وتحديد نعومة الألياف والخيوط الصنعية (المباشرة وغير المباشرة)، وطرق التعرف على الألياف الصنعية (المجهرية، الحرق، الكيميائية)،

والاختبارات الميكانيكية للخيوط (تكييف العينات، الطوال، قوة الشد، الاستطالة، الاحتكاك، درجة تجعيد البوليستر، نسبة تضخيم ألياف الأكريليك، نسبة التبقيع، درجة الانصهار، تقطيع الألياف الصنعية. نسب المزج بين الألياف. وبالتالي يغطي مفردات المقرر كلها والمعتمدة بقرار مجلس الشؤون العلمية رقم /160/ بجلسته رقم/8/ تاريخ 2017/12/18 بجامعة دمشق.

يدرَّس مقرر المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية (الجزء العملي) في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، بمعدل ساعتين عمليتين أسبوعياً في الفصل الدراسي الأول لطلاب السنة الثالثة؛ وهو يهدف إلى التعريف بأهم الجوانب المتعلقة بالمواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية. فضلاً عن ذلك إنه يخدم شريحةً واسعةً من المهتمين بالصناعات النسيجية، وقد جمعت المادة العلمية من مراجع علمية، ونشرات تخصصية متنوعة.

ويسعدنا أن نعبر عن شكرنا الجزيل لكل من أسهم في تقديم العون لإنجاز هذا الكتاب، ونأمل من الله أن يكون هذا الكتاب مفيداً للوطن والإنسانية.

ونعرب عن شكرنا سلفاً لكل من يقدم ملاحظة بناءة، وسوف يُؤخذ بها عند تدريس المقرر وإعادة طباعته.

دمشق: الخميس 2025/5/1

المؤلفان	
الدكتور المهندس محمد عبد الكبير الكتاني	الأستاذ الدكتور المهندس طاهر رجب قدار
مدرس في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها	أستاذ في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

الفصل الأول

الألياف الصنعية التحويلية والتركيبية

1-1- كيمياء الألياف النسيجية.

الأقمشة المنسوجة مصنوعة من خيوط، والخيوط مصنوعة من ألياف (fibers)، والألياف مصنوعة من جزيئات البوليمر polymer molecules. لذلك، فإن البوليمر هو الخطوة الأولى في صنع القماش المنسوج.

1-2- عملية البلمرة وترتيب جزيئات البوليمير.

"بولي Poly" تعني "العديد" و"ميرس mers" تعني "أجزاء". البوليمر **Polymes** هو بنية جزيئية تشبه السلسلة، تشتق منها الألياف الصناعية. يتم إنتاج البوليمر عن طريق ربط وحدات جزيئية تسمى المونومرات معًا monomers. والبلمرة هي تفاعل كيميائي يتم فيه دمج جزيئات صغيرة لتشكيل جزيئات بوليمرية أكبر بكثير وطويلة السلسلة. هناك نوعان من البلمرة: البلمرة الإضافية، وبلمرة التكثيف. بالإضافة إلى ذلك، تكون الصيغة الجزيئية لوحدة التكرار متطابقة مع المونومر. والوزن الجزيئي للبوليمر المشكل حديثًا هو مجموع الوزن الجزيئي لوحدات المونومر المدمجة. تتم البلمرة عن طريق إعادة ترتيب الروابط الكيميائية. في بلمرة التكثيف، تحتوي الوحدة المتكررة للبوليمر على ذرات أقل من المونومر أو المونومرات. يتم اشتقاق البوليمرات الاصطناعية من النفط [1].

تتكون جميع الألياف النسيجية الطبيعية والصناعية من البوليمرات. ويمكن تصنيف البوليمرات تحت فئتين: البوليمر المتجانس homopolymer والبوليمر المشترك copolymer. وفي البوليمر المتجانس، تكون وحدات التكرار في البوليمر هي نفسها. ويمكن أن تكون البوليمرات المتجانسة دورية. ويحتوي البوليمر المشترك على نوعين على الأقل من سلائف المونومر monomer precursors. ويمكن أن تكون البوليمرات المشتركة متناوبة، وعشوائية، وكتلية، ومطعّمة، ومتفرعة [2،3].

يتم إعطاء أسماء البوليمرات من قبل الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC).

ومع ذلك، فإن الاسم الشائع للبوليمر المستخدم في الممارسة العملية قد يكون مختلفًا عن اسم IUPAC. يوضح الجدول (1-2) بعض البوليمرات الصنعية synthetic polymers التي تستخدم لإنتاج الألياف النسيجية. وهناك آلاف البوليمرات الحاصلة على براءات اختراع في العالم [2].

الجدول (1-2): بعض البوليمرات الصنعية synthetic polymers التي تستخدم لإنتاج الألياف النسيجية

الاسم الشائع Common Namme	الاسم المعطى من *(IUPAC)	الصيغة الجزيئية Molecular Formula
بولي إيثيلين Polyethylene	بولي (إيثين) Poly(ethen)	$-[CH_2CH_2]-$
بولي بروبلين Polypropylene	بولي (بروبين)Poly(propen)	$-[CH_2CH(CH_3)]-$
بولي استر Polyester	بولي (إيثيلين تريفتالات) Poly(ethylene terephthalate)	$-[CH_2CH_2OCOC_6H_4COO]-$
نايلون Nylon 6.6	بولي (هيكساميثالين إيباميد) Poly(hexamethylene adipamide)	$-[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO]-$
نايلون Polyester6	بولي (هيكسانولاكتام) Poly(hexanolactam)	$-[NH(CH_2)_5CO]-$

*- الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية

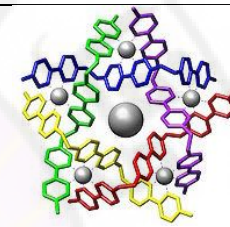
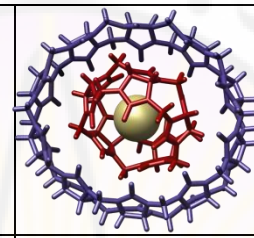
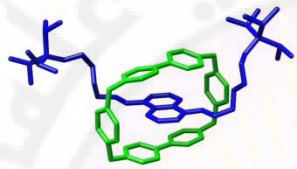
International Union of Pure and Applied Chemistry(IUPAC)

1-3- الروابط الداخلية المتشكلة بين جزيئات البوليمير.

بوليمرات الجزيئات الضخمة Supramolecular polymers:

عبارة عن بوليمر والذي يتكون من وحدات مونومر متكررة ترتبط ببعضها البعض بواسطة روابط لا تساهمية. تشمل القوى اللاتساهمية التي تربط بوليمرات

الجزيئات الضخمة بعضها ببعض، الروابط التناسقية coordination bond، تداخلات باي–باي، والرابطة الهيدروجينية. أحد الأنظمة أظهر أنه يستخدم الروابط الهيدروجينية الرباعية لتكوين بوليمرات الجزيئات الضخمة. يُقدّم توظيف البوليمرات مع وحدة الرابطة الهيدروجينية الرباعية من مجموعة ماير روابط عرضية عكسية وزيادة ظاهرة في الوزن الجزيئي للبوليمر. عامة، البوليمرات ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة تمتلك خصائص مادية أفضل[5].

		
مثال عن تجمع جزيئي ضخم. https://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page	**معقد جزيئي ضخم مؤلف من أيون كلوريد، كوكوربيت وريل وكوكوربيت وريل.** ://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3446507	**مثال عن ترتيب هندسي جزيئي متشابك ميكانيكياً كما في حالة روتاكسان.** بواسطة M stone من en.wikipedia.org و CC BY-SA 3.0 https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52073084

الشكل1–3: أمثلة عن تجمع جزيئي ضخم.

التآثرات غير التساهمية Non–covalent interactions :

في الكيمياء، هي تآثرات تحدث بين ذرات العناصر الكيميائية، لا تشمل الاشتراك في الإلكترونات كما يحدث في الرابطة التساهمية، إنما تكون نتيجة إلى عوامل مختلفة ناتجة عن تآثرات الكهرومغناطيسية (ترابط كهرومغناطيسي) بين الجزيئات أو ضمن الجزيء نفسه [5]. إن الطاقة الكيميائية المتحررة عن تشكيل ترابط أو تآثر غير تساهمي عادة ما تكون في مرتبة 1– 5 كيلو كالوري/مول [6]. تصنف التآثرات غير التساهمية بشكل عام إلى أربعة تصنيفات وهي الكهربائية الساكنة، والتآثرات مع الرابطة باي، وقوى فان دير فالس، والأثر الكاره للماء.

إن التآثرات غير التساهمية هي النمط الشائع في التآثرات الموجودة بين الجزيئات في كيمياء الجزيئات الضخمة، وهي ذات أهمية في الحفاظ على البنية ثلاثية الأبعاد للجزيئات الضخمة، مثل البروتينات والأحماض الأمينية. بالإضافة إلى ذلك، فإن للتآثرات غير التساهمية دوراً مهماً في العديد من العمليات الحيوية المهمة في كيفية الارتباط الانتقائي، كما أن لها دوراً مؤثراً في كيفية تصميم الأدوية وفي درجة التبلور، وبشكل خاص في التجميع الذاتي للجزيئات في علم المواد، وبشكل عام في الاصطناع العضوي للجزيئات العضوية.

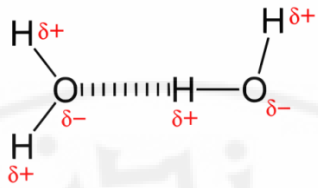
تآثرات كهروستاتيكية Electrostatic Interactions

الرابطة الأيونيةIonic Bond :

تتضمن التآثرات الأيونية جذب أيونات أو جزيئات ذات شحنات دائمة كلية متعاكسة الإشارة. على سبيل المثال، يتشكل فلوريد الصوديوم من جذب الصوديوم ذي الشحنة الموجبة (+ Na) للفلوريد ذي الشحنة السالبة(F −). مع ذلك، يمكن تحطيم هذا الارتباط الخاص بسهولة عند وضعه في الماء، أو المذيبات الأخرى عالية القطبية. يكون الاقتران بالأيونات في الماء محكومًا بالإنتروبيا غالبًا؛ عادةً ما تبلغ قيمة الجذب لجسر ملح واحد نحو $\Delta G = 5$ كيلوجول/ مول عند قوة أيونية متوسطة (I)، عندما تقترب قيمة ΔG من الصفر تزداد القيمة إلى نحو 8 كيلوجول/ مول. عادةً ما تكون قيم ΔG مضافة ولا تتعلق بطبيعة الأيونات المشاركة، باستثناء أيونات الفلزات الانتقالية وغيرها.

يمكن أيضًا رؤية هذه التآثرات في جزيئات حاوية على شحنة موضعية على ذرة معينة. على سبيل المثال، تكون الشحنة السالبة الكلية المرتبطة بالإيثوكسيد، القاعدة المترافقة للإيثانول، مرافقة غالبًا بالشحنة الموجبة لملح فلز قلوي مثل كاتيون الصوديوم (+ Na).

الرابطة الهيدروجينيةHydrogen Bond :



الشكل1-3: الرابطة الهيدروجينية في الماء ثنائية الأبعاد.-pngHydrogen-bonding-in-water-2D.png.[8]

تُعد الرابطة الهيدروجينية أحد أنواع التآثرات التي تنطوي على جذب ثنائي القطب-ثنائي القطب بين ذرة هيدروجين تحوي شحنة جزئية موجبة، وذرة عالية الكهربية كذرة أكسجين أو نتروجين أو كبريت أو فلور تحوي شحنة جزئية سالبة (غير مرتبطة تساهميًا بذرة الهيدروجين المذكورة). لا تعد رابطة تساهمية، بل تصنف على أنها تآثر غير تساهمي قوي. تعد هذه الرابطة مسؤولة عن سبب كون الماء سائلاً في درجة حرارة الغرفة وليس غازًا (بالنظر إلى الوزن الجزيئي المنخفض للماء). عادةً، تبلغ قوة الروابط الهيدروجينية 0-4 كيلو كالوري/ مول، لكن قد تكون في بعض الحالات قوية، وتصل إلى 40 كيلو كالوري/ مول. وفقًا للينوس باولنغ، تُحدد قوة رابطة الهيدروجينية بشكل أساسي من خلال الشحنات الإلكتروستاتيكية .

الرابطة الهالوجينيّة Halogen Bond :

الرابطة الهالوجينية هي نوع من التآثرات غير التساهمية التي لا تنطوي على تكوين أو كسر للروابط الفعلية، لكنها بالأحرى مشابهة للتآثر ثنائي القطب-ثنائي القطب المعروف باسم الرابطة الهيدروجينية. في الرابطة الهالوجينة، تعمل ذرة الهالوجين كإلكتروفيل، أو الذرة المحبة للإلكترون، وتشكل تفاعلًا إلكتروستاتيكيًا ضعيفًا مع النيوكليوفيل، أو الذرة الغنية بالإلكترونات. غالبًا ما تكون النيوكليوفيلات في هذه التآثرات عالية الكهرسلبية (مثل الأكسجين أو النتروجين أو الكبريت)، أو قد تكون أنيونية، تحمل شحنة كلية سالبة. بالمقارنة مع الرابطة الهيدروجينية، تحل ذرة الهالوجين محل الهيدروجين المشحون جزئيًا كإلكتروفيل.

لا ينبغي الخلط بين الروابط الهالوجينية والتآثرات الهالوجينية–العطرية، إذ إن المصطلحين مرتبطان ولكنهما يختلفان في التعريف. تتضمن التآثرات الهالوجينية–العطرية غمامة π–عطرية غنية بالإلكترونات باعتبارها نيوكليوفيل. تقتصر الروابط الهالوجينية على النيوكليوفيلات أحادية الذرة.

قوى فان دير فالس Van der Waals forces :

قوى فان دير فالس نوع من أنواع التآثرات الإلكتروستاتيكية التي تنطوي على ثنائيات أقطاب دائمة أو محرَّضة (أو متعددة). وهي تشمل ما يلي:

- قوى ترابط بين جزيء قطبي–جزيء قطبي، تسمى قوة كيسوم.
- قوى ترابط بين جزيء قطبي–جزيء غير قطبي، أو قوة دي باي.
- قوى ترابط بين جزيء غير قطبي–جزيء غير قطبي، يشار إليها عادةً باسم قوى تشتت لندن.

لا تُصنف عادةً الروابط الهيدروجينية والروابط الهالوجينية كقوى فان دير فالس[7].

1–4 – تقنيات تصنيع الألياف الصنعية.

يقصد بعملية غزل الألياف الصنعية تحويل اللدائن المستخدمة في عمل الألياف إلى الخيوط من خلال دفع محلول الغزل داخل ثقوب المغزل (فونيةٌ) Spinneret ويكون عدد الثقوب مساوياً لعدد الشعيرات المطلوبة في الخيط الواحد، وتختلف أشكال الثقوب وفقاً لنوع الألياف.

إن عملية تصنيع جميع الألياف الصناعية هي العملية نفسها. حيث تتم معالجة المواد الخام كيميائيًا، وفي بعض الحالات يتم إذابتها بالتسخين لتكوين سائل لزج Viscous Liquid، والذي يتم بعد ذلك بثقه من خلال فتحات دقيقة جدًا في فوهة تسمى المغزل، ويتم تجميد الخيوط المنتجة بطرق مختلفة [3].

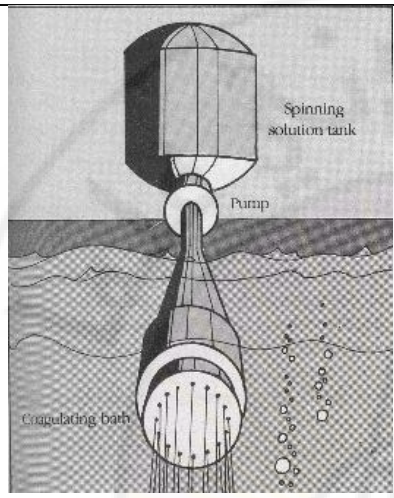
هناك في الأساس ثلاث طرق لغزل الألياف الصناعية (انظر الشكل 1–1) وهي:

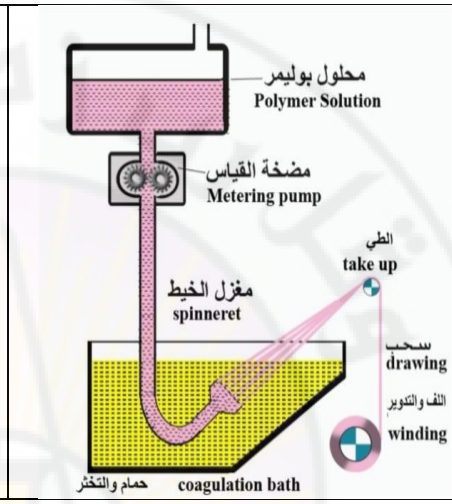
(i) الغزل الرطب Wet spinning

(ii) الغزل الجاف Dry spinning

(iii) الغزل المنصهر Melt spinning

يتم أيضًا اعتماد طرق أخرى للغزل، مثل الغزل الهلامي Gel Spinning، والغزل الكهروستاتيكي Electrostatic Spinning ، وما إلى ذلك في غزل الألياف.



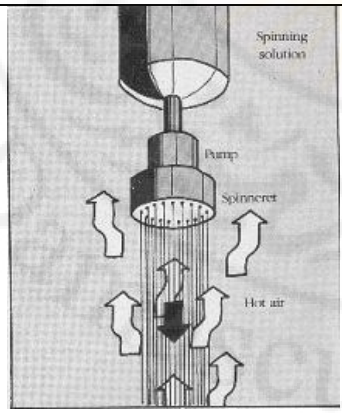


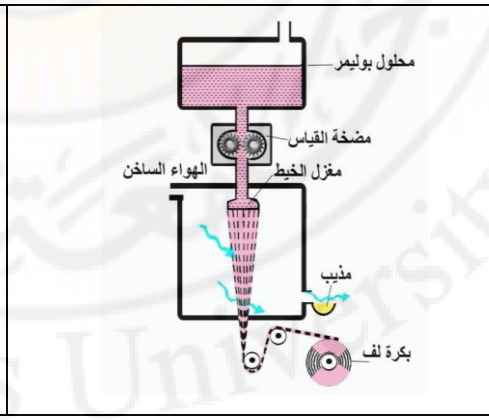
Wet spinning: Rayon, spandex and some acrylic are wet spun

(i) الغزل الرطب: يتم غزل الرايون والإسباندكس وبعض الأكريليك بطريقة الغزل الرطب

الشكل (1–1): طرق غزل الألياف الصناعية[3].

Methods of spinning manmade fibres.



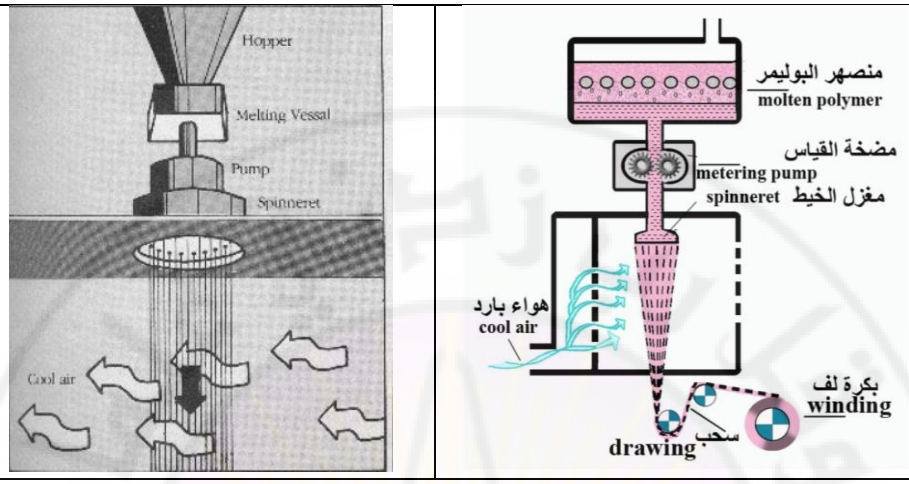


Dry spinning: Acetate, triacetate acrylics, modacrylics are dry spun

(ii) الغزل الجاف : يتم غزل الأكريليك الأسيتات والأكريليك ثلاثي الأسيتات والموداكريليك بشكل جاف

الشكل (1–1): طرق غزل الألياف الصناعية– (ii)الغزل الجاف. [3]

Methods of spinning manmade fibres.



Melt spinning: Nylon, polyester are melt spun

الغزل الذائب (المنصهر): يتم غزل النايلون والبوليستر بالذوبان

الشكل (1–1): طرق غزل الألياف الصناعية (استمرار الجدول) (iii) الغزل المنصهر [3] .

Methods of spinning manmade fibres.(continuous)

العناصر الأساسية المشتركة بين طرق غزل الألياف الصنعية

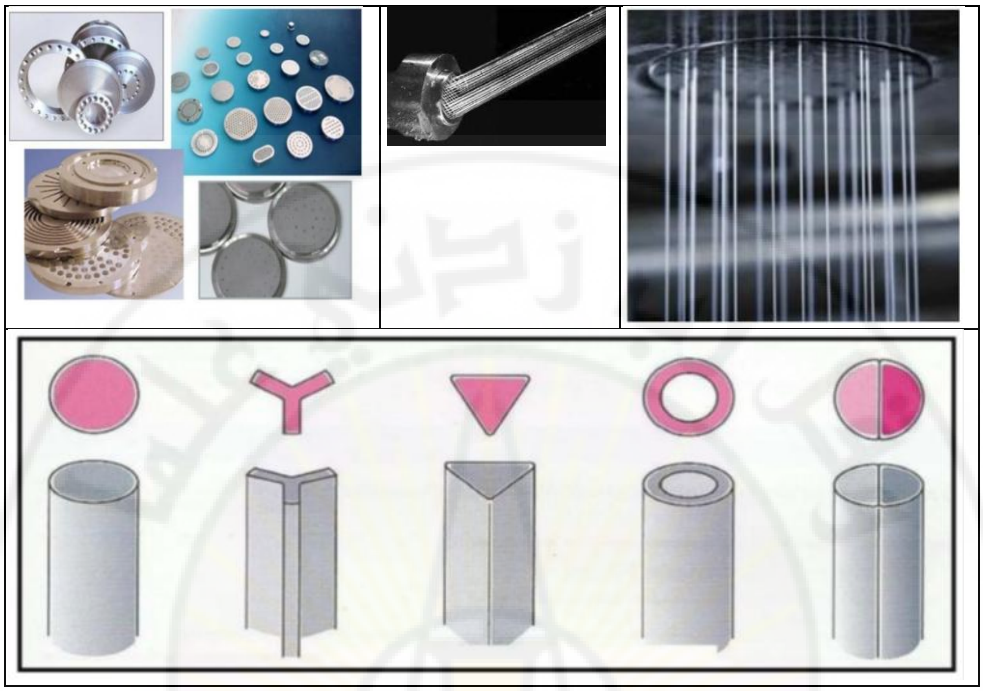
1- وجود وعاء توضع به المادة الخام الأساسية من البوليمر بالإضافة إلى مضخة قياسية لضخ محلول الغزل.

2- وحدة لبثق السوائل عن طريق ثقوب المغزل (فونيات).

3- مائع كوسيط لتتشكل فيه الألياف الصنعية.

4- وحدة لسحب الألياف وتدويرها على شكل كونات.

يبين الشكل (1–2): أشكالاً مختلفة لفونية غزل الألياف الصنعية.



الشكل (1-2): أشكال مختلفة لفونية غزل الألياف الصناعية

قد تكون ثقوب الفونية دائرية أو لها شكل آخر حسب المطلوب، ويتيح ذلك إمكانية إنتاج ألياف ذات مقاطع وأشكال عرضية مختلفة، حيث يؤثر المقطع العرضي للألياف على خواص اللمعان والملمس للقماش، ومن الممكن أيضاً ضخ بوليميرين مختلفين معاً من مغزل واحد لعمل وتشكيل الياف ثنائية التركيب (ألياف مخلوطة).

1-4-1-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الرطبWet Spinning

يتم غزل ألياف الرايون الفسكوزي والأكريليك والإسباندكس عن طريق عمليات الغزل الرطب. وهنا يتم إذابة المادة الخام بالمواد الكيميائية؛ ثم يتم غزل الألياف في حمام كيميائي. تتصلب الألياف عند تخثرها بواسطة الحمام.

الغزل الرطب عملية معقدة، يلزم غسل الألياف وتبييضها وما إلى ذلك قبل الاستخدام.

1-4-2-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الجافDry Spinning

يتم غزل ألياف الأسيتات والثلاثي الأسيتات وبعض ألياف الأكريليك والأحادي الأكريليك عن طريق عملية الغزل الجاف. وهنا يتم إذابة المواد الصلبة الراتنجية في مذيب، ثم يتم غزل الألياف في الهواء الدافئ، وتتصلب الألياف عن طريق تبخر المذيب.

الغزل الجاف هو عملية مباشرة. وهنا يتطلب الأمر وجود مذيب ومصنع لاستعادة المذيباتa solvent recovery plant. ولا يتم الغسيل في هذه العملية.

1-4-3-طرق تحويل البوليميرات إلى ألياف بالغزل الانصهاري Melt Spinning

يتم غزل ألياف النايلون والبوليستر والبولي أميد والأوليفين والساران saran عن طريق الغزل المنصهر. هنا يتم صهر المواد الصلبة الراتنجية resin في الأوتوكلاف autoclave. يتم غزل الألياف في الهواء. تتصلب الألياف عند التبريد.

الغزل المنصهر هو الأقل تكلفة من بين جميع طرق الغزل المذكورة أعلاه. إنها عملية مباشرة، ومن الممكن تحقيق سرعة غزل عالية. ولا تتطلب الغسيل. ويمكن تشكيل الألياف من خلال وجود أشكال مختلفة من فتحات المغزل.

تعتمد طريقة الغزل على سحب هذه الخيوط ولفها برفق معًا لتكوين ما يسمى بخيوط الغزل المتصلة، وتُستخدم هذه الخيوط في صناعة النسيج أو الحياكة.

كما تُصنع العديد من الألياف الصناعية في شكل خيوط أساسية، يتم جمع عدد كبير من خيوط الغزل معًا (سحب) وقطعها إلى أطوال أساسية قصيرة، وتكون النتيجة كتلة ليفية ناعمة تُعرف بالألياف الأساسية، ثم يتم تمشيط هذه الألياف وسحبها (بعبارة أخرى يتم تحويل السحب إلى خيوط علوية أو فضية) وغزلها إلى خيوط تُعرف بالغزل أو الخيوط الأساسية، بطريقة مماثلة للألياف الطبيعية، كما يتم مزج الألياف الأساسية مع بعضها البعض ومع الألياف الطبيعية قبل غزلها لإنتاج خيوط ممزوجة.

1-4-4-الغزل الهلامي Gel spinning

الغزل الهلامي هو نوع من الغزل الرطب، حيث يتم الاحتفاظ بمحلول البوليمر مخففًا جدًا لتمكين كثافة التشابك المنخفضة. على الرغم من أن المادة لها وزن جزيئي مرتفع جدًا (مليون أو أكثر)، فإن اللزوجة عالية جدًا، وبالتالي لا يتم الغزل المنصهر. يتم تحضير محلول البوليمر هذا عند درجة حرارة حيث يكون قابلاً للتدفق وبالتالي يتم غزله من خلال مغزل. في المحلول، تتفكك الجزيئات وتبقى في تلك الحالة بعد غزل المحلول وإخراجه أخيرًا إلى ظروف حيث يشكل بنية هلامية. نظرًا لدرجة التشابك المنخفضة بدرجة كافية، يمكن سحب المادة المغزولة بالهلام إلى حد كبير (سحب فائق). وبالتالي فإن الألياف المغزولة بالهلام هي ألياف قوية للغاية، وعالية المرونة، تتميز بالتوجيه العالي والبلورية العالية، على سبيل المثال، Spectra و Dyneema (ألياف البولي إيثيلين المغزولة بالهلام).

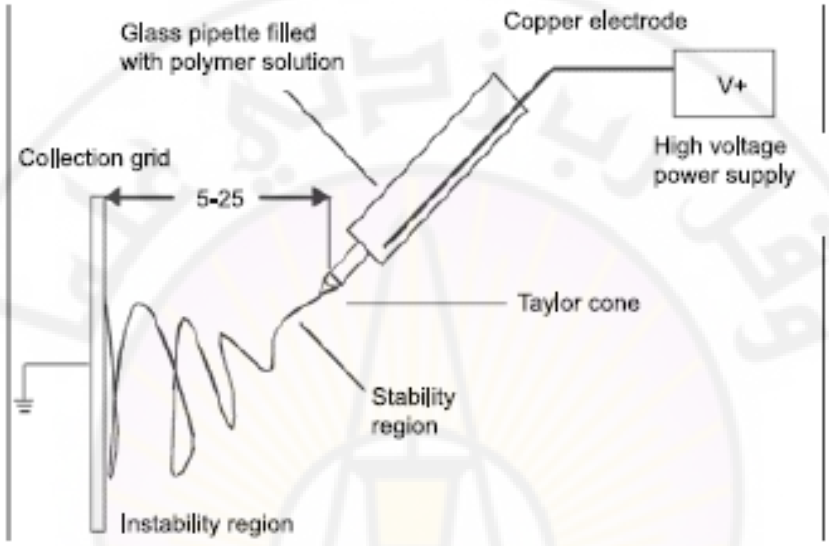
1-4-5-الغزل الكهربائي Electrospinning

يعد الغزل الكهربائي أحد أكثر الطرق شيوعًا لإنتاج الألياف النانوية. تستخدم عملية الغزل الكهربائي القوة الكهروستاتيكية والميكانيكية لغزل الألياف من طرف فتحة دقيقة أو مغزل. وكما هو موضح في الشكل (1-3)، يتم الحفاظ على المغزل عند تغير موجب أو سالب من خلال مصدر الطاقة، تسمح الاستطالة الكهروستاتيكية لخيوط البوليمر بإنتاج ألياف بأقطار نانوية، وعندما تتغلب قوة الطرد الكهروستاتيكية على قوة التوتر السطحي لمحلول البوليمر، ينسكب السائل من المغزل ويشكل خيوطًا متصلة دقيقة للغاية.

يتم تجميع هذه الخيوط على مجمع دوار أو ثابت مع قطب كهربائي أسفله من الاتجاه المعاكس لقطب المغزل حيث تتراكم وتترابط معًا لتكوين شبكة ألياف نانوية.

يتم توليد المجال من مصدر طاقة عالي الجهد (5-30 كيلو فولت). يمكن إجراء العملية في درجة حرارة الغرفة ما لم تكن هناك حاجة للحرارة للحفاظ على البوليمر في حالة

سائلة، ومنه تعتمد خصائص الألياف النهائية على نوع البوليمر ومعلمات عملية أخرى للغزل الكهروستاتيكي.



الشكل(1-3):عملية الغزل الكهربائيThe electrospinning process.[3]

1-5-بعض الطرق المخبرية لتحضير الألياف الصنعية المخبرية.

رقم النشاط 1- ورقة التوثيق رقم 1
محتوى التعلم: المواد الخام الخاصة بالعمليات التكنولوجية للغزل.
الموضوع: بنية ألياف النسيج The structure of textile fibers السنة: الثالثة هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها
بنية ألياف النسيج The structure of textile fibers
ألياف النسيج هي أجسام صلبة طبيعية (من أصل نباتي وحيواني ومعدني)، أو يتم الحصول عليها كيميائياً من البوليمرات الطبيعية أو الاصطناعية، والتي يمكن تحويلها بسهولة إلى منتجات نسيجية. ألياف النسيج عبارة عن مواد جزيئية كبيرة الحجم ذات خصائص محددة تسمح

بمعالجتها.

هيكل الألياف على النحو التالي:

أ- التركيب الكيميائيChemical structure :

1-بوليمر السليلوز: القطن، الكتان، القنب، السيزال، الفسكوز، الأسيتات، ألياف السيلولوز.

2- المواد البروتينية :

- الكيراتين: أصناف الشعر

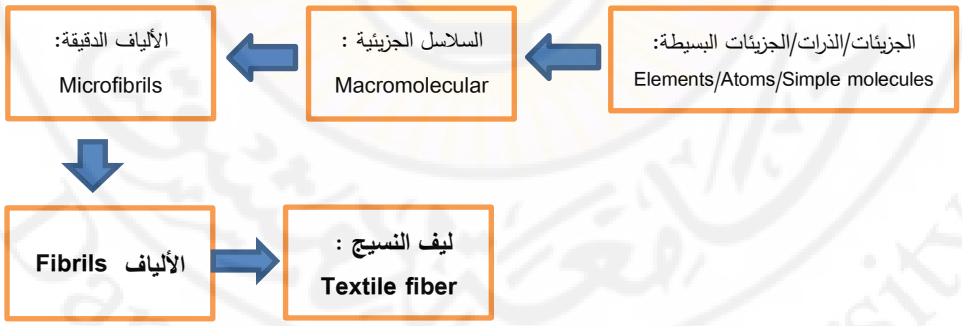
- الفيبروين : الحرير.

3- الهيدروكربون: المطاط.

4- البوليمر الذي يتم الحصول عليه عن طريق التكثيف المتعدد: مادة البولي أميد والبوليستر.

5- البوليمر الذي تم الحصول عليه عن طريق البلمرة: بولي أكريليك، بولي إيثيلين، بولي بروبيلين.

ب- التركيب الجزيئي:Macromolecular structure



يمنح الاتجاه غير المنتظم للجزيئات الكبيرة في المناطق غير المتبلورة ألياف النسيج مرونة عالية، وقدرة عالية على امتصاص الماء والصبغة، وموصلية حرارية منخفضة وقوة شد منخفضة.

يمنح الاتجاهُ الموازي للجزيئات الكبيرة في المناطق البلورية ألياف النسيج قوة شد عالية، وموصلية حرارية عالية، ومرونة منخفضة، وقدرة منخفضة على امتصاص الماء

والصبغ.

الفصل الثاني

الألياف الصنعية التحويلية

2-1-الألياف التحويلية النباتية

2-1-1- الفيسكوز Viscose Rayon

رايون الفسكوز هو الشكل الحديث لأحد أقدم أنواع الحرير الصناعي، واسم الفسكوز مشتق من كلمة "لزج" التي تشير إلى محلول الغزل اللزج، وقد أُشير إلى اسم "رايون" كمصطلح عام ليحل محل كلمة "حرير صناعي"، وهو أكثر الألياف الصناعية تنوعًا واستخداماً، وهو الأرخص ثمنًا لأنه مصنوع من السليلوز المستخرج من لب الخشب، وهي مادة خام رخيصة ومتوفرة على نطاق واسع، وتُنتج في مناطق غير مناسبة لإنتاج الغذاء[3] .

ويُنتج بخيوط متنوعة تتراوح سماكتها بين سماكة الحرير الطبيعي وسماكة الصوف أو الشعر الخشن.

2-1-1-1-مخطط استخراج الفيسكوز Manufacture of viscose rayon

يمكن مناقشة تسلسل العمليات المشاركة في تصنيع رايون الفسكوز حتى مرحلة الغزل بشكل أكثر ملاءمة فيما يتعلق بالرسم البياني (2-1).[3] .

المواد الخام Raw material: المصدر الرئيسي للسليلوز المستخدم في صناعة رايون الفسكوز هو لب الخشب المُستخلص من الأشجار (وخاصةً شجرة التنوب) بعد تبييضه لإزالة الصمغ واللجنين والشوائب الأخرى، يُستقبل اللب في المصنع على شكل ألواح أو صفائح صلبة.

النقع Steeping : يتضمن معالجة ألواح اللب بمحلول الصودا الكاوية بتركيز مرسرة (حوالي 17.5%) لتكوين السليلوز القلوي، تُجرى العملية في خزان مستطيل طويل مُدمج فيه مكبس هيدروليكي، وعند اكتمال المرسرة، يُمكن للمكبس ضغط فائض المحلول الكاوي، تاركًا ألواح السليلوز القلوي المُطرية تحتوي على كميات معروفة من ماء الصودا

الكاوية، تستغرق هذه العملية حوالي 14 ساعة، يُصفى محلول الصودا الكاوية ذو اللون البني الداكن، وتُضغط الصفائح بواسطة ألواح متحركة لعصر محلول الصودا الكاوية حتى تصل إلى كتلة رطبة محددة من سليلوز الصودا، التي تُنقل بعد ذلك إلى آلة التقطيع للعملية التالية.

القطع أو التقطيع Cutting or shredding: تتكون آلة التفتيت أو التقطيع من ذراعين، يحملان أجنحة مسننة، تعملان ضد أسنان أخرى مماثلة في قاع الوعاء، وعندما يدور الوعاء، تُقطع صفائح اللب إلى قطع صغيرة تُسمى الفتات.

التعتيق:Ageing: يُخزن فتات سليلوز الصودا في براميل فولاذية مجلفنة صغيرة لمدة 48 ساعة تقريبًا عند درجة حرارة 23 درجة مئوية، يعتمد الوقت ودرجة الحرارة على طبيعة اللب، ودرجة التعتيق (النضج) المطلوبة، وعملية الغزل المستخدمة، إلخ.

الزانثاتيونXanthation: تُسمى هذه العملية أيضًا بالكبريتة، بعد عملية التعتيق، تُنقل فتات سليلوز الصودا إلى غرف دوارة محكمة الغلق، وهي غرف ذات غلاف مزدوج للحفاظ على درجة الحرارة المطلوبة في أثناء الخض، يُضاف ثاني كبريتيد الكربون إلى الخلاط ويُخض لمدة 3 ساعات بتدوير الخلاط بسرعة بطيئة، فيتغير لون المنتج من الأبيض إلى الأصفر الفاتح، ومن الأصفر الفاتح إلى الأصفر الغامق، وأخيرًا إلى البرتقالي المحمر، يجب عدم السماح لزانثات سليلوز الصوديوم المتكونة خلال هذه العملية بتكوين كتل صلبة، إذ يصعب ذوبانها في العملية اللاحقة، وبعد انتهاء الخض، يُطبق فراغ لإزالة أبخرة ثاني كبريتيد الكربون ذات الرائحة الكريهة من الخلاط.

الخلط Mixing: يُنقل زانثات سليلوز الصوديوم، وهو منتج برتقالي اللون، إلى مذيب أو خلاط مزود بمحركات. يُضاف أيضًا محلول مخفف من الصودا الكاوية، وتُحرّك المحتويات لمدة 4–5 ساعات تقريبًا، وفي الوقت نفسه، تُبرّد المُذيبة، وتذوب زانثات سليلوز الصوديوم لتعطي سائلًا بنيًا صافيًا ولزجًا، يُشبه العسل، ويُمزج هذا المحلول في خلاطات كبيرة لتجانس أي تفاوتات، وللحصول على خصائص أكثر تجانسًا في المنتج النهائي.

الترشيح ونزع الهواء Filtration and deairation: هذا ضروري قبل الوصول إلى مرحلة الغزل، حيث يُشكّل الرايون عن طريق دفع المحلول عبر المغزل ذي الثقوب الصغيرة جدًا، ويجب إزالة جميع الفقاعات والجسيمات الصلبة التي يُحتمل أن تخنق ثقوب المغزل، وبالتالي، يُمرّر المحلول اللزج عبر سلسلة من مكابس الترشيح في طريقه إلى الخزانات الكبيرة التي يُنضج فيها، ثم يُرشّح المحلول مرة أخرى عدة مرات بالطريقة بنفسها في أثناء نقله من حاوية إلى أخرى، وأخيرًا، تُزال التهوية بالحفاظ على فراغ جزئي فوق محلول الفسكوز في خزانات محكمة الغلق يُحفظ فيها خلال الجزء الأخير من فترات النضج.

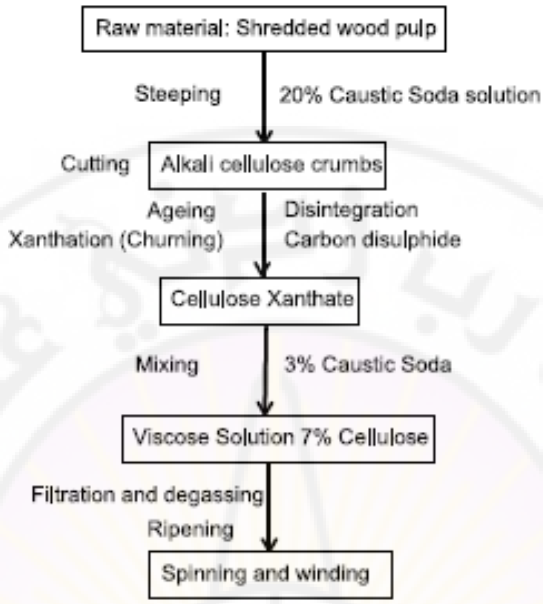
النضج Ripening : بما أن السليلوز القلوي يحتاج إلى التعتيق، فإن محلول الفسكوز هذا يحتاج إلى النضج للحصول على محلول يتمتع بأفضل خصائص الغزل.

يُجرى النضج بتخزين محلول الفسكوز لمدة تتراوح بين يومين وخمسة أيام عند درجة حرارة تتراوح بين 10 و18 درجة مئوية، خلال وفي هذه الفترة، يحدث نوع من التخثر أو تساقط الرواسب، وتنخفض اللزوجة ثم ترتفع إلى قيمتها الأصلية. تتطلب الرواسب الترشيح. لذلك يُرشح المحلول الناضج مرة أخرى بعناية ويُزال الهواء منه، ويصبح المحلول الآن جاهزًا للغزل لإنتاج خيوط رايون الفسكوز بطريقة الغزل الرطب.

الغزل:Spinning: تدفع المضخات المقاسة كمية مُقاسة من المحلول عبر مغزل متعدد الثقوب، مُرتب في صف واحد، داخل خزان رصاصي طويل، أفقيًا إلى حوض التخثر.

صُممت المغازل بطرق مُتنوعة لتلبية متطلبات الغزل الرطب والجاف والمنصهر. والمغزل عبارة عن صفيحة مُثقبة بدقة بفتحات يتراوح قطرها عادةً بين 0.05 و0.1 مم (يمكن تغيير حجم الثقوب وفقًا للمتطلبات). يُصنع المغزل عمومًا من معادن نبيلة مثل الذهب والبلاتين والروديوم أو سبائك التنتالوم.

في أثناء الغزل الرطب، يجب غمر المغزل في أحواض السوائل. وبالتالي، يجب أن يقاوم المغزل، الذي يكون على شكل كشتبان، تأثير كل من السوائل، أي محلول الغزل والمحاليل في حوض التخثر.

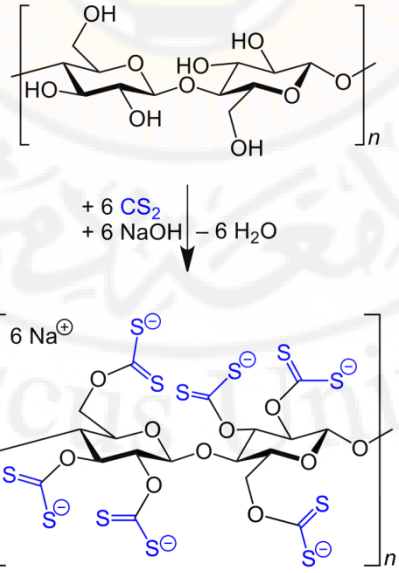


الرسم البياني 2-1: مخطط انسيابي لتصنيع ألياف رايون الفسكوز.

Flow chart of viscose rayon fibre manufacture.

2-1-1-2-التركيب الكيميائي للفيسكوز.

يبين الشكل (2-2) التركيب الكيميائي للفيسكوز.



الشكل 2-2: التركيب الكيميائي للفيسكوز.

2-1-1-3-خواص ألياف الفيسكوز.

يتميز الفيسكوز بالنعومة والامتصاص والقوة والتهوية، ويُستخدم على نطاق واسع في مجموعة واسعة من التطبيقات، من الملابس إلى منتجات النظافة، وهو أهم أنواع السليلوز الصناعي، حيث بلغت حصته السوقية حوالي 80% من إجمالي ألياف MMCF، وبلغ حجم إنتاجه حوالي 5.8 مليون طن في عام 2021.

2-1-2-الأسيتات Acetate Fiber

ألياف الأسيتات هي ألياف سليولوزية مصنّعة، مشتقة من السليلوز عبر عملية كيميائية مميزة، وتتميز بمظهر لامع يشبه الحرير، وتُقدّر قيمتها لانخفاض تكلفتها، وخصائصها الممتازة في الثني، وتُستخدم عادةً في أقمشة التبطين، والأردية، وملابس النوم في صناعة النسيج [16].

2-1-2-1-مخطط استخراج الأسيتات

تتضمن المراحل الرئيسية في عملية تصنيع ألياف رايون الأسيتات ما يلي[17]:

1-تنقية السليلوز Cellulose purification :

يُنقّى وبر القطن بغليه في محلول قلوي من كربونات الصوديوم (Na_2CO_3) لمدة 4-10 ساعات، يليه التبييض باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم (NaOCl). وبعد ذلك، يُنظف الوبر وتُجفف.

2- التنشيط:Activation :

يبدأ نقع وبر القطن أو لب الخشب المنقى في حمض الأسيتيك الجليدي (CH_3COOH) بنسبة (3/1) في درجة حرارة الغرفة عملية الأستلة، ويساعد ذلك على انتفاخ الألياف وزيادة تفاعلها الكيميائي.

3-الأستلة:Acetylation

أ) **غير مذيب:** تتم الأسترة باستخدام أنهيدريد في وجود حمض الكبريتيك الحفزي (H_2SO_4).

ب) مذيب: الصيغة القياسية لعملية المذيب:

- 100 رطل من السليلوز المنقى.

- 300 رطل أنهيدريد الأسيتيك.
- 500 رطل من حمض الأسيتيك الجليدي.
- 8-10 أرطال من حمض الكبريتيك (H_2SO_4).

يؤدي الحفاظ على الخليط عند درجة حرارة (25-30) درجة مئوية لمدة 8-10 ساعات إلى إنتاج محلول سميك وشفاف من أسيتات السليلوز الأولية أو ثلاثي الأسيتات.

4. التحلل المائي Hydrolysis :

يخضع السليلوز المؤستل للتحلل المائي في وجود حمض الأسيتيك بنسبة 95% بواسطة الماء لمدة 15-20 ساعة عند درجة حرارة عالية (40-50) درجة مئوية. ونتيجة لذلك، يتكون مركب قابل للذوبان في الأسيتون.

5. الترسيب Precipitation :

بعد التحلل المائي، ولتفكيك حمض الكبريتيك الحفزي (H_2SO_4)، تُضاف أسيتات الصوديوم (Na) أو المغنيسيوم (Mg) أو الكالسيوم (Ca).

$$R\text{-Cell-OOCCH}_3 + H_2O \longrightarrow R\text{-Cell-OH} + CH_3COOH$$

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \longrightarrow 2CH_3COOH$$

يُرسب الأسيتات بإضافة حمض الأسيتيك المائي المخفف.

6. الغسيل والتجفيف:

خلال هذه المرحلة، يخضع الأسيتات للشطف والطرد المركزي لمنع تجاوز نسبة الماء 20%، وبعد ذلك، تبدأ عملية التجفيف.

7. الخلط:

قبل الغزل الجاف، تتضمن العملية الخلط للتحكم الفعال في جودة المنتج وتقليل التكلفة في الوقت نفسه.

8. تحضير المنشطات:

-للأسيتات:

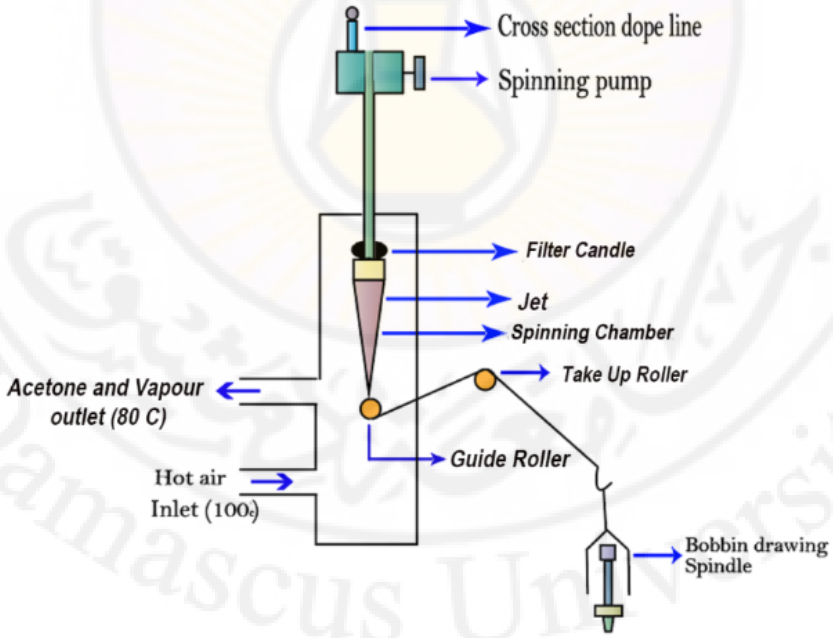
يتضمن إنتاج الأسيتات إذابته في مذيب مكون من 85% أسيتون (CH_3COCH_3) و15% إيثانول (CH_3CH_2OH) لتكوين محلول غزل، وبعد ذلك، تُضاف الأصباغ ومواد إزالة اللمعان ومواد مضافة أخرى.

-لثلاثي الأسيتات:

يتضمن تحضير مُشَوِّط ثلاثي الأسيتات إذابة أسيتات السليلوز الأولية في محلول يتكون من 90% كلوريد الميثيلين (CH_3Cl) و10% إيثانول (CH_3CH_2OH).

9. الغزل:

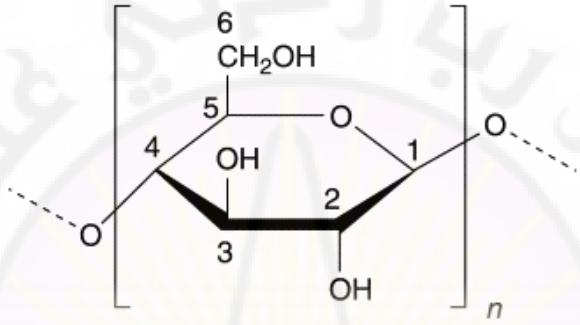
لغزل ألياف رايون الأسيتات، تستخدم العملية طريقة الغزل الجاف باستخدام الأسيتون (CH_3COCH_3) وكلوريد الميثيلين (CH_3Cl) كمذيبين.



الشكل 2-2: مخطط استخراج الاسيتات بالغزل الجاف Dry Spinning Plant for Acetate[18]

2-1-2-2-التركيب الكيميائي للأسيتات.

يشير مصطلح "ألياف الأسيتات" إلى الألياف المصنوعة من أسيتات السليلوز، ويكمن الفرق بين ألياف الأسيتات وثلاثي الأسيتات في عدد مجموعات هيدروكسيل السليلوز المُؤَسْتَلة، والتركيب الكيميائي للأسيتات.



الشكل 2-3: التركيب الكيميائي للأسيتات Chemical composition of acetate .

2-1-2-3-خواص ألياف الاسيتات و ثلاثي الأسيتات.

تختلف ألياف الاسيتات وثلاثي الأسيتات اختلافًا كبيرًا عن الفيسكوز، وتتميز باستطالة عالية عند القطع ومقاومة ضعيفة للتآكل، مع أن مقاومتها للتكوير ممتازة، ويمكن تشكيلها. يتشابه النوعان في القوة الجافة، مع أن ألياف ثلاثي الأسيتات تتمتع بقوة أكبر في الحالة الرطبة. الاستخدامات الرئيسية لخيوط الخيوط هي في البطانات، والملابس، والأثاث المنزلي، وتُعد ألياف الأسيتات المتقطعة المنتج الرئيسي المستخدم في فلاتر السجائر. أكبر شركة مُصنِّعة لفلاتر السجائر في أوروبا هي شركة Rhodia Acetow GmbH في فرايبورغ، ألمانيا.

تُستخدم ألياف ثلاثي الأسيتات في الملابس الرياضية والملابس الجاهزة والأقمشة المنسوجة التي تحافظ على شكلها، وبفضل قدرتها المنخفضة على امتصاص الرطوبة، تُغسل الأقمشة المصنوعة منها بسهولة وتُجفف بسرعة كبيرة، وتحظى الأقمشة المصنوعة من مزيج ثلاثي الأسيتات والصوف بشعبية كبيرة، إذ تجمع بين خصائص كلا النوعين من الألياف: دفء الصوف، وخاصية التجفيف بالتنقيط لثلاثي الأسيتات.

2-1-3-بعض الألياف التحويلية النباتية الأخرى.

1- الليوسيلLyocell :

- **طريقة الإنتاج:** الصانع الوحيد الحالي في الولايات المتحدة هو شركة لينزينغ (Lenzing)، التي سوقته تحت اسم العلامة تجارية لايوسل. تصنع ألياف لايوسل بطريقة الغزل باستخدام المذيب، ويُحل لب الخشب في (N-Methylmorpholine N-oxide)، معطيًا محلولاً يسمى "معجون". يدفع هذا المعجون ضمن فوهة الغزل (المغزال) لتشكيل الألياف التي تترسب مجددا في الماء، وتغسل الألياف بعدئذ وتسترجع المواد الكيميائية من المياه، وتنقى، ويعاد استخدامها[10]. ولما كان هناك القليل من النواتج الثانوية أو الجانبية، فقد اعتبرت هذه العملية صديقة للبيئة نسبيًا وحازت على عدة جوائز أوروبية لحماية البيئة.

الخصائص الرئيسية:

يشارك لايوسل بخواصه الألياف السليلوزية الأخرى مثل القطن والكتان، والرامي، والرايون. بعض الخصائص الرئيسية لألياف لايوسل أنها لينة، وماصة، وقوية جدًا عندما تكون رطبة أو جافة، ومقاومة التجعد، بل يمكن أن تنظف آليًا أو يدويًا أو بالتنظيف الجاف، وتنسدل جيدًا، ويمكن صباغتها بالعديد من الألوان، فضلا عن إمكانية محاكاة مجموعة متنوعة من البنى النسيجية مثل الجلد المدبوغ(Suede) ، والجلود، والحرير.

الاستخدامات:

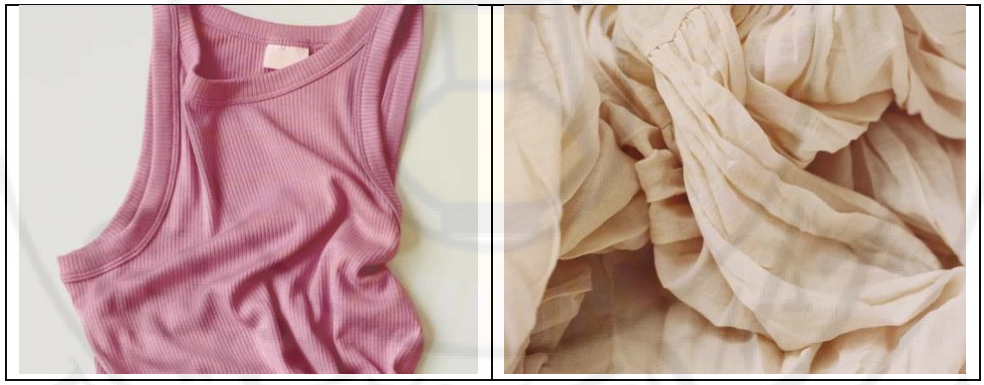
تستخدم الألياف في الملابس مثل الدنيم، تشينو (Chino)، الملابس الداخلية، وغيرها من الملابس غير الرسمية (الكاجوال)، وحتى في مناشف الحمام والأغطية والشراشف والفرشات، تُستخدم شعيرات لايوسل في المنتجات ذات المظهر الحريري، مثل الفساتين، وقمصان الرجال، ويمكن مزج ألياف لايوسل مع مجموعة متنوعة من الألياف الأخرى مثل الحرير، والقطن، والرايون، والبولي استر، والكتان، النايلون، والصوف. كما تستخدم في تصنيع السيور الناقلة، وفي بعض الأوراق الخاصة والضمادات الطبية[11].

- **ألياف TENCEL™ Lyocell**

من الليوسيل والمودال هي مواد مريحة للغاية، أقل تأثيرًا على البيئة، ومن الشركات المنتجة لها شركة Lenzing. [12] .

وهي مصنوعة من خشب خام طبيعي مُستخرج من غابات مُدارة بمسؤولية، وتُنتج بانبعاثات كربونية واستهلاك مياه أقل بنسبة 50% مقارنةً بألياف الليوسيل والمودال العادية.

تتميز ألياف TENCEL™ Lyocell وModal ليوسيل بنعومتها وملمسها الناعم، وتتميز بمتانة عالية مقارنةً بالألياف السليلوزية، وتمنح شعورًا طبيعيًا بالجفاف من خلال التحكم في الرطوبة، وتمنح الأقمشة لمعانًا ناعمًا. بالإضافة إلى مزايا الأداء هذه، تتميز ألياف TENCEL™ ليوسيل بتأثير بيئي أقل، وهي مصنوعة باستخدام عملية إنتاج ذات حلقة مغلقة تستعيد 99.8% من المذيبات.



الشكل 2-4: منتجات من ألياف TENCEL™ Lyocell وModal

https://www.tencel.com/en/fibers

ألياف TENCEL™ الليوسيل والمودال هي ألياف سليلوزية مُجدَّدة، مصنوعة من خشب مُستقى بمسؤولية، وهو مادة متجددة، في عملية إنتاج مبتكرة.

في المرحلة الأولى، يُنتَج لب الخشب بعملية تُشبه إلى حد كبير تلك المُستخدمة في صناعة الورق. في المرحلة الثانية، يُذاب اللب، وتُجدَّد ألياف السليلوز من المحلول إلى شكل وطول وقطر مناسبين لتطبيقات النسيج.

- ألياف حمض البولي لاكتيك Polylactic Acid (PLA)

ألياف حمض البولي لاكتيك Polylactic Acid (PLA) هي بوليستر حراري أليفاتي خطي مشتق من مصادر متجددة 100% مثل الذرة، وهو بوليمر قابل للتحلل. مع ذلك، اقتصرت معظم الاستخدامات الأولية على التطبيقات الطبية الحيوية، مثل الخيوط الجراحية وأنظمة توصيل الأدوية، نظرًا لتوفره وتكلفته.

- ألياف الفيبران Staple Fiber

ألياف فيبران هي ألياف تصنع من الحرير الصناعي أو الفيسكوز، وكانت تستخدم في صناعة الملابس والنسيج، تمتاز هذه الألياف بقوتها ومتانتها، كما تتميز بقدرتها على امتصاص الرطوبة بشكل جيد، وكانت تُصنع في فرنسا في السابق، لكنها لم تعد تستخدم بشكل شائع في الوقت الحالي.

بالإنجليزيةstaple fiber، بالفرنسيةfibranne ، بالإسبانية: fibra esencial .

2-2- الألياف التحويلية البروتينية

2-2-1-ألياف الكازئينCasein

الكَازئين هو البروتين الرئيسي الذي يستخرج من اللبن، ويشكل العنصر الأساسي في الجبن، وينفصل الجبنين في شكل لبن رائب لدى تخثر الحليب أو إضافة الحمض إليه، كما ينفصل من الحليب الحلو لدى إضافة إنزيم الرينين إليه، ويحتوي حليب البقر على حوالي 3% من الكازئينوجين، وهي المادة التي ينتج منها الكازئين، [14].

2-2-1-1- استخراج ألياف الكازئين.

تنتج ألياف الكازئين بعدة طرق ويتم الترسيب الكامل للكازئينات بالطرق التالية:

1-إضافة الحامض: إن إضافة الحامض إلى الحليب يؤدي إلى تحول الكالسيوم المرتبط بالجسيمات الكازئينية وفوسفات الكالسيوم الغروية الداخلة في ارتباطات الكازئين مع بعضها البعض إلى الحالة المتأينة ويصبح بشكل ذائب أي ينفصل من الجسيمات

الكازئينية مما يؤدي إلى ترسيبها بسبب حصول حالة التعادل الأيوني حيث تكون محصلة الشحنات صفر.

2-الطرد المركزي: يعمل الطرد المركزي على ترسيب الكازئينات أي الجسيمات الكازئينية بأكملها مع محتوياتها من الكالسيوم والفسفور والاملاح الأخرى عند استخدام قوة طرد مركزي عالٍ، في مثل هذه الحالة تبقى نسبة من الكازئين الذائب الذي تبلغ نسبته من 5-20 من الكازئين الكلي لا تترسب.

3-طريقة الترسيب بالأملاح: تتم بإضافة كمية من كبريتات الأمونيوم مقدارها 26.4 gm/100ml على درجة حرارة 22 درجة مئوية، من عيوب هذه الطريقة أنها تسبب في ترسيب نسبة من بروتينات الشرش مع الكازئين.

4-طريقة أنزيمية: باستخدام أنزيم الرنين أو أنزيمات أخرى، ويتم إنتاج الكازئين على المستوى التجاري، من الحليب المقشود، بعد فصل اللبن المتخثر وتجفيفه وطحنه.

ألياف بروتين الحليب هو مزيج من بروتين الكازين والأكريلونيتريل الكيميائي، والذي يستخدم لصنع الأكريليك. وألياف بروتين الحليب تُصنع باستخدام عملية مشابهة لرايون / فيسكوز، ولكن لأنه من ألياف البروتين المجددة وليس ألياف السليلوز المجددة، فإنه يتفاعل مثل الصوف.

2-2-1-2-التركيب الكيميائي لألياف الكازئين.

يعرف الكازئين بأنه مجموعة من البروتينات التي تحتوي على مركبات فسفورية (فسفوبروتين) والتي تترسب عند إضافة الحامض إلى الحليب عند ph=4.6 وعلى درجة حرارة 20 درجة مئوية.

يحتوي الكازئين على الكربون والهيدروجين والنيتروجين والأكسجين والفوسفور والكبريت.

2-2-1-3-خواص ألياف الكازئين.

الكازئين النقي أبيض جامد لا طعم له ولا رائحة، ويكون لون الكازئين المنتج تجاريًا أصفر باهتًا، وله رائحة لطيفة.

- استخدامات الكازئين

يستخدم في صناعة الأدوية ومستحضرات التجميل، وفي تغرية الورق، فشلاً عن استخدامه في صناعة الغراء المانع لنفاذ الماء، ودهانات الكازين، والمنتجات البلاستيكية مثل الأزرار.

2-2-2-ألياف الصويا Soyabean protein fibre

تسمى ألياف بروتين فول الصويا "الكشمير الاصطناعي" – ألياف بروتين فول الصويا، والتي تجمع بين راحة القطن الخالص، وملمس الكشمير وبريق الحرير، ودفء الصوف، وموصلية الرطوبة والتهوية لألياف القطن، ويستخدم باب الإنسان في صنع لب قطن الوسادة، وهو مضاد للبكتيريا ومعقم.

2-2-2-1-مخطط استخراج ألياف الصويا.

ألياف الصويا تُستخلص من فول الصويا، وهي عملية متعددة الخطوات؛ يتم أولاً طحن فول الصويا إلى مسحوق، ثم يتم فصل الألياف عن طريق طرق مثل الفصل السائل أو الفصل الآلي، بعد ذلك، يتم غسل الألياف وتنظيفها، ثم تجفيفها وطحنها إلى مسحوق ناعم.

1- التحضير: يتم تحضير فول الصويا عن طريق طحنه إلى مسحوق ناعم.

2- الفصل: يتم فصل الألياف بواسطة طرق مختلفة، مثل:

- **الفصل السائل :** يتم فيها استخدام محاليل خاصة لفصل الألياف عن البروتينات والدهون الأخرى.
- **الفصل الآلي:** يتم فيها استخدام أجهزة خاصة لفصل الألياف عن الأجزاء الأخرى من فول الصويا.

3- التنظيف: يتم غسل الألياف وتنظيفها لإزالة أي مواد غير مرغوب فيها، مثل النشا أو السكريات.

4- التجفيف: يتم تجفيف الألياف في درجة حرارة منخفضة حتى تجف تمامًا.

5- الطحن: يتم طحن الألياف الجافة إلى مسحوق ناعم مرة أخرى.

استخدامات ألياف الصويا:

- **الغذائية:** تستخدم في العديد من المنتجات الغذائية، مثل الأطعمة البديلة للحوم، والمخبوزات، والمعجنات.

- **النسيجية:** تستخدم في صناعة الأقمشة المختلفة، مثل الملابس، والستائر، والأقمشة المريحة .

- **الصناعية:** تستخدم في صناعة الأثاث، والأجهزة الإلكترونية، والعديد من المنتجات الصناعية الأخرى.

ملحوظة: ألياف الصويا تعتبر بديلاً نباتياً جيداً للألياف الحيوانية، حيث أنها غنية بالبروتين والألياف، كما أنها خالية من الكوليسترول.

2-2-2-2- التركيب الكيميائي لألياف الصويا.

يشكل البروتين وزيت فول الصويا معًا ما نسبته 56% من فول الصويا الجاف من حيث الوزن 36% بروتين و20% دهون، ويتكون الباقي من 30% كربوهيدرات و9% ماء و5% رماد. يتكون فول الصويا من حوالي 8% غلاف بذرة أو قشر، و90% فلقات و2% محور تحت الزهرة أو جرثومة.

بالإضافة إلى ما ذكر أعلاه يحتوي زيت فول الصويا على حمض لينولنيك بنسبة 43-56٪ وحمض أولنيك بنسبة 22-23٪ وحمض لينولينيك بنسبة 5-11% وحمض البالمتيك بنسبة 10,6-18,1٪ وحمض الأستياريك 2,4-3,7% وحمض الميرستيك 0,4% وحمض الأراشيدك 2,3-2,4% وفيتامين ه (مثل غاما توكوفيرول 37,5% ودلتا توكوفيرول 22,3% والفاتوكفيرول 4,2%) .

2-2-2-3-خواص ألياف الصويا.

النسيج المصبوغ بألياف فول الصويا له مظهر رائع ولون جميل، وتُستخدم أقمشة ألياف فول الصويا لإنتاج الملابس الراقية، مثل بعض القمصان الفاخرة ومواد الفراش. القماش المصنوع من ألياف فول مريح مضاد للبكتيريا، ومتوسط وزن المتر المربع من القماش 160غ. نسبة المزج الرائجة بالسوق مع ألياف القطن (20% فول الصويا 80% قطن).

الفصل الثالث

الألياف الصنعية التركيبية

تستخدم الألياف الطبيعية أو الصناعية أو كلاهما معاً كمواد خام في الصناعات النسيجية لإنتاج أقمشة الصوف، ,النايلون والبوليستر.

البترول هو المصدر الأساسي لصناعة الألياف الصناعية. يبين الجدول (3-1) البتروكيماويات الأولية الوسطية والمنتجات النهائية اللازمة لصناعة الغزل والنسيج.

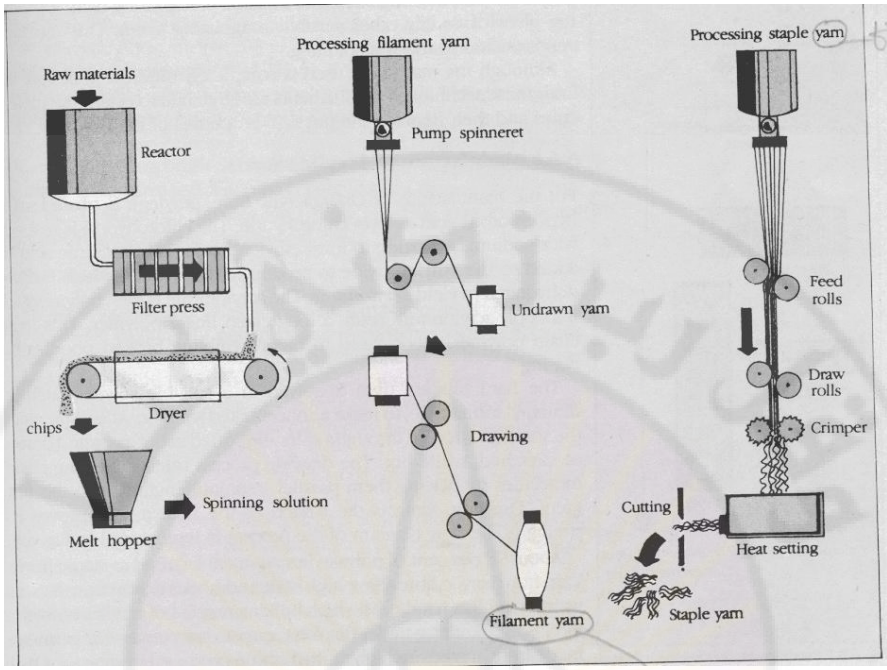
المادة الأولية	المنتج الوسيط	المنتج النهائي	استخداماته
بروبلين	Acrylonitrile	ألياف الأكريلك	الصوف الصناعي
بنزين	Hexamethylene diamine Adipic acid Caprolactam	نايلون 6,6 نايلون 6	الأقمشة النسائية والحريرية
بارازايلين	Dimethyl terephthalate	ألياف البوليستر	الأقمشة الرجالية
إيثيلين	Ethylene glycol		

3-1-ألياف البوليستر Polyester Fibers

ألياف البوليستر هي البلمرات التي تحتوي على مجوعة الإستر COOR– .

3-1-1-مخطط استخراج ألياف البوليستر.

يتم صهر البوليمر وسحبه على هيئة الألياف الصناعية المعروفة تجارياً تحت اسم: الترجال (فى فرنسا)، التريلين (فى إنجلنرا)، الداكرون (في أمريكا)، التترون (في اليابان)، الديولين، الترفيرا والجريسوتن (في ألمانيا).



الشكل 3-1: مخطط انسيابي لتصنيع البوليستر

Flow diagram for the manufacture of polyester[3].

3-1-2-التركيب الكيميائي لألياف البوليستر.

ألياف البوليستر هي ألياف صناعية تتكون بشكل أساسي من البولي إيثيلين تيريفثاليت(PET) ، وهو بوليمر طويل السلسلة يتكون من وحدات متكررة من الإستر .يتم إنتاجها عن طريق تفاعل حمض التريفثاليك أو ثنائي ميثيل تريفثالات مع الإيثيلين جليكول.

*** البوليمر الأساسي:**

البولي إيثيلين تيريفثاليت (PET) هو المادة الأساسية في ألياف البوليستر.

*** وحدات متكررة:**

يتكون PET من وحدات متكررة من الإستر تتكون من حمض التريفثاليك (أو ثنائي ميثيل تريفثالات) والإيثيلين جليكول [1، 2] .

*** الصيغة الجزيئية:**

الصيغة الجزيئية لـ PET هي$(C10H8O4)n$ ، حيث n هو عدد الوحدات المتكررة في السلسلة البوليمرية.

3-1-3-خواص ألياف البوليستر[13].

-تحل محل القطن والصوف في إنتاج الملابس الحرارية الداخلية الخارجية.
-لا تنكمش – تجف بسرعة – تقاوم التمزق – ألوانها زاهية و ثابتة.
-تقاوم الكيماويات (عدا القلويات القوية) .
-تقاوم درجات الحرارة العالية(درجة انصهارها 240-256ºC).
-تتحمل الكي وتعمر طويلاً مقارنة بالنايلون (يتغير لونه، يصغر مع طول الاستخدام).

استخدامات ألياف البوليستر:

صناعة الرقائق التي تتحمل التمزيق، الصناعات الكهربائية، الستائر، ربطات العنق، التريكو، السيور الناقلة المغطاة بالمطاط، الحبال والشباك. تُخلط مع 45 % من الصوف وتُستخدم في صناعة الملابس.

3-2-ألياف البولي بروبيلين

3-2-1-مخطط استخراج ألياف البولي بروبيلينج [24]

في الوقت الحاضر، هناك أكثر من تقنية عملية لإنتاج البروبيلين، وكثير من الناس لديهم فضول بشأن منتجات المنبع والمصب وعمليات إنتاج البروبيلين وكيفية استخدامه. سنعرض هنا طريقة Sirloong Chemical اليوم بكيفية إنتاج البروبيلين وكيفية استخدامه.

عملية إنتاج البروبيلين:

1-نزع الهيدروجين من البروبان لإنتاج البروبيلين.

إن تقنية نزع الهيدروجين من البروبان إلى البروبيلين هي الحصول على البروبيلين عن طريق نزع الهيدروجين التحفيزي للبروبان بدرجة 500-680. بالمقارنة مع طريقة إنتاج البروبيلين التقليدية ، تتميز هذه الطريقة باستخدام مادة خام واحدة فقط

لإنتاج منتج واحد، وعملية التشغيل بسيطة. ومع ذلك، نظرًا لارتفاع تكلفة المحفز الحالي، فإن تكلفة الإنتاج مرتفعة، وتعتمد اقتصاديات العملية على فرق السعر بين البروبان والبروبيلين. وحدة نزع الهيدروجين من البروبان قادرة على المنافسة في الشرق الأوسط ومناطق أخرى مع ميزة الموارد الرخيصة. بالإضافة إلى ذلك، في المناطق التي لا يستطيع فيها البروبيلين المتصدع والبروبيلين المصفاة تلبية الطلب، فإن نزع الهيدروجين من البروبان يعد أيضًا خيارًا.

2- التكسير الحفزي للنفتا لإنتاج البروبيلين.

(1) الاتصال بالنافثا مع عامل المعالجة للحصول على الزيت المعالج بمحتوى نيتروجين أساسي مخفض.

(2) في ظل ظروف تفاعل التكسير التحفيزي للنافثا، ملامسة الزيت المعالج والماء الذي تم الحصول عليه في الخطوة (1) مع محفز للحصول على منتج تفاعل تكسير؛ حيث يشتمل المحفز على مادة حاملة للهيكل العادي، ويتم توزيعه في طلاء المكون النشط الحامل للهيكل العادي على السطح و/أو السطح الخارجي؛ بناءً على الوزن الإجمالي للمحفز ، يكون محتوى طلاء المكون النشط 10-50 بالمئة بالوزن ؛ استنادًا إلى الوزن الإجمالي لطلاء المكون النشط كمعيار، يحتوي طلاء المكون النشط على 50-95 بالمئة بوزن المنخل الجزيئي و5-50 بالمئة بوزن المصفوفة؛ المنخل الجزيئي عبارة عن منخل جزيئي بهيكل قناة بيضاوية أحادية البعد ذات حلقة من عشر ذرات.

3- التكسير الحفزي في المصافي لفصل البروبيلين.

توجد كمية معينة من البروبيلين في غاز التكرير ناتج عن التكسير التحفيزي والتكسير الحراري وتكويك البترول والعمليات الأخرى في مصافي البترول. من بينها، يمثل البروبيلين المنتج في عملية التكسير التحفيزي أكثر من 90 بالمئة من إجمالي كمية البروبيلين في غاز المصفاة، وترتبط كميته بمواصفات المواد الخام ونوع المحفز وظروف تشغيل التكسير، وبشكل عام 2 بالمئة إلى 5 بالمئة من المواد الخام.

عندما يتم استرداد البروبيلين من معالجة غاز التكرير، يتم استخدام طريقة امتصاص الزيت أو طريقة التصحيح المبردة بشكل عام لفصل أجزاء البروبيلين والبروبان من

الهيدروكربونات الخفيفة مثل الميثان والإيثان، ثم يتم الحصول على البروبيلين عن طريق التصحيح الدقيق. نظرًا لأن جزئي البروبيلين والبروبان في غاز المصفاة لا يحتويان على ميثيل الأسيتيلين والبروبادين، فلا حاجة للمعالجة الهيدروجينية التحفيزية ، ويمكن فقط إزالة الشوائب مثل الماء والكبريتيد للحصول على بروبيلين بدرجة البوليمر. تركيز البروبيلين في غاز المصفاة منخفض، وطريقة الامتصاص مفيدة اقتصاديًا أكثر من طريقة التصحيح المبردة.

4- إنتاج الفحم الأوليفيني للبروبيلين.

يتم إنتاج الهيدروكربونات التي يتم الحصول عليها من التسييل المباشر للفحم عن طريق التكسير بالبخار لإنتاج الإيثيلين والبروبيلين، والتي ليس لها حاليًا أهمية اقتصادية في البلدان ذات الصناعة البتروكيماوية المتقدمة، لكن احتياطيات الفحم أكثر وفرة بكثير من النفط والغاز الطبيعي، وهي أيضًا مورد مفيد للحصول على البروبيلين في ظل ظروف خاصة.

5- الميثانول إلى الهيدروكربون ، تكسير الزيت الثقيل DCC إلى البروبيلين.

يسخن الميثانول الخام إلى درجة حرارة معينة ثم يدخل إلى مفاعل التكسير للتفاعل، يتم تبريد منتج التفاعل عن طريق التبادل الحراري لفصل ماء العملية ، ثم يدخل في نظام تثبيت الامتصاص، بعد فصل الغاز الجاف الغني بالإيثيلين والغاز المسال الغني بالبروبيلين والأيزوبيوتيلين ومكون البنزين عالي الأوكتان. يدخل الغاز الجاف الغني بالإيثيلين والغاز المسال الغني بالبروبيلين والأيزوبيوتيلين إلى الوحدة المدمجة اللاحقة لمزيد من التفاعل والفصل، ليتمَّ الحصول أخيرًا على المنتج المستهدف: غاز جاف غني بالإيثيلين، وبروبان، وبروبيلين، وMTBE، ومكونات بنزين عالي الأوكتان وجزء من غاز البترول المسال.

استخدام البروبيلين

ينتمي البروبيلين إلى سلسلة ألكين من الهيدروكربونات. الألكينات هي هيدروكربونات غير مشبعة يمكن أن تخضع لتفاعلات إضافة مختلفة، ويتم استخدام أكبر كمية من البروبيلين لإنتاج مادة البولي بروبيلين. بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام

البروبيلين لإنتاج الأكريلونيتريل، والأيزوبروبانول، والفينول، والأسيتون، والبيوتانول والأوكتانول، وحمض الأكريليك ودهونه، وكذلك أكسيد البروبيلين والبروبيلين جليكول، والإبيكلوروهيدرين ، والغليسرين الاصطناعي، إلخ.

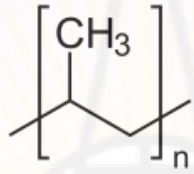
تبلغ نسبة البروبيلين المستخدم في إنتاج المنتجات الكيميائية العضوية في الولايات المتحدة وأوروبا الغربية حوالي 30 بالمئة من مادة البولي بروبيلين، و17 بالمئة من الأكريلونيتريل، و11 بالمئة من أكسيد البروبيلين، و10 بالمئة من كحول الأيزوبروبيل، و9 بالمائة من الكومين، و8 بالمائة من منتجات oxo والأصناف الأخرى 15 بالمئة. بالإضافة إلى ذلك، بالإضافة إلى استخدامه مباشرة كوقود في شكل غاز مسال ، يمكن أيضًا تركيب البروبيلين لتكوين بنزين متراكب عالي الأوكتان.

التركيزات العالية من البروبيلين لها تأثيرات مخدرة على الناس، بينما التركيزات المنخفضة يمكن أن تهيج العينين والجلد. يمكن للبروبيلين والهواء تكوين خلائط متفجرة، وحد الانفجار هو 2. 0 بالمائة ~ 11 بالمائة (الحجم). يؤدي تسرب البروبيلين السائل أو الغازي إلى نشوب حريق وخطر الانفجار، ويتم تخزين البروبيلين السائل تحت الضغط في درجة حرارة الغرفة ويمكن نقله عن طريق الصهريج والسفينة.

يرتبط الإنتاج الصناعي على نطاق واسع وتطبيق البروبيلين ارتباطًا وثيقًا بتطوير صناعة تكرير البترول وصناعة البتروكيماويات. في عام 1920، تم الحصول على البروبيلين عن طريق فصل الغاز في مصافي النفط في الولايات المتحدة، وتم تصنيع الأيزوبروبانول من البروبيلين بطريقة ترطيب حامض الكبريتيك. بعد الأيزوبروبانول، أصبحت المنتجات مثل الأسيتون وأكسيد البروبيلين تدريجيًا مشتقات صناعية مهمة للبروبيلين، وأدى تطوير تقنية المعالجة الثانوية في المصفاة إلى زيادة إنتاج البنزين وكذلك زيادة إنتاج البروبيلين. ينتج البروبيلين البنزين المتراكم، مما يزيد من عدد الأوكتان للبنزين. ينتج إنتاج الإيثيلين المشترك كمية كبيرة من البروبيلين، مما يعزز أيضًا تطوير المنتجات الكيميائية العضوية باستخدام البروبيلين كمواد خام.

3-2-2- التركيب الكيميائي لألياف البولي بروبيلين.

بولي بروبلين أو بولي بروبين هي لدائن ملدنة حرارياً تصنع كيميائياً وتستخدم في نطاق واسع من التطبيقات تتضمن التغليف، والنسيج) مثل الحبال، واللباس الداخلية الحرارية والسجاد(، والقرطاسية، والألعاب اللدائنية، والحاويات بمختلف الأحجام، والتجهيزات المخبرية، ومكبرات الصوت، وأجزاء السيارات، والأوراق النقدية اللدائنية. البوليمر بالإضافة المصنوع من البولي بروبلين يكون قاسياً ومقاوما بشدة للعديد من المذيبات العضوية والأسس والحموض[22-19]. الاسم النظامي(IUPAC)، والصيغة الجزيئية $(C3H6)x$.



3-2-3- خواص ألياف البولي بروبيلين.

ألياف البولي بروبيلين / ألياف PP

تُعرف ألياف البولي بروبيلين/ألياف PP أيضًا باسم الألياف المقاومة للتشقق، وهي عبارة عن ألياف أحادية السلسلة عالية القوة مصنوعة من البولي بروبيلين. يمكن إضافة الألياف الصناعية إلى الملاط أو الخرسانة للتحكم الفعال في الشقوق الصغيرة الناتجة عن انكماش البلاستيك أو الجفاف أو التغيرات في درجة الحرارة أو عوامل أخرى. في الوقت نفسه، يمكنها أيضًا منع وتثبيط تكوين وتطور الشقوق، مما يحسن بشكل كبير مقاومة الاختراق والصدمات والزلازل للخرسانات [23] .

تتميز منتجات ألياف البولي بروبيلين بقوة شد ومرونة عالية، مما يساعد على تعزيز الخصائص الميكانيكية للخرسانة عالية القوة وتحسين قوة الربط بين الألياف والمصفوفة الأسمنتية. تتميز بقدرة فائقة على الانتشار وعدم التكتل، مما يضمن أداءها الفعال في مقاومة الشقوق.

مميزات ألياف البولي بروبيلين

1. البولي بروبيلين هو ألياف خفيفة الكثافة (0.91 جم/سم^3) وهو الأقل كثافة بين جميع المواد المركبة الصناعية.
2. لا تمتص الرطوبة، مما يعني أن خصائصها في الحالة الرطبة والجافة متطابقة.
3. التوصيل الحراري لألياف PP أقل من غيره ويمكن استخدامها في التطبيقات كعزل حراري.

مواصفات ألياف البولي بروبيلين [23]

الشكل الخارجي	هيكل شبيه بالشبكة أو ألياف أحادية السلسلة	مقاومة الأحماض والقلويات	قوية
الكثافة (جم/سم^3)	0.91±0.01	امتصاص الماء	لا
معامل المرونة (ميجا باسكال)	>3500	التوصيل الكهربائي	منخفض
استطالة الكسر (%)	>10	التوصيل الحراري	منخفض
قوة الشد (ميجا باسكال)	≥560	الطول (مم)	3–21مم
نقطة الانصهار (°C)	160–180	العبوة	20 كغ/كيس

خصائص ألياف البولي بروبيلين

- زيادة مقاومة التسرب.
- إطالة فترة التحمل، وتحسين حماية الفولاذ.
- زيادة مقاومة التشقق، والحرق.
- تقوية المقاومة للإجهاد والإرهاق، تحسين قوة الشد والانحناء والطوي.
- تحسين التشوه البلاستيكي، والمقاومة القوية للأحماض والقلويات والتحمل الجيد.

تطبيقات ألياف البولي بروبيلين

الخرسانة، البناء، لصق الملاط مع حبيبات البوليسترين.

الشكل 3-2: ألياف البولي بروبيلين[19]

3-3-ألياف النايلون (البولي أميد)(Nylon Fibers (Polyamide

النايلون هو الاسم التجاري لمادة البولي أميد، ويوجد النايلون تحت أسماء تجارية مثل:

البرلون (فى ألمانيا)

- البرلون ت على نايلون6,6
- البرلون ال على نايلون6
- البرلون يو على النايلون المصنع من البولي يوريثان(Diisocyanate+diol).

الريلسان على نايلون11

يستخدم زيت الخروع كمادة أساسية في إنتاجه، حيث يتحلل إلى الحمض اللازم لتكوين الحمض الأميني الذى يعطى بالتسخين Polyamide .

- درجة انصهارها 263ºC.
- تحضر بتكاثف Diamines مع Dicarboxylic acids or their derivatives

تفصل على شكل حبيبات بيضاء يمكن صهرها، وعندما يمر المصهور من خلال قرص يحتوى على ثقوب فإنه يخرج على شكل ألياف تتصلب بالتعرض للهواء. الألياف الناتجة ضعيفة حيث تقوى بشدها إلى أضعاف طولها الأصلي.

يؤدى الشد إلى توجيه الجزيئات العملاقة باتجاهات متوازية، وتمتلك بعده خيوط النايلون قوة شد عالية.

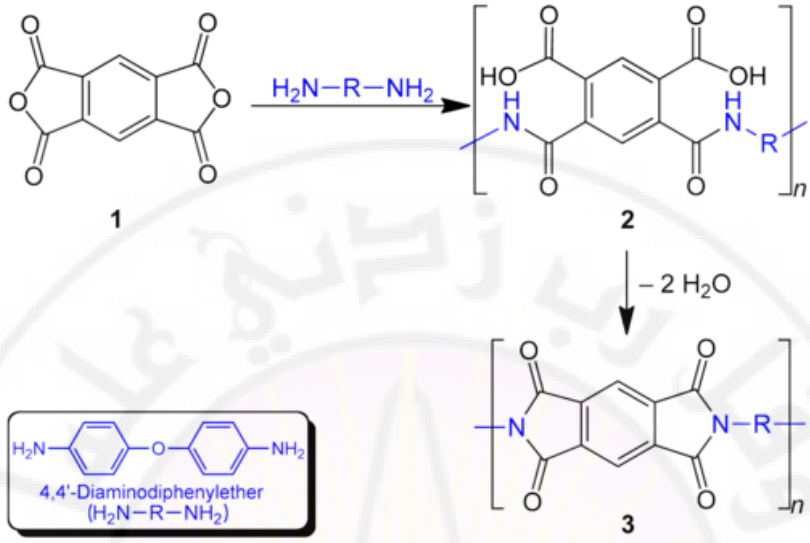
3-3-1-مخطط استخراج ألياف البولي أميد.

هناك عدة طرق ممكنة لتحضير البولي إميدات، من بينها:

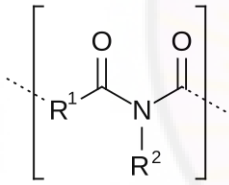
- التفاعل بين ثنائي أنهيدريد وثنائي الأمين (الطريقة الأكثر استخدامًا).
- التفاعل بين ثنائي أنهيدريد وثنائي إيزوسيانات.

يمكن إجراء بلمرة ثنائي أمين وثنائي أنهيدريد بطريقة على خطوتين يتم فيها تحضير متعدد (حمض أميد الكربوكسيل) أولاً، أو مباشرة بطريقة تتم في خطوة واحدة. الطريقة المكونة من خطوتين هي الإجراء الأكثر استخدامًا لتحضير البولي إميد. أولاً يتم تحضير بولي قابل للذوبان وهو متعدد (حمض أميد الكربوكسيل(2)) والذي يتم تدويره بعد مزيد من المعالجة في خطوة ثانية إلى البولي إميد(3). تعتبر العملية المكونة من خطوتين ضرورية لأن البولي إميدات النهائية تكون في معظم الحالات غير قابلة للانصهار وغير قابلة للذوبان بسبب بنيتها العطرية.

ثنائي أنهيدريد المستخدمة كسلائف لهذه المواد تشمل ثنائي أنهيدريد البيروميليت، وثنائي أنهيدريد البنزوكوينونيترا كاربوكسيليك والنفثالين رباعي الكربوكسيل ثنائي أنهيدريد. تشتمل كتل بناء ثنائي أمين مشترك على 4,4 diaminodiphenyl ether-' ("DAPE")، و("MDA") meta-phenylenediamine، و3,3-diaminodiphenylmethane تم فحص المئات من ثنائي أمين وثنائي أنهيدريد لضبط الخصائص الفيزيائية وطرق معالجة هذه المواد. تميل هذه المواد إلى أن تكون غير قابلة للذوبان ولها درجات حرارة تليّن عالية، ناشئة عن تفاعلات نقل الشحنة بين الوحدات الفرعية المستوية.



3-3-2-التركيب الكيميائي لألياف البولي أميد.

بولي إميد أو متعدد الإميد عبارة عن بوليمر يحتوي على مجموعات إيميد تنتمي إلى فئة البلاستيك عالي الأداء.	

3-3-3-خواص ألياف البولي أميد.

– تمتاز بتحملها للحرارة ومقاومتها للحريق.

– قلة قابليتها لامتصاص الماء، مما يقلل من استخدامها في صناعة الملابس الداخلية يمكن استخدامها في الاستعمالات التي يراد لها مقاومة البلل مثل المعاطف، المظلات ملابس السباحة.

–تحتفظ بقوتها عند تعرضها للبلل.

لذا تستخدم في صناعة شباك الصيد، وفرشاة الأسنان وأقمشة الترشيح. على عكس ألياف السليلوز والأكريلك التي تنتفخ عند امتصاصها الرطوبة.

–تحتفظ برونقها، قوامها وقلة قابليتها للكرمشة في الأجواء الرطبة.

استخدامات ألياف النايلون 6

-صناعة جوارب النساء، الملابس، السجاد والموكيت.

-كمواد مقوية في صناعة إطارات السيارات.

-صناعة أكياس الطعام التي تطهى داخل الكيس (تحملها للحرارة مقاومتها للحريق).

-قلة قابليتها لامتصاص الماء.

- يمكن استخدامها في الاستعمالات التي يراد لها مقاومة البلل مثل المعاطف، المظلات وملابس السباحة.

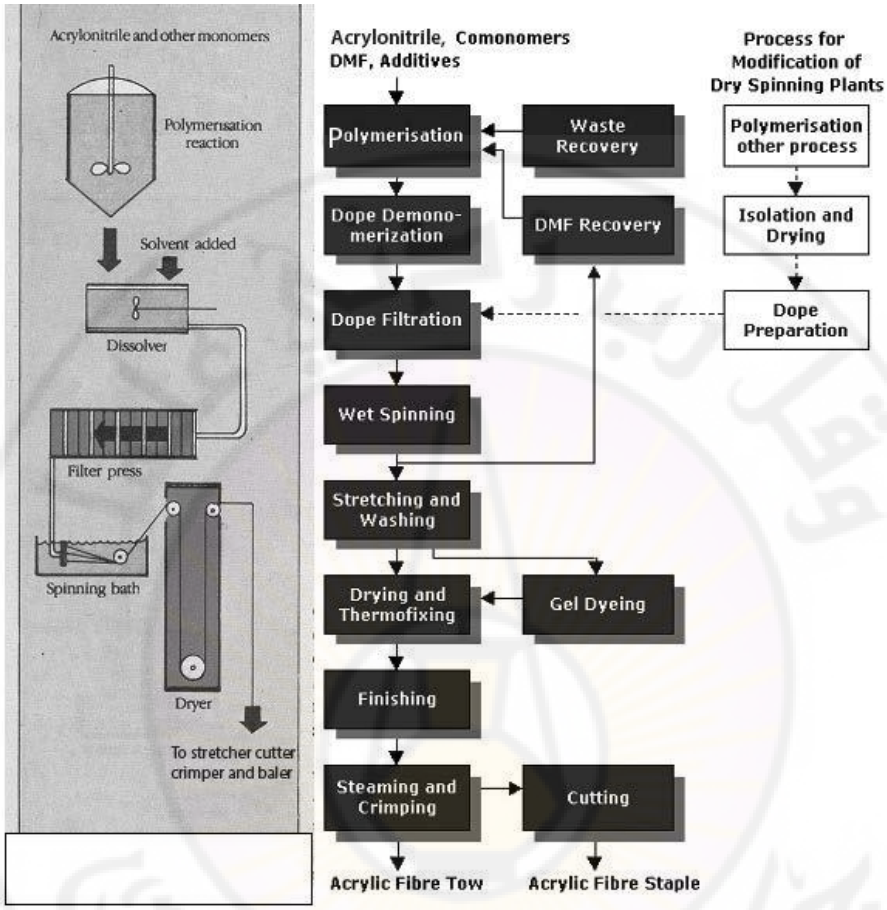
3-4-ألياف البولي الأكريلك Acrylic Fibers

3-4-1-مخطط استخراج البولي أكريليك.

-لا يمكن غزل ألياف الأكريلك عن طريق الصهر لأنها تتحلل ولكن يمكن غزلها من محلول فيDMF.

- تغزل ألياف الأكريلك مع ألياف صناعية أخرى أو طبيعية تستخدم في صناعة الأقمشة الصوفية ، وقماش التنجيد التي تعرف تجارياً باسم الأورلون Orlon في (USA) و ولكريلون Wolcrylo أو الدارلون Darlon في(GER) .

- تخلط هذه الألياف مع الصوف الطبيعي لتقلل من قابليته للتجعد.

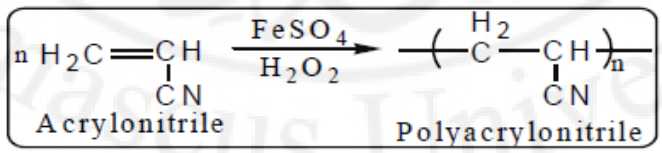


الشكل 3-2: مخطط انسيابي يوضح تصنيع الألياف الأكريليكية.

Flow diagram showing manufacture of an acrylic fibre[3]

3-4-2-التركيب الكيميائي لألياف البولي أكريليك.

المادة الخام الأساسية لإنتاج ألياف الأكريلك هو Acrylonitrile monomers



3-4- 3-خواص ألياف البولي أكريليك.

- الوزن الجزيئى يقارب 200,000 .

– تشبه الصوف – تدفء – لا تتكمش.

– خفيفة الوزن – يمكن تنظيفها بسهولة.

– تقاوم التأثير الجوي – مقاومة للعثّ والحشرات والبكتريا.

– مقاومة للأحماض والمذيبات العضوية والزيوت.

– مقاومتها الميكانيكية ليست قوية مقارنة بالنايلون والبوليستر.

– يتم بلمرةAcrylonitrile مع Vinyl chloride or Vinyl acetate لتحسين خواصه وإمكانية صباغته.

استخدامات ألياف الأكريلك

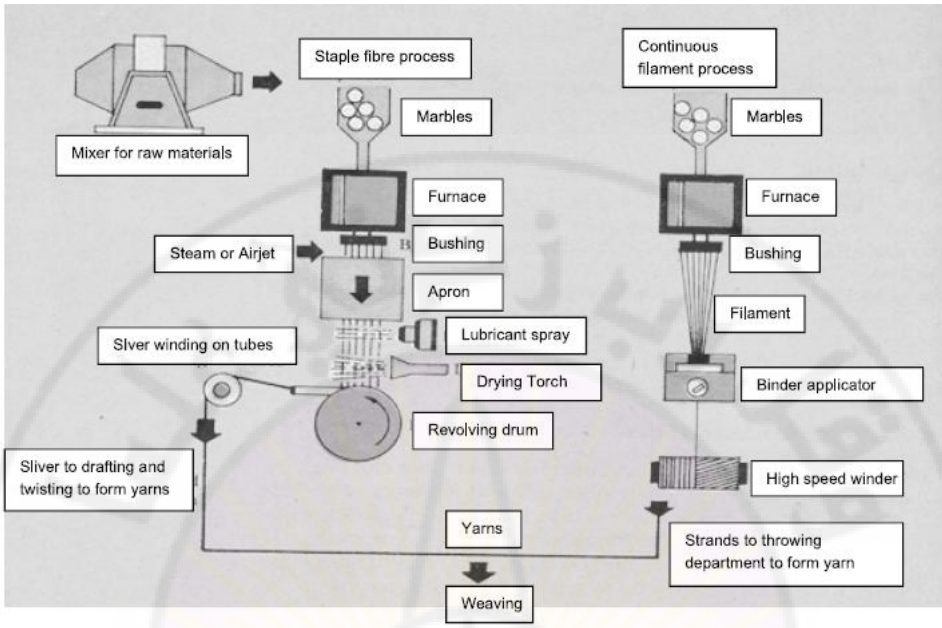
– صناعة لوازم الستاير – قماش الأسقف– شباك الصيد – الملابس.

3-5-الألياف الصنعية التركيبية غير العضوية

الألياف الصناعية التركيبية غير العضوية هي ألياف تصنع صناعياً وليست مشتقة من مصادر طبيعية مثل النباتات أو الحيوانات. تتكون من مواد غير عضوية مثل الزجاج أو السيراميك أو المعادن، وتتميز بخصائص مثل: المتانة العالية ومقاومة درجات الحرارة العالية.

3-5-1-ألياف الزجاج:

يبين الشكل 3-3: مخطط التدفق الذي يوضح تصنيع الألياف الزجاجية [3].



الشكل 3-3: مخطط التدفق الذي يوضح تصنيع الألياف الزجاجية [3].

Flow diagram showing glass fiber manufacture.

3-5-2- ألياف الكربون

أليافُ الكربون هي مواد تتألف من ألياف دقيقة للغاية، ذات قطر يتراوح بين 0.005 و0.010 ميليمتر وتتكون في معظمها من ذرات الكربون. ترتبط ذرات الكربون بعضها ببعض بلورات مجهرية موازية بشكل أو بآخر لمحور الألياف. هذا التوازي أو التوجه يجعل الألياف قوية جدا مقارنة بحجمها[27-25].

تغزل عدة آلاف من ألياف الكربون معاً لتشكيل الخيط ليستخدم بذاته أو ينسج ليكون النسيج [26] ولألياف الكربون عدة حياكات (طرق نسج) مختلفة يمكن جمعها مع راتنج من اللدائن وتقولب لتشكيل المواد المؤلفة التي تتصف بنسبة عالية من القوة إلى الوزن.

وكثافة ألياف الكربون أيضا هي أقل بكثير من كثافة الفولاذ، مما يجعلها مثالية للتطبيقات التي تتطلب وزنا منخفضاً [26]. خصائص ألياف الكربون مثل قوة الشد المرتفعة، والوزن والتمدد الحراري المنخفضين جعلها تحظى بشعبية كبيرة في

تطبيقات الفضاء والهندسة المدنية والعسكرية ورياضة السيارات، إلى جانب غيرها من المنافسات الرياضية.

البنية والخصائص

إن كل خيط من ألياف الكربون هو عبارة عن حزمة من آلاف الألياف الكربونية. أما الليف الواحد منها فهو عبارة عن أنبوب رفيع يتراوح قطره من 5–8 ميكرومتر ويتكون غالبا من كربون فقط. الجيل الأول من ألياف الكربون (مثل T300 و AS4) فقد كانت بقطر 7–8 ميكرومتر .أما الأجيال اللاحقة (مثل IM6) فكانت بقطر 5 ميكرومتر تقريباً).

البنية الذرية لليف الكربون مشابهة للبنية الذرية للغرافيت، المتكونة من صفائح من ذرات الكربون (صفائح الغرافين) مرتبة في نموذج بنية سداسية منتظمة. والفرق يكمن بطريقة ترابط هذه الصفائح. أما الغرافيت فهو مادة بلورية تتكدس فيها الصفائح موازية لبعضها البعض بطريقة منتظمة. وأما القوى بين الجزيئية التي تربط الصفائح ببعضها فهي ضعيفة نسبياً، قوى فان دير فالس، مما يعطي الغرافيت مميزات القصافة.

وتبعاً للطريقة المتبعة لصناعة هذه الالياف، فإن ألياف الكربون يمكن أن تكون ذات بنية غرافينية أو بنية تربوستراتيك (Turbostratic وهي بنية بلورية خرجت فيها المستويات العامودية على المحاور الأساسية عن التراصف أو التحاذي) أو أن تكون بنية هجينة من البنيتين السابقتين. فالألياف الكربونية ذات بنية تربوستراتيك تتكون من صفائحٍ من ذرات الكربون مطوية ومثنية معاً بطريقة عشوائية. فألياف الكربون المصنعة انطلاقاً من بولي أكريل نتريل فهي ذات بنية تربوستراتيك Turbostratic بينما الألياف الكربونية المشتقة من mesophase pitch فتكون ذات بنية غرافيتية بعد القيام بعملية معالجة حرارية على درجة حرارة تصل إلى 220°C، تميل الألياف الكربونية ذات بنية تربوستراتيك Turbostratic لامتلاك مقاومة للشد عالية في حين يميل النوع الآخر من الألياف الكربونية لامتلاك معامل شد (معامل يونغ) مرتفع وناقلية حرارية عالية.

التطبيقات

تستخدم ألياف الكربون بشكل شائع لتقوية المواد المؤلفة، وبالأخص تلك المواد المؤلفة المعروفة باسم البوليمير المقوى بألياف الكربون أو الجرافيت. ومن الممكن أيضاً استخدام مواد غير بوليميرية كمادة أساس مع ألياف الكربون. ومن ناحية أخرى فقد لاقى استخدام ألياف الكربون نجاحا محدوداً في تطبيقات المواد المؤلفة التي تدخل فيها المعادن كمواد أساس نتيجة لتشكل كربيدات معدنية ولاعتبارات ظاهرة التآكل. الكربون – الكربون المقوى يتكون من الجرافيت المقوى بألياف الكربون ويستخدم في التطبيقات الهيكلية في ظروف درجات الحرارة العالية. كما تستخدم الألياف أيضاً في ترشيح الغازات ذات درجات الحرارة العالية وأقطاب ذات مساحة كبيرة ومقاومة كاملة للتآكل وأيضاً كمكوّن يقاوم تراكم الكهرباء الساكنة. القولبة أو الإكساء بطبقة رقيقة من ألياف الكربون ترفع بشكل ملحوظ مقاومة البوليميرات أو المواد المؤلفة من لدائن حرارية تتحمل الحريق لأن الطبقة الكثيفة والمكتنزة من ألياف الكربون تشكل عاكساً فعّالا للحرارة.

أعلنت شركة» بي إم دبليو «الألمانية للسيارات عزمها على إنتاج أول سيارة بألياف الكربون عام 2012. ففي مصنعها الموجود بمدينة «واكارزدورف» تقوم آلات بغزل ألياف الكربون إلى نسيج رقيق عريضة، وذلك انطلاقاً من ألياف البولي أكريل نتريل .وبعد لفها في لفائف كبيرة تنقل إلى مصنعها «لانديزهوت» حيث يقطع النسيج إلى قطع مناسبة ومتتطابقة، ثم تسخن في فرن فينتج منها ألواحا صلبية تصلح لتصنيع الغلاف الخارجي للسيارة.

وتتميز المواد المؤلفة المدعمة بألياف الكربون بالخفة، وإمكانية تصنيعها بصلابة مختلفة، حيث يستخدم الألواح المتوسطة لصلابة لصناعة مقدمة السيارة، حيث يقلل ذلك من أضرار اصطدام السيارة بالمارة، في حين تستخدم الألواح الأشد صلابة لتصنيع مؤخرة السيارة. ومع ذلك فألواح ألياف الكربون أقل ثقلاً من الفولاذ بنسبة النصف وأخف من الألمونيوم بنسبة الثلث، إلا أن تكلفته أكثر 15 مرة من تكلفة الفولاذ.

3-5-3- ألياف السيراميك

تصنع ألياف السيراميك من خلال عملية الغزل، حيث يتم صهر المواد الخام (مثل الألومينا والسيليكا أو الزركونيا) في فرن عالي الحرارة، ثم يُسحب المُصرّ من خلال فتحات صغيرة في مغزل، لتشكيل ألياف رقيقة مستمرة.

عملية تصنيع ألياف السيراميك:

1- تحضير المواد الخام:

يتم اختيار المواد الخام مثل الألومينا، والسيليكا، والزركونيا، وخلطها بكميات محددة لإنتاج الألياف ذات التركيب المطلوب.

2- **الصهر:**

يتم تسخين المواد الخام في فرن عالي الحرارة حتى تذوب وتحول إلى مادة منصهرة.

3- الغزل:

يتم سحب المادة المنصهرة من خلال ثقوب صغيرة في مغزل، مما يؤدي إلى تشكيل ألياف رفيعة ومستمرة.

4- التصلب:

عندما يمر المُصرّ المنصهر من خلال المغزل، فإنه يتصلب ويتحول إلى ألياف سيراميك .

5- المعالجة اللاحقة (اختياري):

يمكن معالجة الألياف بعد إنتاجها (مثل الغزل أو التمرير أو الوخز) لإنتاج منتجات مثل الأقمشة أو البطانيات أو الأوراق.

أمثلة على أنواع ألياف السيراميك:

- **ألياف سيليكات الألومنيوم :**

تُعرف أيضًا بألياف السيراميك، وهي مصنوعة من الألومينا والسيليكا.

- **ألياف أكسيد السيراميك**

تشمل ألياف الألومينا والزركونيا .

تطبيقات ألياف السيراميك:

تستخدم ألياف السيراميك في مجموعة متنوعة من التطبيقات، مثل:

- **العزل الحراري:** تستخدم في بطانيات العزل الحراري، والألواح، والأوراق، لتوفير حماية من الحرارة العالية.
- **مواد مقاومة للحرارة:** تستخدم في تطبيقات مثل بطانة الفرن، وتركيبات الصب، والمناطق الحساسة للحرارة.
- **المرشحات:** تستخدم في المرشحات عالية الحرارة في تطبيقات صناعية.
- **الأقمشة المقاومة للحرارة:** تستخدم في صناعة الملابس الواقية من الحرارة، مثل ملابس رجال الإطفاء.

عملية تصنيع ألياف السيراميك: تتضمن طريقة الصهر صهر السيراميك أو المعادن في درجات حرارة عالية، يليها بثق المادة المنصهرة من خلال المغازل.

3-5-4- ألياف أخرى

أمثلة على الألياف الصناعية التركيبية غير العضوية:

- **ألياف الألومينا:**

تستخدم في تطبيقات تتطلب مقاومة عالية للحرارة والتآكل.

- **ألياف البوليمر:**

وهي ألياف مصنوعة من البوليمرات الاصطناعية، وتستخدم في مجموعة واسعة من التطبيقات مثل الملابس والنسيج.

الخصائص المميزة للألياف الصناعية التركيبية غير العضوية:

- المتانة العالية: مقاومة قوية للتمزق والتآكل.
- مقاومة درجات الحرارة العالية :يمكنها تحمل درجات حرارة عالية دون أن تتلف.
- خفة الوزن: نسبة عالية من القوة إلى الوزن.
- مقاومة الكيمياء: مقاومة جيدة للتأثيرات الكيميائية.

- المعدل المرتفع للمقاومة: تمنح الألياف الصناعية غير العضوية مقاومة عالية للتشقق والكسر.

تطبيقات الألياف الصناعية التركيبية غير العضوية:

- **تطبيقات صناعية:** تستخدم في صناعة السيارات والطائرات والمنتجات الصناعية.
- **تطبيقات البناء:** تستخدم في إنتاج المواد المعزولة والمواد المقاومة للحرارة.
- **تطبيقات النسيج:** تستخدم في إنتاج أقمشة مقاومة للحرارة أو مقاومة للكيمياء.
- **تطبيقات طبية:** تستخدم في إنتاج المواد المستخدمة في تركيبات طبية.

الفصل الرابع

طرق تحديد نعومة الألياف والخيوط الصنعية

يوجد نظامين مستخدمين للتعبير عن "نمرة count" أو "رقم number" الخيوط: الأنظمة المباشرة Direct Systems وغير المباشرة Indirect Systems. في نظام ترقيم الخيوط المباشرة، يحدد الوزن في واحدة الطول weight per unit length. الخيط الأثقل heavier yarn له الوزن الأكبر في واحدة الطول. في نظام ترقيم الخيوط غير المباشرة، يحدد الطول في واحدة الوزن length per unit weight. الخيط الأقل وزناً له الطول الأكبر في واحدة الوزن [2] .

عادةً يستخدم النظام المباشر في النظام المتري Metric system، ويستخدم النظام غير المباشر في النظام الإنكليزيEnglish system. ومع ذلك توجد في هذه استثناءات. على سبيل المثال، إن النمرة المترية Nm هي نظام متري، أيضاً تستخدم في النظام غير المباشر (m/g).

أمثلة عن وحدات نظام ترقيم الخيوط المباشر هي التكس tex والدينيير denier. التكس tex هو الوزن بالغرامات لطول 1000 متر من الخيوط. على سبيل المثال، خيط 400 تكس يزن 400 غرام لطول مقداره واحد كيلو متر من الخيط. الدينيير denier هو الوزن (بالغرامات) لـ 9000 متر من الخيط (دنيير = 9 تكس).

4-1-الطرق المباشرة لتحديد نعومة الألياف والخيوط الصنعية

العلاقة التالية تستخدم لحساب طول الخيط في النظام المباشر Direct system

$$n = (s \cdot w) / L \qquad (4.1)$$

حيث إن :

n : الكثافة الخطية للخيط (تكس، دينيير).

L : طول الخيط (m) .

W : وزن الخيط (g) .

S : الطول القياسي (1000 m للتكس، 9000 m للدينيير) .

الرقم الأعلى لـ (n)، يشير للخيط الأثقل، ولهذا السبب هذا النظام يدعى بالترقيم المباشر.

4-2-الطرق غير المباشرة لتحديد نعومة الخيوط الصنعية

في نظام ترقيم الخيوط غير المباشر، يشير الرقم إلى عدد الشلل (hanks) في رطل إنكليزي واحد (pound) من الخيوط. إذا كان هناك شلة واحدة (one hank) في واحد رطل من الخيوط، عندئذ يدعى ذلك الخيط خيط ترقيم مفرد واحد (ones) 1s single count yarn، إذا كان هناك سبع شلل (7 hanks)، يدعى خيط رقم مفرد (sevens) 7s، الخ. إن طول الشلة يختلف لأجل أنواع مختلفة من الخيوط، فهو لشلة القطن يكون 840 yards يارد، ولخيط الصوف الورستد worsted yarn، يكون طول الشلة 560 yards يارد، ولخيط الكتان linen yarn يكون طول الشلة 300 yards ياردة، وبالتالي فإن خيط صوف ورستد شلَتين a two hank worsted yarn يحتوي على 2*560=1120 yards في الرطل(lb) يدعى خيط رقم ثنائي (مزوي من خيطين) (twos count yarn) 2s. في النظام غير المباشر:

العلاقة الآتية تستخدم في حساب طول الخيط في نظام الترقيم غير المباشر [1]:

$$Ne = L/(s.w) \qquad (4.2)$$

حيث إن :

Ne : نمرة القطن (النمرة الإنكليزية).

L : طول الخيط باليادرة (yards) .

W : وزن الخيط بالرطل (Lbs). 1 pounds = 1lb = 0.4536 kg.

s : طول الشلة القياسي (على سبيل المثال : للقطن 840 yards) .

كلما كان الرقم (Ne) أعلى كلما كان الخيط أكثر نعومةً، وبسبب هذه العلاقة العكسية، سمي بنظام الترقيم غير المباشر. والعلاقة بين نظام الترقيم المتري ونظام الترقيم القطني (الإنكليزي) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$Nm = 1.693\ Ne \qquad (4.3)$$

الرقم (Ne) الأعلى هو الخيط الأنعم [2].

الفصل الخامس

طرق التعرف على الألياف الصنعية

5-1-الطرق المجهرية

بهذه الطريقة يمكن التعرف على الليف من شكل مقطع الليف العرضي بواسطة المجهر، وبهذه الطريقة يمكن تمييز الألياف الطبيعية حيث لكل ليف مقطع عرضي يختلف عن الآخر. أما الألياف الصنعية فإن مقطعها العرضي يتشكل حسب المغزل الذي يتم من خلاله تصنيع هذه الألياف، لذلك فمن الممكن تحديد طبيعة الليف طبيعي أم صنعي، لكن لا يمكن تمييز الألياف الصنعية عن بعضها.

5-2- طرق الحرق

بهذه الطريقة، وعن طريق حرق الألياف يمكن تمييزها عن بعضها بالرائحة المنبعثة عن الحرق والمخلفات الناتجة عن الحرق، وشكل اللهب الناتج عن الاحتراق، والجدول الآتي يبين تصرف الألياف بالحرق:

نوع الليف	التصرف تجاه اللهب	شكل الاحتراق	الرائحة الناتجة عن الاحتراق	مخلفات الاحتراق
أسيتات	يتميع ويتقلص	لهيب بارق وينطفئ	رائحة حمضية مخدشة، مزيج من حرق الورق والخل	حبيبيَّة مسامية سوداء
بولي استر	يتميع ويتقلص	لهيب قصير مع شحار	رائحة سكرية	كرة بيضاء قاسية
نايلون (بولي أميد)	يتميع ويتقلص	لهيب بارق وينطفئ	رائحة سكرية	كرة بيضاء قاسية
أكريليك	يتميع	لهيب لا ينطفئ مع شحار	احتراق سمك مشوي لاذع	حبيبة سوداء قاسية

5-3- الطريقة الكيميائية.

وتتم باستخدام مواد كيميائية (حمضية أو قلوية) للتعرف على نوع الألياف ونسبتها في المزيج، وهذه الطريقة تعتبر من أدق الطرق المستخدمة في التعرف على نوع ونسبة الألياف بالمادة النسيجية، والجدول الآتي يبين بعض نتائج تفاعل بعض الألياف مع مركبات نسيجية فاحصة.

نوع المركب الفاحص	فيسكوز	أسيتات	نايلون	بوليستر	أكريليك
حموض	يذوب	يذوب	يذوب مع التسخين	يذوب	لا يذوب
قلويات (تركيز 40%)	يذوب	يذوب	لا يذوب	يذوب	لا يذوب
أسيتون	لا يذوب	يذوب	لا يذوب	لا يذوب	لا يذوب
فينول	لا يذوب	يذوب	يذوب	يذوب	لا يذوب

تفيد المعلومات في الجدول السابق في معرفة نوع المركبات الكيميائية، ومواد التنظيف المناسبة للاستخدام في العناية بالمنتجات النسيجية حسب نوع مادتها الأولية، ومن معرفة المواد الداخلة في تركيب هذه المركبات.

ويمكن التنويه إلى أنه هناك طرق أخرى غير دقيقة وتحتاج إلى خبرة عالية، مثل: فحص ملمس المواد النسيجية، وامتصاص الرطوبة.

الفصل السادس

الاختبارات الميكانيكية للخيوط

6-1- تكييف العينات

بعد أن تم التعرف في الجزء النظري على طرائق اختبار خواص الألياف النسيجية والأجهزة المستخدمة لهذه الغاية، يجب أن تكيف العينات، وتُستخدم لهذه الغاية حجرة التكييف الهوائي، وتوجد أنواع متعددة منها سنتطرق لبعض منها.

6-1-1-حجرة التكييف الهوائي: HUMIDTY CABINET O41101

إنتاج شركة WIRA الإنكليزية،

الشكل 6-1: حجرة التكييف الهوائي

6-1-1-1-مكونات الجهاز :

1. المفتاح الرئيسي off/on يضيء باللون الأخضر ونرمز له بـ A.

2. مفتاح التحكم بدرجة الحرارة ونرمز له بـ C: ومن خلاله يمكن التحكم بدرجة الحرارة التي يمكن أن تصل إلى $(50)^0$، وتغييرها يكون بمقدار درجة واحدة مئوية زيادة أو نقصاناً.

3. مصباح مؤشر التسخين، و نرمز له بـ B ويعطي لوناً برتقالياً.

4. مقياس الرطوبة و يثبت في المقبض الاختياري على المحور السفلي (على صفيحة تتمدد من تأثير البخار) ، وهكذا نتمكن من قراءة القيم عبر الزجاج، والتي تعبر عن الرطوبة النسبية بشكل تقريبي وبمجال (0-100)، مع مراعاة ما يلي : 0-40 للتجفيف.

- 40-70 ترطيب.
- 70-100 يحدث ضرراً .

5. باب زجاجي، إذ تلعب اللوحة الزجاجية مع الباب وميكانيزم تثبيت الباب دوراً في الحفاظ على ضغط الهواء داخل حجرة التجفيف مما يعطي عزلاً حرارياً للوحدة.

6. أربع رفوف زجاجية تثبت في المجاري المناسبة لها بتعليقها بانحراف، وبتثبيت الرف السفلي أولاً، ويجب أن تدفع إلى مؤخرة الحجرة معطية فجوة كبيرة بين مقدمة الباب وحافة الرف.

7. صينية التجفيف مصنوعة من الستانلستيل للتعامل مع المواد الكيميائية المقترحة الاستخدام داخل حجرة التجفيف، كما تتمتع هذه الصينية بحرية الحركة، وتوضع في أسفل حجرة التجفيف.

8. الهيكل الرئيسي مصنوع من الستانلستيل، تثبت عليه مجاري الرفوف ووشائع بهدف التسخين وتوصيلات فضية .

6-1-1-2-طريقة العمل (الاختبار):

1. قبل توصيل الجهاز بالكهرباء يجب التأكد من المعلومات الواردة على اللصاقة الموجودة على جانب صندوق المجفف حيث تم تلوين الأسلاك كما يلي:

- **الأزرق**: البارد.
- **البني**: الحامي.

- **الأخضر /الأصفر**: الأرضي.

2. يجب الحذر من الأسطح الحارة و الدوارة .
3. يجب الانتباه من رفع درجة الحرارة بشكل كبير، مما يؤثر على مفاتيح التحكم بالحرارة والرطوبة.
4. يجب الحفاظ على الباب الزجاجي نظيفاً و ذلك لسهولة قراءة قيم الرطوبة.
5. لا نقوم بفتح أي غطاء أو باب قبل إطفاء الجهاز.
6. تجفف العينات المعدة للتحليل حتى ثبات وزنها بواسطة أجهزة التجفيف حتى تصبح رطوبتها النسبية أقل من 10 % ودرجة حرارتها لا تزيد عن 50 درجة مئوية.
7. توضع بعد ذلك العينات ضمن الجو القياسي في المخبر مدة زمنية كافية حتى تكتسب الرطوبة والحرارة لجو صالة الاختبار القياسي، وذلك قبل إجراء الاختبارات.

6-1-1-3-الحصول على الرطوبة الملائمة:

اقترحت قائمة من المواد الصلبة والسائلة لتعطي مجالاً واسعاً من RH: الجدول (6-1).

الجدول 6-1: الحصول على الرطوبة الملائمة

الرطوبة %	المواد	الصيغة الكيميائية
98	نترات الرصاص	$Pb(NO3)_2$
95	كبريتيت الرصاص	Na_2SO_3
92	كربونات الصوديوم	Na_2CO_3
90	كبريتات الزنك المائية	$znSO_47H_2O$
86	كبريتات البوتاسيوم الهيدروجينية	$khs0_4$
84	بروم البوتاسيوم	kBr
81	كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2S0_4$
75	كلورات الصوديوم	$Naclo_3$
72.6	نترات البوتاسيوم + كلور الزنك	$NH_4Cl + KNo_3$
66	نتريت الصوديوم	$NaNo_2$
58	بروم الصوديوم	NaBr

56	نترات الكالسيوم	$Ca(N0_3)_24H_20$
52	كبريتات الصوديوم الهيدروجينية المائية	$NaHS0_4H_20$
47	سيان كبريت البوتاسيو	KSCN
45	نتريت البوتاسيوم	$KN0_2$
44	كربونات البوتاسيوم	k_2CO_3
37	كلورات البوتاسيوم + كلور الصوديوم	$Nacl+ Kcl0_3$
32	كلور الكالسيوم	$CaCl_2$
20	حمض الخل	CH_3COOH
15	كلور الليتيوم	Licl
9	حمض الفوسفور	

6-1-1-4-الخصائص التقنية للجهاز : كما هو مبين في الجدول (6-2) .

الجدول 6-2 : الخصائص التقنية للجهاز

الخاصية	**القيمة**
حجم الحجرة	ارتفاع * عرض * قطر
الخارجي (الكلي)	570 * 410* 300
الداخلي	430* 325 * 185
الأجزاء	فولاذ غير قابل للصدأ
الحجرة	فولاذ مصفح /مطلي
الباب والرفوف	زجاج مصفح
السطوح الداخلية والخارجية	فولاذ غير قابل للصدأ
الكهرباء والجهد	220/ 240 فولط، 50/ 60 هرتز
الاستطاعة	220 واط
الوزن الكلي	22 كغ

الوزن الصافي	17كغ
أبعاد المنتج المجمع	ارتفاع * عرض * قطر 820* 550 * 430

6-1-2-أنظمة تكييف الهواء للمختبرات G212A1/B1

G212A1/B1 Laboratory Air Conditioning Package Systems

مشابه للطراز G212، ولكنه مُصنّع في الولايات المتحدة الأمريكية، ويُباع في جميع أنحاء أمريكا الشمالية والوسطى والجنوبية لتسهيل التركيب وخدمة ما بعد البيع. تتطلب مختبرات فحص المنسوجات "تحكمًا دقيقًا" في درجة الحرارة والرطوبة في جميع أنحاء العالم، يضمن هذا النظام المُصمم خصيصًا الامتثال للمعايير الدولية. يتوفر نظامان يناسبان أحجام الغرف حتى 280 مترًا مكعبًا (9000 قدم مكعب). تتوفر وحدات مُصممة خصيصًا للغرف الأكبر حجمًا. شاشة رقمية لدرجة الحرارة والرطوبة للتحكم في المساحة عند 20 درجة مئوية (70 درجة فهرنهايت) +/- 2 درجة مئوية و65% رطوبة نسبية +/- 2% (أو ظروف أخرى حسب الحاجة).

SIZE الحجم		
WEIGHT الوزن	318 kg / 700 lbs	
DIMENSIONS الأبعاد	800 mm (w) x 800 mm (d) x 2375 mm (h) / 32 in (w) x 32 in (d) x 94 in (h)	
ORDERING INFORMATION معلومات الطلب		
G212A1	Laboratory Air Conditioning Package System 9.6KW	
G212B1	Laboratory Air Conditioning Package System 15KW	
G212C1	1 year consumables and spares package (G212A1/B1)	
STANDARDS: المعايير :		
ASTM D1776	DIN 50015	ISO 139
ISO 187	ERT 60-1	ITMF PGA

الشكل 6-2: أنظمة تكييف الهواء للمختبرات G212A1/B1

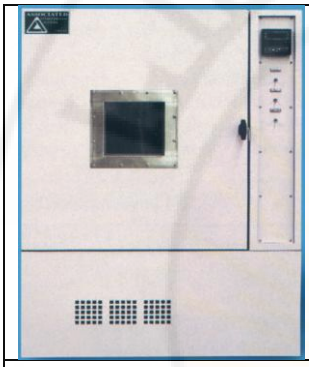
G212A1/B1 Laboratory Air Conditioning Package Systems

6-1-2-غرف تكييف المختبر G212D1-D6

Laboratory Conditioning Chambers G212D1-D6

لتجهيز العينات قبل الاختبار، يتم توفير ظروف تتراوح من 20% إلى 98% رطوبة نسبية ± 2 ودرجة حرارة تتراوح من 0 درجة مئوية إلى 94 درجة مئوية ± **0.5 درجة مئوية** (الشكل 6-3).

ثلاث قدرات متاحة[27]:



1.5 cu.ft/42 liters, Internal	**Height**	**Width**	**Depth**
	325 mm	350 mm	325 mm
	13 inch	14 inch	13 inch
5.8 cu.ft/165 liters, Internal	**Height**	**Width**	**Depth**
	600 mm	500 mm	450 mm
	24 inch	20 inch	18 inch
10 cu.ft/280 liters, Internal	**Height**	**Width**	**Depth**
	750mm	600 mm	600 mm
	30 inch	24 inch	24 inch

الشكل 6-3: غرف تكييف المختبر G212D1-D6

Laboratory Conditioning Chambers G212D1-D6

مزود بمجموعة رقمية يدوية-وحدة تحكم رقمية لدرجة الحرارة والرطوبة. رف من الفولاذ المقاوم للصدأ - وضعان. دوران هواء قسري.

منفذ وصول بقياس 5 سم، ومقبس على الجدار الأيسر. جهاز تدفئة وتبريد ومرطب بخاري مستقل، هيكل داخلي من الفولاذ المقاوم للصدأ ملحوم بإحكام.

6-2-اختبار أطوال الشعيرات Fiber length test

يمكن قياس طول الألياف باستخدام طرق مختلفة، تُصنف عمومًا إلى: يدوية، وكهروضوئية، وسعوية، وبصرية، وتحليل الصور، وتقنيات تعتمد على التعلم الآلي. تتضمن الطرق اليدوية التقليدية فرز الألياف وقياسها فيزيائيًا، بينما تستخدم الطرق الحديثة أدوات مثل جهاز Uster Fibrograph، وجهاز HVI (جهاز قياس الحجم الكبير)، ونظام AFIS (نظام معلومات الألياف المتقدم) لإجراء قياسات آلية.

فيما يلي شرح أكثر تفصيلًا للطرق المختلفة:

1-الطرق اليدويةManual Methods ::

-التدبيس:

يتضمن هذا فرز الألياف يدويًا إلى مجموعات أطوال مختلفة بناءً على التقييم البصري، وغالبًا ما يُستخدم مشط لرصفها.

-مشط الفرز:

طريقة يدوية أكثر تطورًا، حيث يُستخدم مشط لفصل الألياف حسب الطول، مما يسمح بتحليل أكثر تفصيلًا لتوزيع الأطوال.

2-الطرق الآلية Automated Methods::

-الطرق الكهروضوئيةPhotoelectric Methods :

تستخدم هذه الطرق أشعة ضوئية وأجهزة استشعار لقياس طول الألياف. ومن الأمثلة على ذلك جهاز Uster Fibrograph ودباسة Shirley الكهروضوئية.

-الطرق السعويةCapacitive Methods :

تستخدم هذه الطرق، مثل مقياس باير، تغيرات السعة لقياس طول الألياف.

-المسح الضوئيOptical Scanning :

يستخدم جهاز HVI (جهاز قياس الحجم العالي) مستشعرات بصرية لمسح حزمة من الألياف، مما يوفر قياسات مثل طول امتداد 2.5% ومتوسط طول النصف العلوي.

-تحليل/معالجة الصور Image Analysis/Processing :

تستخدم التقنيات الحديثة تحليل الصور الرقمية لقياس أطوال الألياف، وغالبًا ما تتضمن برامج وخوارزميات متخصصة.

-التعلم الآلي والتعلم العميق Machine Learning and Deep Learning :

تُستخدم هذه الطرق المتقدمة لتحليل ترتيبات الألياف المعقدة، وخاصةً في المواد غير المنسوجة.

3-اعتبارات مهمة أخرى Other Important Considerations :

-نوع الألياف Fiber Type :

قد تكون الطرق المختلفة أكثر ملاءمة لأنواع محددة من الألياف (مثل القطن، أو الصوف، أو الألياف الصناعية).

-تحضير العينة Sample Preparation:

يمكن أن تؤثر طريقة تحضير العينة (مثل التمشيط، أو المحاذاة) بشكل كبير على دقة القياسات.

-تحليل البيانات Data Analysis :

غالبًا ما تُحلل قياسات طول الألياف لتحديد معلمات مثل متوسط الطول، والتجانس، ومحتوى الألياف القصيرة.

4-أمثلة على الأجهزة Examples of Instruments:

-جهاز أوستر فيبروغراف Uster Fibrograph:

جهاز كهروضوئي لقياس طول الألياف.

-جهاز HVI (جهاز عالي الحجم High Volume Instrument (HVI)):

جهاز مسح ضوئي لقياس طول ألياف القطن وخصائص أخرى.

-نظام معلومات الألياف المتقدم (Advanced Fiber Information System) AFIS:

جهاز بصري يعالج قيود الطرق الأخرى في قياس محتوى الألياف القصيرة.

مصفوفة سوتر-ويب:**Suter-Webb Array :**

طريقة يدوية تُستخدم كمعيار لقياس طول الألياف.

-جهاز كاياني Kajaani FS-200:

جهاز يقيس توزيع طول الألياف باستخدام الضوء المستقطب، شاشة عرض CRT، ونظام تفريغ تلقائي للعينات، أدوات تحكم في التكبير/التصغير، ونظام تنظيف تلقائي.

الشكل 6-4: اختبار أطوال الشعيرات Fiber length test

جهاز كاياني Kajaani FS-200

يعتمد اختيار طريقة اختبار أطوال الشعيرات على التطبيق المحدد، ونوع الألياف المراد قياسها، ومستوى الدقة والتفاصيل المطلوبة.

6-3-اختبار قوة شد واستطالة الشعيرات

6-3-1-جهاز اختبار قوة الألياف الفردية F012 Single Fiber Strength Tester

صُممت آلة الاختبار العالمية الإصدار الخاص ST1 لاختبار الألياف الأحادية منخفضة القوة/الاستطالة، وهي مزودة بخلية حمل خاصة 10 نيوتن/1000 ثقل جسيمات، ومقابض هوائية خفيفة الوزن، وتتراوح سرعتها بين 0.001 و1000 مم/دقيقة. أقصى مسافة انتقال 755 مم (برنامج اختبار حاسوبي اختياري لمشابك الشد متوفر

للطلب بشكل منفصل). دقة الاستطالة 0.001 مم. وحدة تحكم يدوية لاسلكية HMC تعمل بتقنية البلوتوث الشكل 6-5.

SIZE الحجم		
WEIGHT الوزن	46 kg / 101 lbs	
DIMENSIONS الأبعاد	511 mm (w) x 467 mm (d) x 1168 (h) / 20 in (w) x 18 in (d) x 46 in (h)	
ORDERING INFORMATION معلومات الطلب		
204173	F012 Single Fiber Strength Tester	
200982	Tension Clips (Set)	
202803	Horizon Testing Software (computer not included)	
STANDARDS: المعايير		
ISO 5070	**BS 3411**	**BISFA**

الشكل 6-5: جهاز اختبار قوة الألياف الفردية

Single Fiber Strength Tester F012

6-3-2-جهاز اختبار قوة الخيط أحادي الخيط ST Y263A5

5ST Single End Yarn Strength Tester Y263A

لتحديد حمل القطع والاستطالة للخيوط المفردة والخيوط حتى نطاق حمل يصل إلى 250 نيوتن، 25 كجم، 50 رطل، أو 100 نيوتن، 10 كجم، 20 رطل، حسب اختيار خلية الحمل. إصدار خاص من جهاز الاختبار الشامل أحادي العمود ST5 مزود بمقابض يدوية من نوع HT60، سرعة تتراوح من 0.001 إلى 1000 مم/دقيقة. أقصى مسافة انتقال 755 مم (باستثناء المقبض). دقة الامتداد 0.001 مم، وحدة تحكم لاسلكية محمولة بتقنية بلوتوث HMC.

برنامج اختبار حاسوبي اختياري متوفر للطلب بشكل منفصل (الشكل 6-6).

SIZE الحجم		
WEIGHT الوزن	46 kg / 101 lbs	
DIMENSIONS الأبعاد	490 mm (w) x 450 mm (d) x 1140 (h) / 20 in (w) x 18 in (d) x 45 in (h)	
ORDERING INFORMATION معلومات الطلب		
Y263A	5ST Single End Yarn Strength Tester with HT60 Grips, excludes load cell	
402445	100 N, 10 kgf , 20 lbf load cell (ST series)	
402929	250 N, 25 kgf, 50 lbf load cell (ST series)	
202803	Horizon Testing Software (computer not included)	
STANDARDS: المعايير :		
ASTM D2256	BS 1932	ISO 2062

الشكل 6-6: جهاز اختبار قوة الخيط أحادي الطرف ST Y263A5

5ST Single End Yarn Strength Tester Y263A F012

6-4- اختبار مقاومة الاحتكاك Friction resistance test

6-1-1- جهاز اختبار احتكاك الخيوط الميكانيكي المحمول Y096A/B

Portable Mechanical Yarn Friction Tester Y096A/B

يتم اختبار مقاومة الخيوط الصنعية للاحتكاك لتحديد معامل احتكاك الخيوط المتحركة، وتقييم مدى الحاجة إلى التزييت أو ملاءمتها لعمليات أخرى (في علبة مُجهزة).

يستخدم لهذه الغاية جهاز اختبار احتكاك الخيوط الميكانيكي المحمول Y096A/B (الشكل 6-7).

وحدة تشغيل، مزودة بتركيب جهاز اختبار الاحتكاك وجهاز شد، لتحويل جهاز اختبار احتكاك الخيوط المحمول إلى وحدة مختبرية.

الشكل 6-7: جهاز اختبار احتكاك الخيوط الميكانيكي المحمول Y096A/B

SIZE الحجم		
WEIGHT الوزن	7 kg / 15 lbs	
DIMENSIONS الأبعاد	400 mm (w) x 300 mm (d) x 220 mm (h) / 16 in (w) x 12 in (d) x 9 in (h)	
ORDERING INFORMATION معلومات الطلب		
Y096A	Portable Mechanical Yarn Friction Tester	
Y096B	Drive Unit	
STANDARDS: المعايير		
ASTM D3108		

الفصل السابع

الاختبارات الخاصة لبعض أنواع الألياف الصنعية

7-1-درجة التجعيد لألياف البوليستر

درجة تجعيد ألياف البوليستر تختلف حسب نوع الألياف والتطبيق المقصود، ولكنها تتراوح بشكل عام بين 10% و40 .%عادة ما يتم معالجة ألياف البوليستر حرارياً أو كيميائياً لتحديد مستوى التجعيد المطلوب .

7-1-1-تفاصيل حول تجعيد ألياف البوليستر:

1- التجعيد الطبيعي:

بعض ألياف البوليستر تأتي بتجعيد طبيعي نتيجة لعملية التصنيع، في حين أن البعض الآخر قد يتم معالجته للحصول على مستوى معين من التجعيد.

2- عوامل تحديد التجعيد:

تشمل العوامل التي تؤثر على درجة التجعيد:

- نوع الألياف: قد يكون هناك اختلافات في درجة التجعيد بين ألياف البوليستر المختلفة.
- عملية التصنيع: يمكن التحكم في درجة التجعيد عن طريق تعديل عملية التصنيع.
- المعالجة الحرارية أو الكيميائية: يمكن معالجة ألياف البوليستر حرارياً أو كيميائياً للحصول على درجة تجعيد محددة.

3- التأثير على الخصائص:

درجة التجعيد تؤثر على خصائص الألياف مثل الملمس، والقدرة على الاحتفاظ بالشكل، ومرونة النسيج.

4- أمثلة:

- ألياف البوليستر غير السيليكونية ذات التجعيد 30٪: قد يكون لديها نسبة تجعيد 10-25 قطعة لكل 25 سم (قد تختلف نسبة التجعيد حسب الشركة المصنعة).

– ألياف البوليستر المدمجة مع ألياف لدنة: قد يكون لها ملمس ناعم ومرونة جيدة بسبب خصائص الألياف اللدنة.

7-1-2-استخدامات التجعيد:

– تجعيد الألياف يحسن من مظهر النسيج ويجعله أكثر راحة.

– يساعد التجعيد في زيادة حجم النسيج وقابليته للتهوية.

– يمكن استخدام التجعيد في تحسين ملمس اليد للنسيج.

7-1-3-نقطة انصهار البوليستر:

درجة انصهار البوليستر تتراوح عادة بين 250 و 260 درجة مئوية (482 و 500 درجة فهرنهايت).

7-1-4-تحديد العوامل الضرورية لتحديد درجة التجعيد.

لتحديد درجة تجعيد البوليستر، يتم أخذ عدة عوامل في الاعتبار، تعتمد درجة التجعيد على عدة عوامل، بما في ذلك نوع البوليستر، والعملية المستخدمة لإنشاء الألياف، والعوامل البيئية مثل الحرارة والضغط .

عوامل تحديد درجة تجعيد البوليستر:

- **نوع البوليستر:**

هناك أنواع مختلفة من ألياف البوليستر، ولكل منها خصائص تجعيد مختلفة، على سبيل المثال، يتميز بوليستر الغزل المتشابك (textured polyester) بتجعيد أكبر من بوليستر الغزل المستمر (continuous filament polyester).

- **عملية الإنتاج:**

يمكن أن تؤثر عملية تصنيع ألياف البوليستر على درجة التجعيد. على سبيل المثال، يمكن أن تؤدي معالجة الألياف بالحرارة أو الضغط إلى زيادة أو تقليل درجة التجعيد.

- **درجة الحرارة والضغط:**

تلعب درجة الحرارة والضغط المستخدمان في معالجة ألياف البوليستر دورًا رئيسيًا في تحديد درجة التجعيد، ويمكن التحكم في هذه العوامل لإنتاج مستويات تجعيد مختلفة.

- **التشطيب:**

يمكن أن يؤثر التشطيب الذي يتم إجراؤه على القماش على درجة التجعيد. على سبيل المثال، قد يؤدي التشطيب الذي يضيف لمعانًا إلى تقليل مظهر التجعيد.

طرق تحديد درجة التجعيد:

*** الفحص البصري:**

يمكن فحص القماش بصريًا لتحديد درجة التجعيد. قد يكون القماش الذي يحتوي على تجعيد ملحوظ أكثر خشونة في الملمس وأقل لمعانًا.

- **الاختبارات المنزلية:**

يمكن إجراء اختبارات بسيطة في المنزل، مثل شد القماش، لتحديد درجة التجعيد. إذا كان القماش يحتفظ بشكله بعد الشد، فهذا يشير إلى درجة تجعيد جيدة .

- **الفحص في المختبر:**

يمكن إجراء اختبارات أكثر دقة في المختبر لتحديد درجة التجعيد، وتشمل هذه الاختبارات قياس عدد هياكل التجعيد لكل وحدة طول.

ملحوظة: من المهم ملاحظة أن البوليستر مادة متينة ومقاومة للتجاعيد، مما يعني أنه يحتفظ بشكله بشكل جيد حتى بعد الغسيل المتكرر.

7-2-نسبة التضخيم لألياف الأكريليك القابلة للتضخيم (High bulk)

الأكريليك هو نوع من البوليمر الصناعي الذي يُستخدم بشكل واسع في العديد من التطبيقات، سواء في صناعة المواد البلاستيكية أو الفنون أو حتى في البناء. يُعرف الأكريليك أيضاً باسم "بلاستيك الشفافية، ويأتي عادةً على شكل ألواح أو حبيبات.

7-2-1-خصائص الأكريليك:

1- **الشفافية:** يعتبر الأكريليك شفافًا مثل الزجاج، ولكنه أخف وزنًا وأكثر مرونة.

2- **المتانة:** يتمتع الأكريليك بصلابة ومتانة عالية، مما يجعله مقاومًا للكسر بشكل أكبر من الزجاج.

3- **مقاومة الأشعة فوق البنفسجية:** لا يتأثر الأكريليك بسهولة بالأشعة فوق البنفسجية، مما يجعله مناسباً للاستخدام في التطبيقات الخارجية.

4- **عزل الصوت:** يوفر الأكريليك عزلًا جيدًا ضد الصوت، مما يجعله مفيدًا في بعض التطبيقات المعمارية.

5- **المرونة في التصميم:** يمكن تشكيل الأكريليك بسهولة، مما يسمح بتصميمات متنوعة ومعقدة.

6- **الوزن الخفيف:** الأكريليك أخف من الزجاج، مما يسهل التعامل معه ونقله.

7- **مقاومة للماء:** يعتبر الأكريليك مادة غير قابلة للامتصاص، مما يجعله مثاليًا للاستخدام في البيئات الرطبة.

7-2-2-استخدامات الأكريليك:

- **في الفنون والحرف:** يستخدم الأكريليك في الألوان والوسائط الفنية.
- **في البناء:** يُستخدم في النوافذ والأبواب والأقسام الداخلية.
- **في الإعلان:** للأجهزة والعلامات المتوهجة.
- **في تصنيع الأجهزة:** كالأواني والأدوات المنزلية.

بفضل هذه الخصائص، أصبح الأكريليك مادة مفضلة في العديد من المجالات والصناعات.

الاكريليك هو نوع من الألياف الاصطناعية التي تُستخدم بشكل واسع في صناعة النسيج والموضة. يتميز بخصائص فريدة تجعله خياراً مفضلاً للعديد من المصممين والشركات. إليك بعض الاستخدامات الرئيسية للأكريليك في هذه المجالات:

1- الأقمشة والملابس:

- تُستخدم ألياف الأكريليك في صناعة الملابس مثل السُترات والكنزات، حيث تقدم مدى من الراحة والدفء.
- يتميز بأنه خفيف الوزن، مما يجعله مناسبًا للأزياء الصيفية والخريفية.

2- الأقمشة المنسوجة:

- الأكريليك يمكن دمجه مع ألياف أخرى مثل الصوف، والقطن؛ ليعزز من خصائص الأقمشة مثل المتانة والمرونة.
- الأقمشة المخلوطة بالأكريليك تميل إلى أن تكون أقل تجاعيد وسهلة العناية.

3- المفروشات:

- يُستخدم الأكريليك أيضاً في صناعة الأثاث المنجد والمفروشات، حيث يوفر مستوىً عالٍ من المتانة والمقاومة للبقع.
- يقدم خيارات مميزة من حيث الألوان والتصاميم، مما يعزز من جماليات المنزل.

4-المواد غير القابلة للاحتراق:

- تُستخدم ألياف الأكريليك في الصناعات التي تتطلب مواد غير قابلة للاحتراق، مما يجعلها مثالية للملابس الواقية والأزياء المتخصصة.

5- صناعة الأحذية:

- الأكريليك يُستخدم أيضًا في بعض أنواع الأحذية، حيث يوفر دعمًا وراحة للقدم.

6- الإكسسوارات:

- تُستخدم ألياف الأكريليك في صنع الإكسسوارات مثل الأوشحة والقبعات والقفازات، حيث تعطي شعورًا بالدفء والأناقة.

7- أقمشة الديكور:

- تُستخدم في صناعة أقمشة الستائر، والسجاد، والخزائن، حيث أن لها مظهراً جميلاً ومتانة عالية.

فوائد الأكريليك:

- **المتانة:** الأكريليك مقاوم للتآكل والتلف، مما يجعله خياراً مثالياً للملابس اليومية.

- **الوزن الخفيف:** سهولة في التعامل والارتداء، خاصة في الملابس الرياضية.
- **سهولة العناية:** غالباً ما تكون الأقمشة المصنوعة من الأكريليك سهلة الغسل وتجف بسرعة.

الأكريليك يمثل خياراً مثاليًا في صناعة النسيج والموضة؛ نظراً لخصائصه المتنوعة وفوائده العديدة. وقد استمر استخدامه في مختلف المنتجات لتلبية احتياجات المستهلكين من حيث الجمال، المتانة، والراحة.

عند مقارنة الاكريليك بالألياف الأخرى مثل البوليستر، يمكننا النظر إلى عدة جوانب تضم النوعية، الاستخدامات، العناية، والمزايا والعيوب لكل منهما.

1- التركيب الكيميائي:

- **الأكريليك:** هو نوع من الألياف الصناعية يتم تصنيعه من مادة الأكريلونيتريل. يعتبر خفيف الوزن ومرن.
- **البوليستر:** هو أيضًا ألياف صناعية، تُشتق من عملية البوليمرة من مادة الإيثيلين، وهو أكثر شيوعًا في صناعة الأقمشة.

2- المتانة:

- **الأكريليك:** يعتبر قويًا ومتينًا، ولكنه قد يتعرض للاهتراء عند الاحتكاك الشديد.
- **البوليستر:** معروف بقوته ومتانته، حيث يتحمل الاستخدام المكثف بشكل أفضل، مما يجعله خيارًا شائعًا للملابس الرياضية والأقمشة المستخدمة بشكل يومي.

3- الراحة والنعومة:

- **الأكريليك:** يشعر بالنعومة ويسمح بمرور الهواء، مما يجعله مريحًا للاستخدام.
- **البوليستر:** قد يكون أقل نعومة مقارنة بالأكريليك، لكنه يوفر مقاومة جيدة للرطوبة، مما يجعله مريحًا أيضًا، خاصة في الملابس الرياضية.

4- العناية والتنظيف:

- **الأكريليك:** يمكن غسله في الغسالة، لكن يُفضل أن يكون في درجات حرارة منخفضة لتجنب تقلص الألياف.

- **البوليستر:** سهل العناية ويمكن غسله في الغسالة، كما أنه يجف بسرعة ويقاوم التجاعيد.

5- الاستخدامات:

- **الأكريليك:** يُستخدم غالبًا في صناعة الملابس الشتوية، الأوشحة، والبطانيات، حيث يعزز الشعور بالحرارة.
- **البوليستر:** يستخدم عادة في الملابس الرياضية، المقاعد، والستائر، لما له من قوة ومتانة.

6- الاستدامة:

- **الاكريليك:** تعتبر غالباً أقل صداقة للبيئة، نظرًا لعملية الإنتاج الخاصة بها.
- **البوليستر:** هناك جهود متزايدة لإنتاج بوليستر معاد تدويره، ولكن في شكله التقليدي، له تأثير بيئي.

7-2-3-أهمية تضخم خيوط الأكريليك

تعتبر خيوط الأكريليك من المواد الشائعة في صناعة الأقمشة والأدوات النسيجية، ورغم أنها تمتاز بخفة وزنها ومرونتها، فإن عملية التضخم تلعب دورًا حيويًا في تحسين خواصها. إليكم أهمية التضخم وما يقدمه من فوائد:

1. **تحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية**

تضخم خيوط الأكريليك يعزز العديد من الخواص الفيزيائية والميكانيكية، مما يجعل الخيوط أكثر قوة ومتانة.

الفوائد تشمل:

- **زيادة القوة التحملية:** تضخم الخيوط يعمل على تعزيز بنيتها، ما يجعلها أقل عرضة للكسر أو التمزق.
- **تحسين مقاومة الشد:** يصبح من الأسهل استخدام الخيوط في تطبيقات تتطلب قوة شد عالية.
- **تقليل تساقط الألياف:** تضخمها يساعد في تقليل فقدان الألياف في أثناء الاستخدام، مما يضمن متانة أكبر للمنتجات النهائية.

2. تأثير عملية التضخم على النعومة والمرونة

تعمل عملية التضخم على تحسين مظهر وملمس خيوط الأكريليك، وهذا يشمل:

- **زيادة النعومة:** تضخم الخيوط يجعل ملمسها أكثر نعومة، مما يؤثر إيجاباً على راحة المستخدم عند الاستخدام، خاصة في صناعة الملابس.
- **تحسين المرونة:** تخضع الخيوط لتغييرات في هيكلها، مما يزيد من مرونتها ويجعلها أكثر قدرة على التكيف مع أشكال وأحجام مختلفة دون أن تفقد جودتها.

تعتبر عملية تضخم خيوط الأكريليك ضرورية لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية لها، مما يجعلها خيارًا مثاليًا للعديد من التطبيقات. من زيادة القوة والنعومة إلى تحسين المرونة، فإن فوائد التضخم تساهم في تطوير منتجات أكريليك عالية الجودة تلبي احتياجات المستخدمين بشكل أفضل.

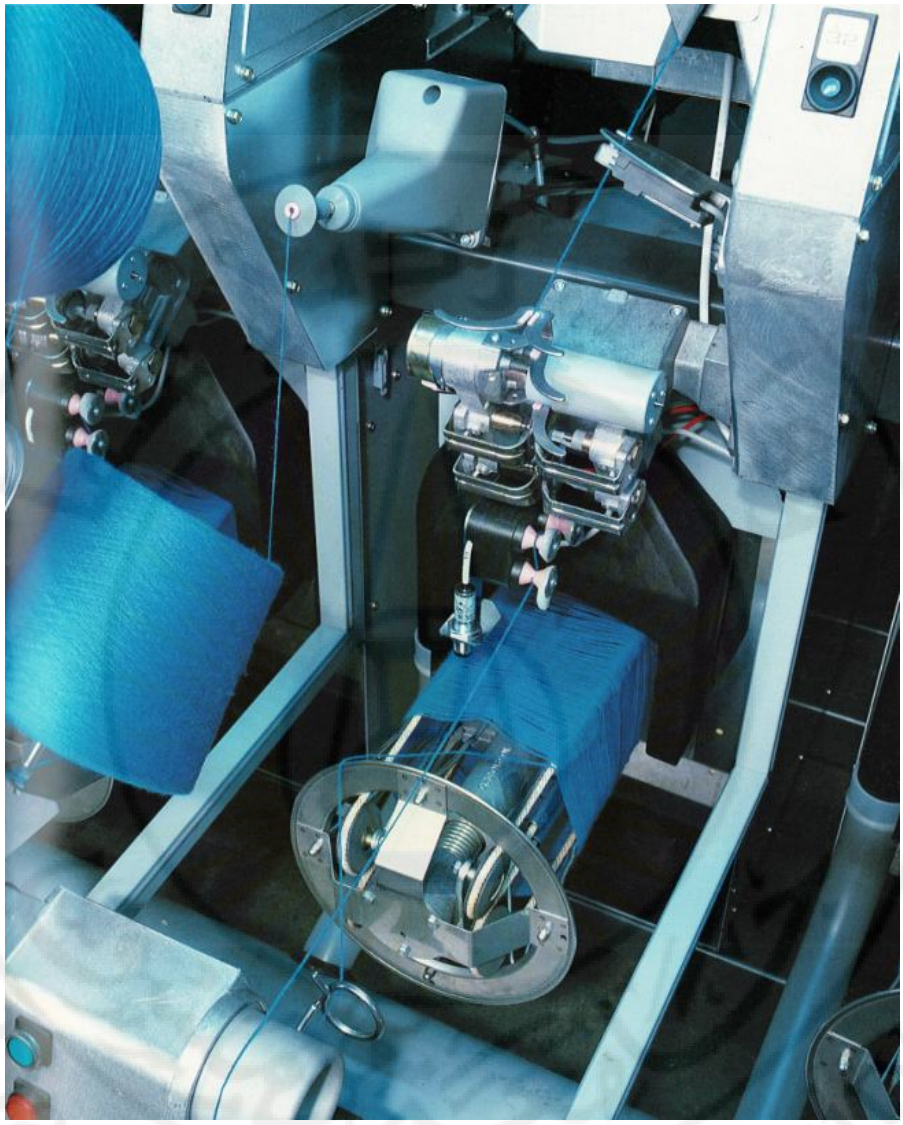
7-2-4- طرق التضخم المختلفة لخيوط الأكريليك

تضخم خيوط الأكريليك هو عملية مهمة لتحسين خواص الألياف وجعلها أكثر نعومة وخفة، مما يجعلها مفضلة في صناعة النسيج. ونذكر بعض التقنيات الأساسية المستخدمة في تضخم خيوط الأكريليك، مع التركيز على الحرارة والماء والمواد الكيميائية المحتملة.

1- التضخم باستخدام الحرارة

تعتبر الحرارة واحدة من أكثر الطرق شيوعًا لتضخم خيوط الأكريليك. يتم تطبيق الحرارة على الخيوط بشكل متحكم فيه، مما يؤدي إلى تفكيك الروابط بين الجزيئات وزيادة المسافة بينها. وتتم العملية وفق الآتي (الشكل 7-1) :

- **التحكم في درجة الحرارة:** يتم تسخين الخيوط إلى درجة حرارة معينة، عادة حول 150-200 درجة مئوية، الحرارة تساعد في جعل الألياف أكثر مرونة.
- **المعالجة بالبخار:** في بعض الأحيان، يتم استخدام البخار كوسيلة لتوليد الحرارة الرطبة، مما يساعد في تضخم الألياف بشكل أكثر فعالية.
- **مدة المعالجة:** الرعاية في مدة التعرض للحرارة أمر بالغ الأهمية، فالتعرض الطويل يمكن أن يؤدي إلى فقدان الشكل أو ضعف جودة الخيوط.



الشكل 7-1: التضخم المختلفة لخيوط الأكريليك

2- التضخيم باستخدام الماء

استخدام الماء هو تقنية أخرى فعالة لتضخم خيوط الأكريليك، وتعمل على تحقيق نتائج مميزة في تحسين الخواص. تهدف هذه العملية إلى ترطيب الألياف وتخفيف الشد فيها (الشكل 7-2):

- **نقع الخيوط:** يتم نقع خيوط الأكريليك في ماء دافئ أو ساخن لفترة زمنية محددة، مما يؤدي إلى زيادة المساحة بين الجزيئات.
- **الغليان:** في بعض الأحيان يتم غلي الماء لإنتاج البخار الساخن الذي يؤدي إلى تضخم الألياف.
- **التجفيف:** بعد عملية التضخم، يتم تجفيف الخيوط بشكل متوازن للحفاظ على شكلها الجديد.

الشكل 7-2: التضخيم باستخدام الماء

3- المواد الكيميائية المستخدمة

في بعض الأحيان، تدخل المواد الكيميائية كعنصر ضروري في عملية التضخم لتسهيل وتحسين النتائج. تشمل بعض المواد المستخدمة:

- **المطريات:**

يمكن استخدام مواد مثل الكحوليات أو مركبات كيميائية معينة لتقليل الاحتكاك بين الألياف، مما يسهل عملية التضخم.

- **المواد المثبتة:**

بعض المواد الكيميائية تعمل على تثبيت الشكل الجديد للألياف بعد المعالجة، مما يمنعها من العودة إلى وضعها الأصلي.

- **التفاعلات الكيميائية:**

في بعض العمليات، تستخدم عوامل محفزة لتسريع التفاعل الكيميائي الذي يحدث في أثناء التضخم ويزيد من فعاليته.

التضخم هو عملية أساسية لتحسين خصائص خيوط الأكريليك، وتعد تقنيات استخدام الحرارة والماء والمواد الكيميائية ركائز في هذه الصناعة. تعتبر هذه العمليات ضرورية في إنتاج خيوط عالية الجودة تناسب احتياجات السوق المتزايدة.

استكشاف استخدام الخيوط المتضخمة في صناعة الألبسة، والسجاد، والمفروشات

تعتبر الخيوط المتضخمة واحدة من الابتكارات الجديدة في صناعة النسيج، حيث تتميز بقدرتها على إضافة حجم وملمس مميز للمنتجات. وهذا يجعلها مثالية لمجموعة واسعة من التطبيقات، بدءًا من الألبسة وصولاً إلى السجاد.

1- تطبيقات الخيوط المتضخمة في صناعة الألبسة

تستخدم الخيوط المتضخمة في صناعة الألبسة لإضفاء لمسة عصرية على الملابس، مثل:

- **الأقمشة المريحة:**

يتميز النسيج الناتج عن الخيوط المتضخمة بالمرونة والراحة، مما يجعله مثالياً للملابس الرياضية أو اليومية.

- **تصميمات فريدة:**

تتيح هذه الخيوط للمصممين ابتكار أنماط جديدة وغير تقليدية، مما يتيح لهم التعبير عن إبداعهم بشكل أفضل.

- **العزل الحراري:**

يمكن أن تكون الخيوط المتضخمة أكثر فعالية في الحفاظ على الحرارة، مما يجعلها مثالية للملابس الشتوية.

2- استخدام الخيوط المتضخمة في السجاد

تعتبر الخيوط المتضخمة خياراً رائعًا في صناعة السجاد، حيث تضيف:

- **ملمسًا غنياً:**

يمنح السجاد المظهر والملمس الفاخر الذي يجذب الانتباه ويعزز الجمالية العامة للغرفة.

- **مقاومة التآكل:**

تتمتع الخيوط المتضخمة بمتانة أكبر، مما يساعد السجاد على الصمود أمام الاستخدام اليومي.

- **سهولة الصيانة:**

يمكن أن تكون الخيوط المتضخمة مصممة بحيث تكون مقاومة للبقع والأوساخ، مما يسهل العناية بالسجاد.

3- المفروشات والخيوط المتضخمة

في صناعة المفروشات، يمكن استخدام الخيوط المتضخمة لتطوير منتجات جديدة مثل:

- **الأرائك والكنب:**

يمكن أن تعزز الخيوط المتضخمة من راحة الأرائك والكنب، مما يجعلها مثالية للاستخدام اليومي.

- **الوسائد:**

تتيح الخيوط المتضخمة ملء الوسائد بحجم أكبر، مما يضيف لمسة من الفخامة.

- **أقمشة الستائر:**

يمكن أن تعطي الخيوط المتضخمة طابعاً ديناميكياً للستائر، مما يساعد في تحسين الإضاءة في الغرفة.

4- الابتكارات المحتملة

يمكن أن يفتح استخدام الخيوط المتضخمة المجال للعديد من الابتكارات الجديدة مثل:

- **تقنيات النسيج الذكية:**

يمكن دمج الخيوط المتضخمة مع تقنيات النسيج الذكية لتطوير منتجات قابلة للتكيف مع حرارة الجسم أو الظروف البيئية.

- **تصميم مستدام:**

يمكن تصنيع الخيوط المتضخمة من مواد معاد تدويرها، مما يساهم في تقليل الأثر البيئي.

- **تحسين أداء الأنسجة:**

بدمج الخيوط المتضخمة مع خصائص تقنية مثل مقاومة الماء أو مضادة للبكتيريا، يمكن تحسين أداء المنتجات في مجموعة متنوعة من الظروف.

من أجل انتاج خيوط أكريليك قابلة للتضخيم يتم ما يلي:

تزود آلة التقطيع بجهاز خاص لتبخير ألياف الأكريليك في نهاية الآلة، وهذا الجهاز يمكن تشغيله أو توقيفه لذلك يتم عادة إنتاج ألياف أكريليك أثناء تشغيل جهاز التبخير وهذه الالياف تكون مضخمة، وبعدها يتم توقيف جهاز التبخير وإنتاج ألياف غير مضخمة، وبعدها يتم مزج الألياف المضخمة وغير المضخمة بنسبة 50% لكل نوع على مراجل السحب والدلك والغزل.

الخيط الناتج يتم تضخيمه على آلة التضخيم حسب نوعها بالبخار أو بالحرارة، فينتج لدينا خيط مضخم، والغاية من ذلك أن الألياف غير المضخمة في بنية الخيط

تتضخم في أثناء عملية التبخير أو التضخم بالحرارة مما يؤدى إلى انكماش الخيط وإعطائه مظهرية أفضل، كما تؤدي هذه العملية إلى تثبيت برمات لخط وتخليصه من الكرمشة وإعطائه المظهرية الجيدة.

7-3- اختبار نسبة التضخيم لألياف الأكريليك:

يعبر عن نسبة التضخيم بمقدار انكماش الخيط بعد عملية التضخيم، وهذه العملية هي انتفاخ الخيط ونقصان طوله؛ أي إن نمرة الخيط المضخم مختلفة عن نمرة الخيط قبل التضخم.

وتحسب نسبة التضخيم (الانكماش) بالعلاقة التالية:

$$\text{نسبة الانكماش} = \frac{\text{نمرة الخيط قبل التضخيم} - \text{نمرة الخيط بعد التضخيم}}{\text{نمرة الخيط قبل التضخيم}} \times 100$$

$$Sh = \frac{N_{m1} - N_{m2}}{N_{m1}} \times 100 \qquad (7-1)$$

حيث إن:

Sh: نسبة التضخيم.

N_{m1}: نمرة الخيط قبل التضخيم.

N_{m2}: نمرة الخيط بعد التضخيم.

مثال: يتم تشغيل خيط أكريليك بنمرة مترية $N_{m1} = 17$ وبعد عملية التضخيم تصبح نمرة الخيط $N_{m2} = 14$ فتكون نسبة الانكماش:

$$Sh = \frac{17 - 14}{17} \times 100 = 16\% \qquad (7-2)$$

أي إن نسبة نقص طول الخيط بعد التضخيم هي 16%.

ومن ناحية أخرى أيضاً يكمن تحديد نمرة الخيط الواجب إنتاجه قبل التضخيم بعد معرفة الخيط المطلوب بعد التضخيم ونسبة التضخيم.

7-4- اختبار نسبة التبقيع للألياف الصنعية

اختبار نسبة التبقيع (Pilling Test) للألياف الصناعية هو اختبار يقيس قدرة الألياف على تشكيل بقع (Pills) صغيرة على سطح القماش نتيجة الاحتكاك المتكرر. يُستخدم هذا الاختبار لتقييم جودة الألياف الصناعية، خاصة في الأقمشة التي تخضع لعمليات غسل أو ارتداء متكرر.

7-4-1- إجراء الاختبار

1- تحضير العينات:

يتم قطع عينات من القماش المراد اختبارها، وعادة ما تكون هذه العينات مربعة أو مستطيلة الشكل.

2-اختبار الاحتكاك:

يتم وضع العينة على جهاز اختبار الاحتكاك (Rubbing Tester) ويتم فركها بعدد معين من المرات تحت ضغط معين. يمكن استخدام أنواع مختلفة من أجهزة الاختبار، مثل جهاز اختبار ماركان (Markan Tester) أو جهاز اختبار مينشال (Menchal Tester).

3-تقييم التبقيع:

بعد انتهاء فترة الاحتكاك، يتم فحص العينات وتقييم مدى ظهور بقع (Pills) على سطحها. يمكن استخدام مقاييس مختلفة لتحديد درجة التبقيع، مثل مقياس (Mencal Pilling Scale) الذي يتراوح بين 0 (لا توجد بقع) و5 (توجد بقع كثيرة).

4-تحليل النتائج:

يتم تحليل النتائج لتحديد مدى مقاومة الألياف للتبقيع، ويتم مقارنة النتائج بمواصفات الألياف الصناعية المختلفة.

الأهمية:

5- تقييم جودة الألياف:

يساعد اختبار التبقيع في تقييم جودة الألياف الصناعية ومقاومتها للاحتكاك.

6- تحديد أنواع الألياف:

يمكن استخدام هذا الاختبار لتحديد أنواع الألياف الصناعية المختلفة، مثل البوليستر، النايلون، والأكريليك.

7- تحديد شروط الغسيل:

يساعد في تحديد شروط الغسيل المناسبة للملابس المصنوعة من الألياف الصناعية، بهدف تقليل التبقيع.

8- المواصفات القياسية: اختبار التبقيع للألياف الصناعية

هناك العديد من المواصفات القياسية التي تحدد إجراءات اختبار التبقيع للألياف الصناعية، مثل:

1- المواصفة القياسية الأمريكية: **ASTM D3883** : اختبار التبقيع باستخدام جهاز اختبار ماركان .

2- المواصفة القياسية الأيزو:-**ISO 12952-1** اختبار التبقيع باستخدام جهاز اختبار مينشال.

3- المواصفة القياسية الأمريكية-**AATCC 4** : اختبار التبقيع باستخدام جهاز اختبار احتكاك القماش.

الخلاصة: اختبار التبقيع للألياف الصناعية هو أداة مهمة لتقييم جودة الألياف ومقاومتها للاحتكاك، ويستخدم في تحديد أنواع الألياف وشروط الغسيل المناسبة.[28]

7-5-اختبار درجة الانصهار.

اختبار درجة انصهار الألياف الصناعية هو طريقة لتحديد درجة الحرارة التي تبدأ عندها الألياف في التحول إلى حالة سائلة . يتم استخدام هذا الاختبار لتحديد مدى مقاومة الألياف للصدمات الحرارية وتحديد مدى ملاءمتها لاستخدامات معينة .

7-5-1-طرق اختبار درجة الانصهار:

1- طريقة الأنبوب الشعري:

يتم وضع كمية صغيرة من العينة في أنبوب شعري، وتسخينها، وتسجيل درجة الحرارة التي تبدأ عندها المادة في الذوبان.

2- قياس السعرات الحرارية بالمسح التفاضلي:

يتم قياس كمية الحرارة المطلوبة لزيادة درجة حرارة العينة، مما يسمح بتحديد درجة الحرارة التي تحدث فيها عملية الانصهار.

7-5-2-أهمية اختبار درجة الانصهار للألياف الصناعية:

1- **تحديد مقاومة الألياف للحرارة:**

يساعد في تحديد درجة الحرارة التي يمكن أن تتحملها الألياف قبل أن تبدأ في الذوبان أو التلف، مما يؤثر على استخداماتها.

2- **تحديد جودة الألياف:**

يمكن أن يكشف عن أي عيوب أو اختلافات في تركيب الألياف، مما يؤثر على خصائصها.

3- **تحديد مدى ملاءمة الألياف للاستخدامات المختلفة:**

يساعد في تحديد مدى ملاءمة الألياف للاستخدامات التي تتطلب مقاومة عالية للحرارة، مثل تطبيقات الملابس أو الأقمشة المتخصصة.

7-5-3-أمثلة على الألياف الصناعية وتطبيقاتها:

- **ألياف البوليستر:**

تُستخدم في صناعة الملابس، والأقمشة، والوسائل المعيشية.

- **ألياف النايلون:**

تُستخدم في صناعة الملابس، والأقمشة، والأحذية، والوسائل المعيشية.

- **ألياف الأكريليك:**

تُستخدم في صناعة الملابس، والأقمشة، والأثاث، والأجهزة الكهربائية.

- ألياف البولي بروبلين:

تُستخدم في صناعة الأقمشة، والأحذية، والسجاد، والأثاث .

باختصار، اختبار درجة الانصهار للألياف الصناعية هو أداة مهمة في عملية تحديد جودة وملاءمة هذه الألياف لاستخدامات مختلفة، مع التأكد من أنها تلبي متطلبات المقاومة الحرارية المطلوبة.

7-5-4-جهاز اختبار نقطة الانصهارYG252A-I

هو واحدة من أفضل أجهزة اختبار نقطة انصهار في العالم، عالي الجودة لمختلف التطبيقات الصناعية.

الشكل 7-1: جهاز اختبار نقطة الانصهارYG252A-I

الشركة الصينة (FYI)-www.fyichina.com.cn

https://fyitester.com/ar/for-sale/melting-point-tester

الفصل الثامن

عملية تقطيع الألياف الصنعية

من المعروف أن الألياف الصنعية يتم تصنيعها على شكل ألياف مستمرة Filament وللاستفادة من هذه الألياف فإنه يمكن إنتاج خيوط من هذه الألياف بشكلها المستمر، إلا أنه غالباً ما يتم تقطيع هذه الألياف بأطوال محددة لإنتاج خيوط من هذه الألياف المقطعة حسب نظام الغزل الذي يتم تطبيقه، فإما أن يتم تقطيعها بأطوال تتناسب مع نظام الغزل القطني لإنتاج خيوط من ألياف صنعية % 100 أو مزجها مع ألياف طبيعية بنسب مزج مختلفة حسب استخدام الخيوط المنتجة من هذه الألياف، ويمكن أن نميز عدة طرق لتقطيع هذه الألياف.

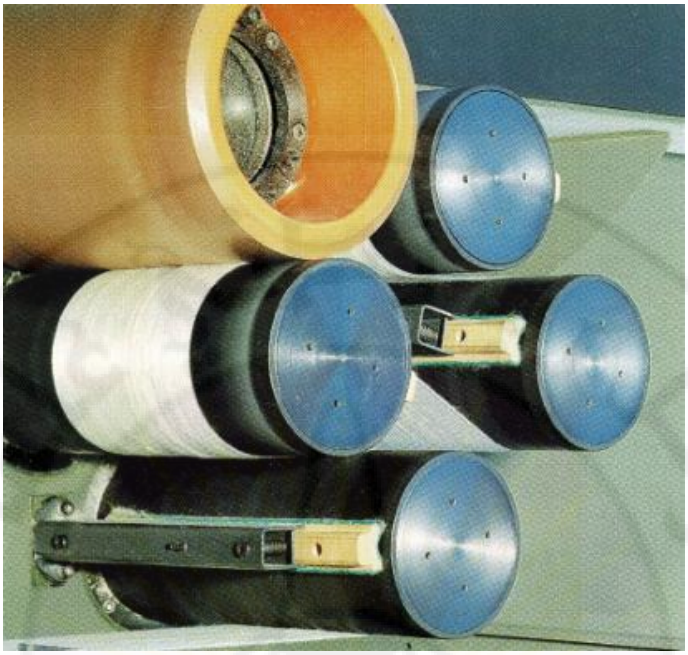
8-1- طرق تقطيع الألياف الصنعية

8-1-1- تقطيع الألياف الصنعية بالقص

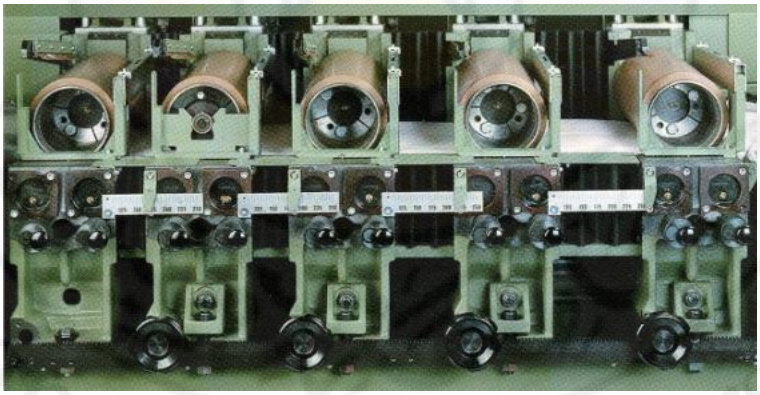
وهذه الطريقة قليلاً ما يتم استخدامها، وتعتمد على قطع الألياف باستخدام أسطوانات دوارة تحوي على سطحها سكاكين بأبعاد مختلفة حسب الطول الذي يتم التقطيع على أساسه.

وتتألف آلة تقطيع الألياف بواسطة القص من:

1- جهاز شد، حيث يتم شد الألياف بواسطة عدة أزواج من الأسطوانات(خلفية وأمامية)، بحيث تكون سرعة الأسطوانات الأمامية أكبر من سرعة الأسطوانات الخلفية لتأمين الشد المناسب لهذه الألياف وتهيئتها لعملية القص (الشكل 8-1)، أو جهاز شد رباعي مؤلف من 4 أسطوانات متوضعة فوق بعضها تؤمن الشد المطلوب (حسب الشكل8-2).

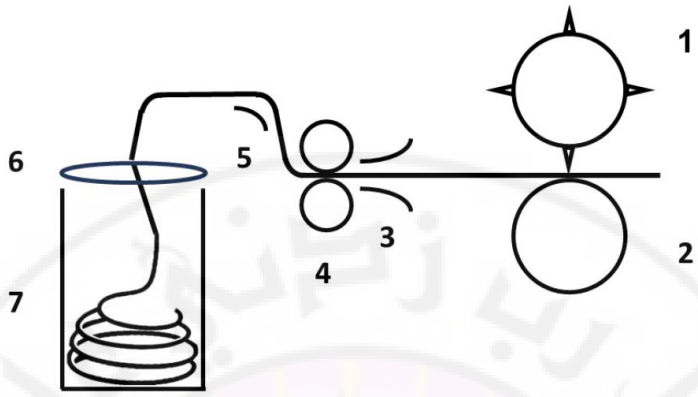


الشكل 8-1: جهاز شد الألياف بواسطة عدة أزواج من الأسطوانات خلفية وأمامية



الشكل 8-2: جهاز شد الألياف رباعي مؤلف من 4 أسطوانات متوضعة فوق بعضها

2- جهاز القص ويتألف من أسطوانة مزودة بسكاكين بأبعاد مختلفة حسب الطول المطلوب.



1-أسطوانة القص 2-أسطوانة توجيه 3-قمع تجميع الشعيرات 4-أسطوانات الضغط
5-دليل الشريط 6- رأس البرميل 7- البرميل

الشكل 8-3: جهاز القص ويتألف من أسطوانة مزودة بسكاكين بأبعاد مختلفة حسب الطول المطلوب.

- طريقة عمل الآلة

بعد أن يتم شد الألياف بواسطة جهاز الشد تمر الألياف بين أسطوانة التوجيه وسكاكين القص، حيث يتم تقطع الألياف وتجميعها بواسطة القمع، ليتم تعبئتها ضمن البرميل أو تحويلها إلى مكبس خاص ليتم تعبئتها على شكل بالات.

ويتم تعيير أطوال الشعيرات بالمسافة بين السكاكين المتوضعة على سطح أسطوانة القص، حيث يتم استخدام أسطوانات بأقطار مختلفة، وتكون المسافة بين كل سكين وأخرى مساوية لأطوال الشعيرات المطلوب القص على أساسها.

8-1-2- تقطيع الألياف الصنعية بواسطة الشد

وتتألف آلة التقطيع بواسطة الشد من(الشكل 8-4):

1-النصبة: ويتم من خلالها إمرار الألياف على محاور معدنية لتأمين الشد الأولي المطلوب.

2- أسطوانات الشد قبل التقطيع: وهي عبارة عن مجموعة من الأسطوانات متوضع بعضها فوق بعض، وعددها أربع أسطوانات وبسرعات مختلفة، لزيادة شد الألياف بين كل أسطوانتين (الشكل 8-3).

3- أسطوانات الشد الأولي (أسطوانات ضغط): لتامين التوجيه الصحيح للألياف.

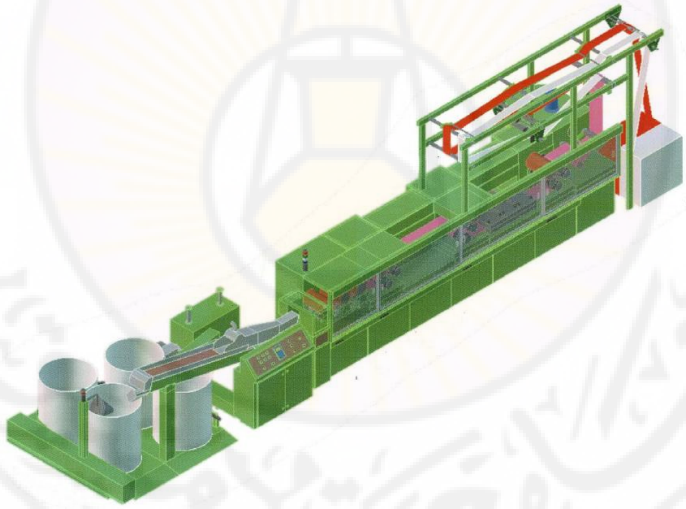
4- صفائح تسخين بثلاثة أو أربعة مقاطع حرارية: لتجهيز الألياف للتقطيع.

5- أسطوانات القطع: وهي عبارة عن زوجين من الأسطوانات، خلفية وأمامية حيث يكون فارق السرعة بين هذين الزوجين من الأسطوانات كبير، ونتيجة فارق السرعة الكبير بين الأسطوانات الخلفية والأمامية تتولد قوة شد كبيرة تؤدى إلى تقطيع الألياف.

6- حجرة التبريد : حيث يتم تمرير الألياف ضمن هذه الحجرة لتستعيد شكلها الطبيعي.

7- وبعدها يتم تعبئة الألياف إما على شكل شريط يتم تعبئته ضمن برميل أو إلى مكبس لتعبئتها ضمن بالات.

ويتم في هذه الآلة تعيير أطوال الشعيرات التي يتم تقطيعها بتعيير المسافة بين أسطوانتي القطع للحصول على الأطوال المطلوبة للألياف حسب نظام التشغيل واستخدام الألياف.



الشكل 8-4: آلة التقطيع بواسطة أسطوانات الشد.

مواصفات أسطوانات الشد والقطع:

يتم تلبيس هذه الأسطوانات بطبقة من الكاوتشوك وبقساوة عالية تصل حتى 50 شور وذلك من أجل الحصول على ضغط عالي ليتم مسك الشعيرات بشكل جيد في أثناء عملية التقطيع.

الفصل التاسع

خلطات وخواص واستخدامات الألياف الصناعية

9-1-تمهيد

نتيجة للتطور التكنولوجي عالمياً وزيادة الأنواع من الألياف الصنعية التي تم إنتاجها في العالم لتلبية الحاجات المتزايدة للمنتجات النسيجية والاستخدامات الأخرى، وبسبب انخفاض إنتاج المواد النسيجية الطبيعية وعدم كفايتها للحاجات البشرية المتزايدة، ومن أجل الاستفادة من ميزات الألياف الطبيعية وعدم الاقتصار على استخدام المواد الصنعية بشكل منفرد فقد تم اعتماد إيجاد خلطات من الألياف المتنوعة وذلك للاستفادة من ميزات كلا المادتين اللتين يتم خلطهما (مزجهما) وتلافي بعض سلبياتهما، ومن الناحية الاقتصادية لتخفيف تكلفة المنتج حيث إن أسعار المواد الصنعية غالباً ما تكون أقل سعراً من المواد الطبيعية.

وعملية الخلط (المزج) هي تشغيل مادتين مع بعضهما مع بعض بحيث يتم خلطهما خلال المراحل الإنتاجية في عملية الغزل، وتحدد نسب الخلط (المزج) حسب طبيعة استخدام المادة الممزوجة والمواصفات والخصائص المطلوبة للمنتج المزيج، وتتم عملية الخلط عادة بين مادتين؛ أحدهما طبيعية والأخرى صنعية، ونادراً ما يتم خلط مادتين صنعيتين، وفي حال تم هذا النوع من الخلط فيتم بين مادة صنعية تحويلية وأخرى صنعية تركيبية، وعلى سبيل المثال لبعض الخلائط:

قطن + بوليستر، قطن + بولي أميد، قطن+ أكريليك.

صوف + بوليستر، كتان + بوليستر.

فيسكوز+ بوليستر، أسيتات + بوليستر.

9-2- نسب الخلط:

كما مر سابقاً فإن نسب الخلط تحدد حسب طبيعة الاستخدام والخصائص والمواصفات، ويمكن أن يتم الخلط بأية نسبة ولكن هناك بعض نسب الخلط المعتمدة عالمياً، وهي:

35% مادة طبيعية + 65% مادة صنعية، مثال 35% قطن + 65% بوليستر.

50% مادة طبيعية + 50% مادة صنعية، مثال: 50% صوف +50% بوليستر.

65% مادة طبيعية + 35% مادة صنعية، مثال: 65% قطن + 35% بولي أميد.

وفي بعض الأحيان يمكن المزج بنسبة قليلة من المواد الصنعية؛ لزيادة المتانة (للتقوية) للخيط الممزوج، وعلى سبيل المثال يتم إنتاج خيط ممزوج 90% قطن +10% بوليستر للتقوية، ويستخدم هذا النوع من الخيوط لإنتاج الجوارب الطبية.

وتبقى إمكانية تحديد نسبة المزج حسب الطلب، ولا يوجد ما يمنع من إنتاج مواد ممزوجة بأية نسبة يتم طلبها.

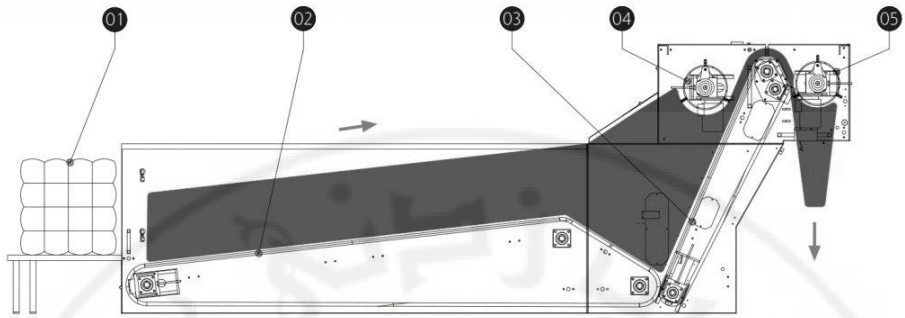
9-3- طرق الخلط:

يتم الخلط بعدة طرق، ولكل منها ميزاتها وسلبياتها، ويمكن أن نجملها بما يأتي:

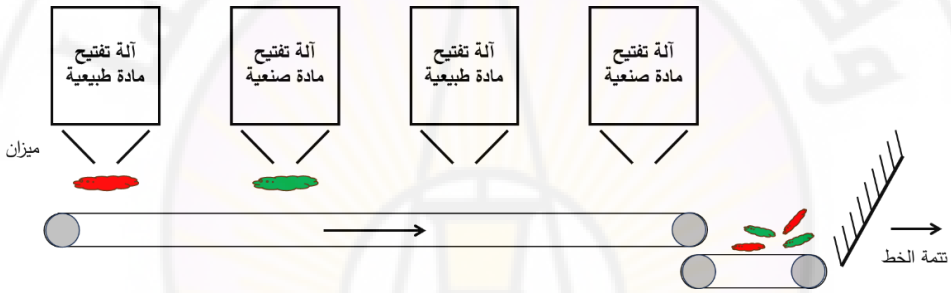
1- الخلط في خط الفتح والتنظيف:

وفيه يتم الخلط بطريقتين:

- في آلات التفتيح الأولي (الشكل 9-1): وتتم بواسطة آلات تفتيح مزودة بموازين قابلة للتعيير، بحيث يوجد آلات تفتيح أولي للقطن مزودة بميزان لتحديد وزن كل وجبة حسب نسبة المزج، وكذلك آلات تفتيح للبوليستر مزودة بميزان مشابه، ويتم إمرار النوعين من المواد على باقي آلات الخط وصولاً إلى المرحلة النهائية (الغزل).



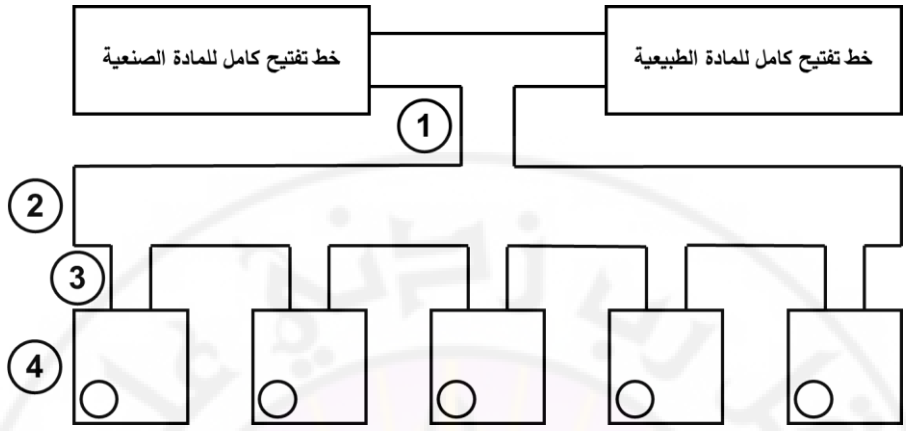
الشكل 9-1: الخلط في آلات التفتيح الأولي



الشكل 9-2: الخلط في آلة تفتيح البالات الاوتوماتيكية

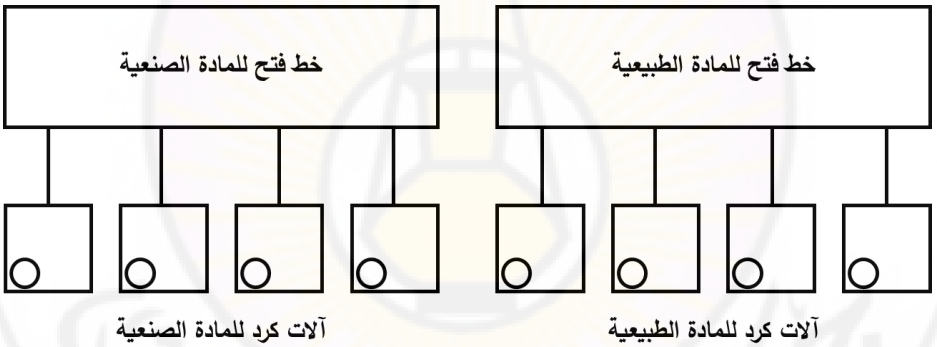
* في آلة تفتيح البالات الاوتوماتيكية (الشكل 9-2): في حال وجود آلة تغذية بآلات اوتوماتيكية يتم وضع البالات بالتتابع حسب نسبة الخلط من كلا النوعين من المواد التي يتم خلطها، بالة من المواد الطبيعية وأخرى من المواد الصنعية.

2- الخلط في آلات الكرد (الشكل 9-3)

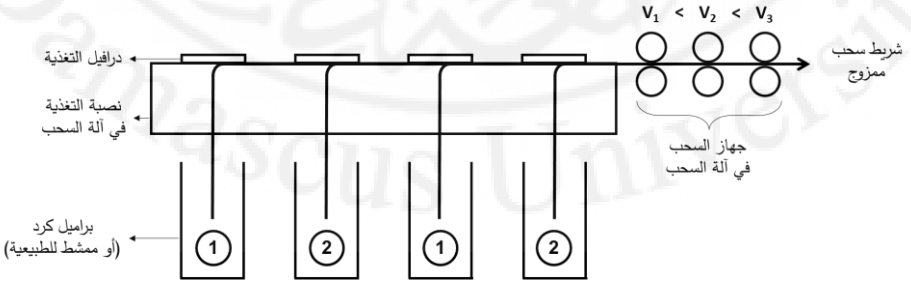


الشكل 9-3: الخلط في آلة الخلط في آلات الكرد

3- الخلط في آلات السحب ا(لشكل 9-4) و ا(لشكل 9-5).



الشكل 9-4: الخلط في آلات السحب



الشكل 9-5: الخلط في آلات السحب

1- شريط مادة طبيعية (كرد أو تمشيط).

2- شريط مادة صنعية (كرد).

في حال تشغيل خيوط مسرحة تتم التغذية بشريط كرد للمادة الطبيعة.

في حال تشعيل خيوط ممشطة تتم التغذية بشريط ممشط للمادة الطبيعية.

ملاحظات:

- القطن يتم تمشيطه لاحتوائه على نسبة من الشعيرات القصيرة، وعملية التمشيط هي لإزالة نسبة الغرات القصيرة، أما المادة الصنعية فيتم تقطيعها بأطوال محددة، وبالتالي لا تحتوي على شعيرات قصيرة فهي لا تحتاج إلى عملية تمشيط.
- درافيل التغذية عبارة عن أسطوانات معدنية ترفع باليد، ويمر الشريط بينها وبين أسطوانة نصبة التغذية التي تقوم بحركة دورانية، وبعدها يتم تنزيل الدرفيل، فيدور مع أسطوانة نصبة(حامل) التغذية لجر الشريط.

أي إن الشعيرات الصنعية يجب أن تكون مواصفاتها مشابهة للمادة الطبيعية التي يتم خلطها، ويتم ذلك بتصنيع الألياف الصنعية بالنعومة المشابهة لنعومة المادة الطبيعية، كذلك عند تقطع الألياف الصنعية يجب أن تكون أطوالها مشابهة لأطوال الألياف الطبيعية.

وعلى سبيل المثال: عند خلط القطن مع البوليستر فإن ألياف البوليستر تكون نعومتها مشابهة لنعومة ألياف القطن، وتقطع ألياف البوليستر بأطوال تتراوح بين 28 و35 مم وذلك لتأثير أطوال الألياف على معايرة الآلات في خط الغزل.

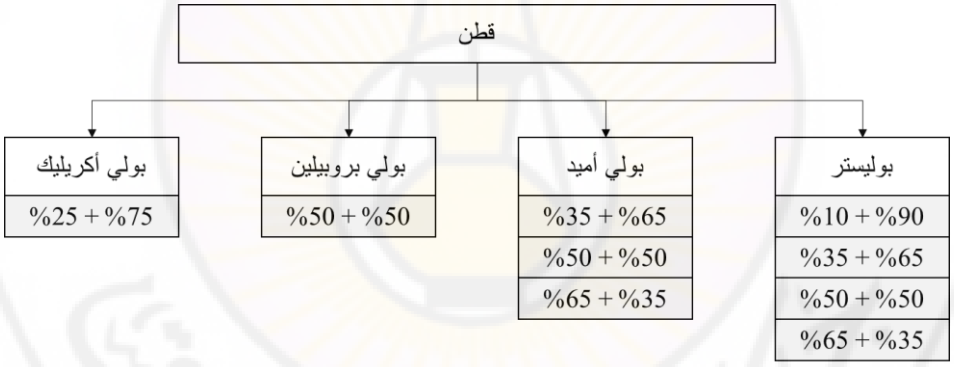
وعند خلط الصوف مع البوليستر فإنه أيضاً يجب التمييز بين الصوف الناعم والصوف الخشن، وذلك لاختيار نعومة ألياف البوليستر بما يتناسب مع نعومة الصوف، وكذلك بالنسبة للأطوال.

9-4-بعض الخلطات المستخدمة حسب درجة أهميتها:

من أهم الخلطات المستخدمة عالمياً هي خلط القطن مع البوليستر، وهناك بعض الخلطات الأخرى نبينها فيما يأتي:

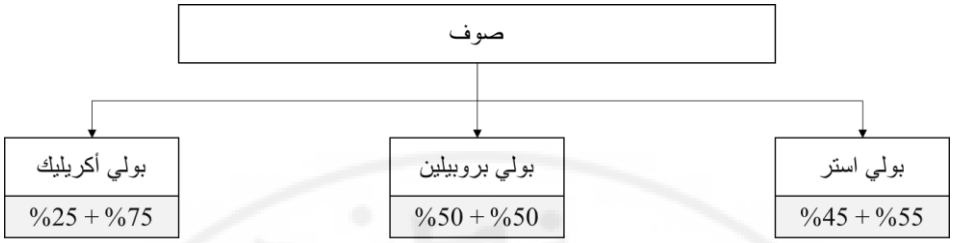
- القطن مع البوليستر (الشكل 9-6).
- القطن مع الأكريليك.
- القطن مع البولي أميد.
- القطن مع الفيسكوز (واستخدامها قليل نسبياً).
- الصوف مع البوليستر (**الشكل 9-7**).
- الصوف مع البولي أميد.
- الصوف مع الأكريليك.
- الصوف مع البولي بروبلين.

ويمكن أن نجملها ما يأتي (**الشكل 9-5**):



الشكل 9-6: بعض خلطات القطن المستخدمة حسب درجة أهميتها

في الخلطات المذكورة الرقم الأول هو نسبة القطن، والثاني للمادة الثانية التي يتم خلطها مع القطن وهذه الخلطات متعارف عليها عالمياً، مع البيان بأنه يمكن الخلط بأية نسبة أخرى وحسب الطلب، أي يمكن الخلط بنسبة 40% + 60% أو العكس، وكذلك يمكن خلط 20% + 80% أو العكس.



الشكل 9-7: بعض خلطات الصوف

وكذلك بالنسبة للصوف، فإنه يمكن إجراء الخلط بأية نسبة وحسب الطلب.

بالنسبة للكتان فإن إمكانية خلطه مع ألياف أخرى ممكنة، إلا أنه نادراً ما تتم عملية الخلط مع الكتان، والمتعارف عليه هو استخدام الكتان بنسبة 100%.

أما الحرير فلا يتم مزجه مع أية ألياف أخرى، وينحصر استخدامه بنسبة 100% وبشكل دائم.

سبق وبينا أن عملية الخلط تتم بين نوعين من الألياف، أحدهما طبيعي، والآخر صنعي، وغالباً ما يكون تركيبي.

إلا أن هناك بعض الخلطات أصبحت تستخدم حالياً، ولو بشكل بسيط وهي، فيسكوز + بوليستر، بوليستر + أكريليك، وفي بعض الحالات الخاصة أيضاً يمكن خلط 3 أنواع من الألياف، وأكثر هذه الخلطات شيوعاً هي، صوف + بوليستر + أكريليك، وتستخدم لتصنيع الكنزات الشتوية وأطقم الألبسة الداخلية الشتوية.

9-5- تأثير الخلط على مواصفات الخيوط

إن من أهم الخواص الإيجابية لعملية الخلط هي المتانة والمظهرية والملمس، وكلما زادت نسبة الألياف الصنعية تزداد المتانة وتتحسن مظهرية وملمس المنتج، وفيما يأتي (الجدول9-1) يبين تأثير الخلط مع بعض المواد الصنعية.

الجدول 9-1: يبين تأثير الخلط مع بعض المواد الصنعية

الخاصية	بولي استر	فيسكوز	أسيتات	نايلون	بولي أكريليك
المتانة	زيادة ممتازة	مقبولة	مقبولة	زيادة ممتازة	مقبولة
مقاومة الاحتكاك	زيادة ممتازة	مقبولة	مقبولة	زيادة ممتازة	مقبولة
مقاومة التجعد	زيادة ممتازة	مقبولة	مقبولة	زيادة ممتازة	زيادة ملحوظة
مقاومة الاحتراق	مقبولة	مقبولة	مقبولة	مقبولة	مقبولة
مقاومة الانصهار	مقبولة	زيادة ممتازة	مقبولة	مقبولة	زيادة ملحوظة
مقاومة الكهرباء الساكنة	سيئة	زيادة ممتازة	سيئة	سيئة	سيئة
التضخيم (النفخ)	مقبولة	مقبولة	مقبولة	مقبولة	زيادة ممتازة
مقاومة الكشش	زيادة ممتازة	سيئة	زيادة ملحوظة	زيادة ممتازة	زيادة ممتازة
المحافظة على الكوي	زيادة ممتازة	مقبولة	مقبولة	زيادة ممتازة	زيادة ممتازة

الجدول 9-2: يبين نموذج لبعض الخلطات في أحد المصانع ومجال استعمالها

نوع الألياف	فيسكوز	قطن	نايلون	أكريليك	صوف	بولي بروبيلين	بولي استر	
نسبة الخلط %	15	85						ملابس داخلية،
	30	70						تريكو، مفارش،

مناشف، محارم، أغطية طاولات						50	50	
سجاد وملابس خارجية					15		85	
					20		80	
سجاد		50	50					
سجاد				30			70	
ملابس خارجية (رجالي + نسائي)	67						33	
أطقم	55		45					
أطقم	55			45				
سجاد				50			50	
كنزات تريكو			25	75				
ملابس خارجية			45	55				
ملابس خارجية	30		30				40	
أقمشة معالجة	80						20	
جاكيت رجالي	67						33 مجعد	
بنطال	50						50 مجعد	
بدلات عمل	70						30	

وقل رب زدني علما
Damascus University

المصطلحات العلمية الأجنبية ومرادفاتها باللغة العربيةScientific Terms :

باللغة العربية		باللغة الانكليزية
	A	
حمض الفورميك أو حمض النمليك		Acidum formicum(باللاتينية)
قابلية الامتصاص		Absorbency
	B	
مقاومة الانحناء		Bending strength
الحجم		bulk
	C	
خيط الكشمير		Cashmere yarn
الصوف الصناعي		Casein fibers
المقاومة الكيميائية		Chemical resistance
شكل المقطع العرضي		Cross-sectional shape
اللون		color
درجة التجعد		Crimp
ثنائي ميثيل فورماميد	D	Dimethylformamide(DMF)
الكثافة (النعومة)		Density(finesse)
الانجذاب للصباغ		Dye affinity level
	E	
الاستطالة		Elongation
	F	

Fibers		ألياف
filament		الشعيرة المستمرة
Finish presence		الشكل النهائي
	G	
Glass transition temperature		درجة الحرارة الانتقالية للتزجيج
	H	
	I	
	J	
	K	
Kapron fibres		ألياف الكابرون
	L	
luster		اللمعان
	M	
molecular		جزيئي، فردي
	N	
Macromolecular Materials		المواد كبيرة الجزيئ
Monomer		المونومرات(جزيئات كيميائية بسيطة)

Melting point		درجة الانصهار
Moisture content		محتوى الرطوبة
oligomers	O	بضع عشرات من المونومرات
	P	
Rayon	R	الرايون
Rope		حبل
Rock wool		صوف صخري
Refractive index		مؤشر الانكسار
Resiliency		المرونة
Shrinkge	S	انكماش
Strength		القوة
Stiffness (flexibility)		الصلابة (المرونة)
Solubility		قابلية الذوبان
supramolecularly		جزيء فائق الضخامة
Surface characteristics		خصائص السطح
Thermal conductivity	T	الناقلية الحرارية
Thread		خيط
Type		الشكل
Undyed	U	غير مصبوغ
Vegetable dye	V	صبغة نباتية
creslan fibers	X	ألياف الكريسلان
Yarn	Y, Z	الخيط

الملحق (1) الألياف الصنعية الشائعة Common synthetic fibers	
تشمل الألياف الصنعية الشائعة:	• Nylon (1931) • Modacrylic (1949) • Olefin (1949) • Acrylic (1950) • Polyester (1953)
تشمل الألياف الصنعية المتخصصة:	**Specialty synthetic fibers include:** • Rayon (1894) artificial silk • Vinyon (1939) • Saran (1941) • Spandex (1959) • Vinalon (1939) • Aramids (1961) – known as Nomex, Kevlar and Twaron • Modal (1960s) • Dyneema/Spectra (1979) • PBI (Polybenzimidazole fiber) (1983) • Sulfar (1983) • Lyocell (1992) (artificial, not synthetic) • PLA (2002) • M–5 (PIPD fiber) • Orlon • Zylon (PBO fiber) • Vectran (TLCP fiber) made from Vectra LCP polymer

□ Derclon used in manufacture of rugs	
Other synthetic materials used in fibers include:	
تشمل المواد الصنعية الأخرى المستخدمة في الألياف ما يأتي:	
□ Acrylonitrile rubber (1930)	
Modern fibers that are made from older artificial materials include:	
تشمل الألياف الحديثة المصنوعة من مواد صنعية قديمة ما يأتي:	
□ Glass fiber (1938) is used for:	
o industrial, automotive, and home insulation (glass wool) o reinforcement of composite materials (glass-reinforced plastic, glass fiber reinforced concrete) o specialty papers in battery separators and filtration	
* عزل صناعي، وعزل سيارات، وعزل منزلي (صوف زجاجي). * تعزيز المواد المركبة (بلاستيك مقوى بالزجاج، خرسانة مقواة بألياف زجاجية). * ورق متخصص في فواصل البطاريات والترشيح.	
□ Metallic fiber (1946) is used for:	
o adding metallic properties to clothing for the purpose of fashion (usually made with composite plastic and metal foils) o elimination and prevention of static charge build-up o conducting electricity to transmit information o conduction of heat	* إضافة خصائص معدنية إلى الملابس لأغراض الموضة (عادةً ما تُصنع من البلاستيك المركب ورقائق معدنية). * إزالة ومنع تراكم الشحنات الساكنة. * توصيل الكهرباء لنقل المعلومات. * توصيل الحرارة.

وقل رب زدني علما
Damascus University

المراجع العلمية العربية والأجنبية References

1.Supriyo Chakraborty, in Textile Calculation, 2023, https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/synthetic-textile-fiber

2. Adanur, Sabit, (2001), Handbook of Weaving, Technomic Publication Co., B.S., M.S., Ph.D. Department of Textile Engineering, Auburn University, Alabama, USA.

3. H. V. Sreenivasa Murthy, (2016), Introduction to Textile Fibres by Woodhead Publishing India Pvt. Ltd.

4. Leszek A. Utracki, Leszek A. Utracki, Polymer Blends Handbook, Montreal, Canada

5.Anslyn ،Eric (2004). Modern Physical Organic Chemistry. Sausalito, CA: University Science. ISBN:978-1-891389-31-3.

6. Noncovalent bonds – Molecular Cell Biology (textbook), Lodish, Berk, Zipursky, Matsudaira, Baltimore, Darnell. 2020.

7.https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AA%D8%A2%D8.

8.Benjah-bmm27 vectorization by B. Jankuloski - File:Hydrogen-bonding-in-water-2 D.png

9.https://textileexplainer.com/manufacturing-process-of-acetate-rayon-fiber/

10. Kadolph, Sara, and Anna Langford. (2002),Textiles: Ninth Edition. Prentice Hall.

11. https://ar.wikipedia.org/wiki/(نسيج)_لايوسل.

12. https://www.tencel.com/en/fibers

13- محمد النويهي، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الملك سعود، كيمياء وتقنية البلمرات، الصناعات التحويلية.
http://fac.ksu.edu.sa/melnewehy

14- محمد الصاوي محمد مبارك (2003)، معجم المصطلحات العلمية في الأحياء الدقيقة والعلوم المرتبطة بها (بالعربية والإنجليزية)، القاهرة: مكتبة أوزوريس، ص. 119، OCLC:4769982658، QID:Q126042864

15-Malcomete, Otilia,(1983), Materie Prime Textile, Tipar Rotaprint, Institutul Politehnic Iasi, Facultatea de Tehnologia si Chimia Textilelor, Romania, Iasi.

16-https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/acetate-fiber

17-https://textileexplainer.com/manufacturing-process-of-acetate-rayon-fiber/

18-https://textileexplainer.com/manufacturing-process-of-acetate-rayon-fiber

19.https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A8%D9%88%D9%84%D9%8A_%D8%A8%D8%B1%D9%88%D8%A8%D9%8A%D9%84%D9%8A%D9%86

20 - "معلومات عن بولي بروبيلين على موقع"vocab.getty.edu. vocab.getty.edu، 08-03-2020.

21-" معلومات عن بولي بروبيلين على موقع"babelnet.org. babelnet.org . 30-08-2019.

22-" معلومات عن بولي بروبيلين على موقع"britannica.com. britannica.com. 27-12-2017.

23. https://ar.kdochem.com/products/polypropylene-fiber.html

24.https://www.sirloonggroup.com/info/how-is-propylene-produced-75881236.html
25.https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%A3%D9%84%D9%8A%D8%A7%D9%81_%D8%A7%D9%84%D9%83%D8%B1%D8%A8%D9%88%D9%86
26.carbon fiber: Definition and Much More from Answers.com نسخة واي باك مشين يناير 2017 على موقع 18 محفوظة.
27. Mr. Jeremy Hierholzer, Assistant Professor of Aviation Technology, Purdue University, 2007.
28.https://www.google.com/search?q=%D8%A7%D8%AE%D8%AA%D8%A8%D8%A7%D8%B1+

اللجنة العلمية:

الدكتور المهندس معن الحوراني	الأستاذ في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.
الدكتور المهندس وجيه ناعمة	الأستاذ في قسم هندسة الميكانيك العام بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.
الدكتور المهندس علي سلامي	الأستاذ في قسم هندسة الميكانيك العام بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.

التدقيق اللغوي:

الدكتورة رغد الصبَّاغ

قسم اللغة العربية في كلية الآداب والعلوم الإنسانية بجامعة دمشق

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات