الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

# أثر بنية ومواصفات القماش في تحسين كفاءة الطباعة النافثة

# THE EFFECT OF THE FABRIC STRUCTURE AND PROPERTIES TO IMPROVE THE EFFINCIENCY OF JET PRINTING

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في تكنولوجيا النسيج

إعداد:

المهندس: علي محمود محمود

المشرف العلمي:

الأستاذ الدكتور المهندس: طاهر رجب قدار

العام الدراسي: 2019-2020

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

# قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير

باختصاص: **تكنولوجيا النسيج**

لطالب الدراسات العليا: **علي محمود**

والتي تحمل العنوان: **أثر بنية ومواصفات القماش في تحسين كفاءة الطباعة النافثة**

# الإهداء والشكر

إلى الأرض التي حضنتنا بحنان ترابها، وجمال طبيعتها، فمهما ابتعدنا عنها تبقى قلوبنا ترفرف بحبّها

**وطني الحبيب سوريا**

إلى من وصفهم القائد الخالد حافظ الأسد بأكرم من في الدنيا و أنبل بني البشر

**شهداء سوريا الأبرار**

عندما أتذكر كل ما صنعت لأجلي كي أصل الى الذي وصلت اليه فكل العبارات والكلمات والأفعال لا تستطيع أن تفيك حقك فأنت كنت ومازلت الأسبق في بذل العطاء ولم تنتظر المقابل فأنت كالشمعة التي احترقت لتنير طريقي معلمي وأستاذي الفاضل وقدوتي في الحياة

**الأستاذ الدكتور المهندس طاهر قدار**

الى من استقيت منكم الحروف وتعلمت كيف أنطق الكلمات وأصوغ العبارات وأحتكم للقواعد

**أساتذتي الكرام**

تلوح في سمائنا دوماً نجوم برّاقة لا يخفت بريقها عنّا لحظةً واحدةً، نترقّب إضاءتها بقلوب متلهفة، ونسعد بلمعانها في سمائنا كلّ ساعة، فاستحقّت وبكلّ فخر أن يرفع اسمها في عليائنا. **أبي الغالي**

إلى الإنسانة التي ربتني في صغري وعلمتني وأحاطتني بحنانها والتي دائما وأبدا أجدها في أزماتي الى أغلى من عرفها قلبي. **أمي الحبيبة**

إلى باقة الأزهار التي منحني إياها الله بأخوة كانوا السند وقت الشدة واليد العطوفة وقت المحن والابتسامة العذبة وقت الفرح. **إخوتي (محمد & عبد اللطيف)**

من أيّ أبواب الثّناء سندخل، وبأيّ أبيات القصيد نعبر، وفي كلّ لمسة من جودكم وأكفكم للمكرمات أسطر، كنتم كسحابة معطاءة، سقت الأرض فاخضرّت. **أصدقائي ورفاقي الأعزاء**

# الفهرس


| | |
|---|---|
| قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير | 2 |
| الاهداء | 3 |
| الفهرس | 4 |
| قائمة الأشكال | 7 |
| قائمة الجداول | 10 |
| الملخص | 11 |
| المقدمة | 12 |
| المشكلة العلمية | 14 |
| مبررات البحث وفرضياته | 14 |
| أهداف البحث وأهميته | 15 |
| الفصل الأول: الدراسات المرجعية | 16 |
| 1-1 تمهيد | 16 |
| 1-2 انتقال السائل في الخيوط والأقمشة القطنية | 17 |
| 1-3 الامتصاص من كمية محدودة من السائل | 19 |
| 1-3-1 الامتصاص في الخيوط | 19 |
| 1-3-2 الامتصاص من كمية غير محددة من السائل | 27 |
| 1-4 الامتصاص في الأقمشة القطنية | 34 |
| 1-5 العوامل المؤثرة على الامتصاص | 36 |
| 1-5-1العلاقة بين معدل الإمتصاص وزمن الإمتصاص | 37 |

| | |
|---|---|
| 1-5-2 نسبة الإمتصاص في اتجاهات مختلفة | 40 |
| 1-5-3 كتلة السائل الممتص الزائد مقابل معدل الامتصاص | 41 |
| 1-6 الامتصاص في الأقمشة الممزوجة | 43 |
| 1-6-1-امتصاص الأقمشة للسائل | 44 |
| 1-7 الامتصاص في أقمشة البوليستر | 49 |
| 1-7-1 العوامل المؤثرة على امتصاص البوليستر | 51 |
| 1-7-2 نتائج اختبار الامتصاص العمودي | 55 |
| 1-7-3 تحليل قابلية الابتلال لأقمشة البوليستر | 59 |
| الفصل الثاني: الطباعة النافثة للحبر على القماش | 62 |
| 2-1 تمهيد | 62 |
| 2-2 عملية الطباعة | 65 |
| 2-3 انتشار الحبر النفاث على الخيوط | 68 |
| 2-4 طباعة خطوط على الأقمشة | 71 |
| 2-5 العلاقة بين جودة الطباعة وامتصاص خيط الغزل وانتشار القطرة | 74 |
| الفصل الثالث: الجدوى الاقتصادية | 76 |
| 3-1 تمهيد | 76 |
| 3-2 الطباعة الرقمية النافثة للحبر | 76 |
| 3-3 الطباعة التقليدية بالشبلونات | 78 |
| 3-4 مقارنة بين الطباعة التقليدية والطباعة النافثة | 80 |

| | |
|---|---|
| الفصل الرابع: القسم العملي | 82 |
| 4.1 تمهيد | 82 |
| 4-2 المواد المستخدمة | 82 |
| 4-3 الاجراءات التجريبية | 83 |
| 4-3-1 الحسابات التقنية لعينات النسيج. | 83 |
| 4-3-2 التجارب العلمية | 91 |
| 4-3-3 مناقشة نتائج التجربة | 94 |
| 4-3-3-1 مرحلة انتشار القطرات | 94 |
| 4-3-3-2 المرحلة الثانية الانتشار العمودي | 100 |
| 4-3-3-3 المرحلة الثالثة الطباعة | 101 |
| 5-الفصل الخامس : النتائج والمناقشة والمقترحات | 108 |
| 5-1 النتائج والمناقشة | 108 |
| 5-2 المقترحات | 111 |
| 5-3 التوصيات | 111 |
| المراجع العلمية | 112 |

| قائمة الأشكال | List Figures | الصفحة |
|---|---|---|


| | |
|---|---|
| الشكل(1-1) : ارتفاع معدل الامتصاص في الخيط غير المبروم.[4] | 22 |
| الشكل (2-1): النموذج الذي افترضه Wiener وآخرون. [14] | 23 |
| الشكل (3-1): نتائج الدراسات التجريبية على الخيوط المبرومة. | 27 |
| الشكل (4-1) منحنى نموذجي للقوة مقابل الوقت خلال اختبارات الامتصاص.[16] | 30 |
| الشكل(5-1): متوسط (●)ومساحات المسام الفعالة(▲) في الأنسجة [2]. | 32 |
| الشكل (6-1): سطح العينات القطنية | 36 |
| الشكل (7-1): الرسم التخطيطي لجهاز الإختبار | 37 |
| الشكل (8-1): يبين العلاقة بين الزمن ومربع معدل الامتصاص | 39 |
| الشكل (9-1): نسبة الإمتصاص للقماش القطني في اتجاه الحدف والسداء | 40 |
| الشكل (10-1): العلاقة بين كتلة السائل ومعدل الامتصاص | 42 |
| الشكل (11-1): العلاقة بين الزمن والكتلة بالنسبة للسداء والحدف | 42 |
| الشكل (12-1): العلاقة بين السائل وطول القماش. | 44 |
| الشكل (13-1): التوزيع الإنحداري للسائل ضمن القماش.[20] | 45 |
| الشكل (14-1): القياسات النموذجية لأقمشة قطنية 100%. | 46 |
| الشكل (15-1): العلاقة بن نسبة سائل /قماش مع الأقمشة الممزوجة.[20] | 47 |
| الشكل(16-1) : زاوية التماس للأقمشة الممزوجة.[20] | 48 |
| الشكل (17-1): منحنيات الامتصاص العمودي باتجاه خيوط السدى. | 53 |
| الشكل (18-1): منحنيات الامتصاص العمودية باتجاه اللحمة. | 53 |
| الشكل(19-1): مُقارنة للامتصاص العمودي للأقمشة باتجاه خيوط السداء.[19] | 54 |

| | |
|---|---|
| الشكل (20-1): مُقارنة للامتصاص العمودي للأقمشة باتجاه خيوط اللحمة.[19] | 54 |
| الشكل (21-1): منحنيات نقل الامتصاص | 57 |
| الشكل(22-1): العلاقة بين كثافة اللحمة ونقل الامتصاص في الدقيقة[15] | 58 |
| الشكل (23-1): مشاهد للقطرة: بعد 90 ثانية على البوليستر. | 60 |
| الشكل(24-1): صور أقمشة البوليستر تم التقاطها بمجهر DZ3-video. | 61 |
| الشكل (25-2): طابعة Dimatix للحبر النفاث | 65 |
| الشكل (26-2): عينات النسيج (a) الخيط الشريطيPET. | 67 |
| الشكل(27-2): انتشار القطرة على خيوط الغزل( a) خيط (PET) الشريطي | 69 |
| الشكل(28-2): انتشار القطرة في ورقة إبسون وخيوط الغزل. | 71 |
| الشكل (29-2): صور مجهرية للخطوط على( a) ورق (b) نسيج قطني. | 72 |
| الشكل (30-2): تأثير البرم على انتشار القطرة وعرض الخط، الامتصاص . | 73 |
| الشكل (31-3): مقارنة بين الطباعة النافثة والطباعة التقليدية | 81 |
| الشكل (32-4): العينة الاولى: (الصنف 2411) | 84 |
| الشكل (33-4): التركيب النسيجي سادة 1/1 | 84 |
| الشكل (34-4): العينة الثانية: (الصنف 1943) | 86 |
| الشكل (35-4): التركيب النسيجي مبرد 1/2 | 87 |
| الشكل (36-4) العينة الثالثة: (الصنف 2413) | 89 |
| الشكل (37-4)التركيب النسيجي سادة 1/1 | 89 |
| الشكل (38-4): صور القطع النسيجية بعد تجربة القطرات. | 92 |
| الشكل (39-4): تجربة الانتشار العمودي | 93 |

| | |
|---|---|
| الشكل (4-40): طباعة خطوط وحروف باستخدام حبر بيغمنت pigment | 93 |
| الشكل (4-41): طباعة حروف وخطوط بحبر سبليميشن sublimation | 94 |
| الشكل (4-42): صور لعينات السادة بعد انتشار القطرات | 95 |
| الشكل(4-43): معدل انتشار الحبر مع الزمن | 95 |
| الشكل (4-44): صور لعينات المبرد والسادة بعد انتشار القطرة. | 96 |
| الشكل (4-45): معدل انتشار الحبر مع الزمن. | 97 |
| الشكل (4-46): صور لعينات معالجة بالألجينات وعينات معالجة بالبفر. | 98 |
| الشكل (4-47): صور العينات المعالجة وغير معالجة باستخدام حبر جامكو. | 99 |
| الشكل (4-48): معدل الامتصاص العمودي للعينات. | 100 |
| الشكل (4-49): جهاز اختبار الاحتكاك. | 101 |
| الشكل (4-50): المقياس الرمادي لاختبار ثباتية الألوان. | 102 |

| الصفحة | List of Tables | قائمة الجداول |
|---|---|---|
| 36 | الجدول (1-1): مواصفات القماش القطني.[26] | |
| 43 | الجدول (2-1): خصائص العينات السابقة.[19] | |
| 51 | الجدول( 3-1): خصائص عينات النسيج.[26] | |
| 67 | الجدول( 4-2): وصف عينات النسيج.[26] | |
| 72 | الجدول (5-2): متوسط عرض الخط في Epson Paper and Fabrics | |
| 75 | الجدول (6-2): مسافة انتشار و امتصاص القطرة في خيوط الغزل والأقمشة | |
| 91 | الجدول (7-4): نتائج الحسابات التقنية للعينات | |
| 102 | الجدول (8-4) نتائج اختبار الاحتكاك لحبر بيغمنت | |
| 102 | الجدول (9-4) نتائج اختبار الاحتكاك لحبر سبليميشن | |
| 104 | الجدول (10-4): توصيف تغير اللون للعينة المصبوغة | |
| 104 | الجدول (11-4): توصيف تلطيخ العينة البيضاء المجاورة للعينة المصبوغة | |
| 105 | الجدول (12-4): نتائج اختبار الغسيل لعينات حبر بيغمنت | |
| 105 | الجدول (13-4): نتائج اختبار الغسيل لعينات حبر سبليميشن | |
| 106 | الجدول (14-4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر بيغمنت | |
| 106 | الجدول (15-4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر سبليميشن | |

# أثر بنية ومواصفات القماش في تحسين كفاءة الطباعة النافثة

## الملخص


يهدف هذا البحث إلى تحديد أفضل أنواع الأقمشة النسيجية المناسبة للطباعة النافثة للحبر ودراسة سلوك امتصاص قطرات الحبر بنوعين مختلفين ضمن البنية النسيجية.

الهدف من هذه الدراسة هو معرفة تأثير بارامترات النسيج (معامل امتلاء، معامل تغطية، نمرة الخيوط، تركيب نسيجي) على تدفق الحبر وانتشاره ضمن النسيج وبالتالي تحسين كفاءة الطباعة النافثة. وتكمن أهمية هذا البحث من خلال تجاوز الإشكاليات والمشاكل الموجودة في عملية الطباعة التقليدية الشبلونات وإيجاد حل باستخدام الطباعة النافثة للحبر لما توفره من انتاجية عالية وجودة أفضل وسرعة تسليم المنتج.

تم خلال البحث اختيار عينات من القماش المنسوج من شركة الدبس وكانت هذه العينات مقسومة لعينات مختلفة التركيب النسيجي، وعينات نفس التركيب النسيجي ولكن تختلف بالبارامترات واختيار نوعين من الحبر ودراسة سلوك انتشار قطرات الحبر على العينات قبل وبعد معالجتها بمواد كيميائية ودراسة امتصاص القماش للحبر بواسطة الانتشار العمودي، وتم إجراء عملية طباعة على العينات والقيام باختبارات الغسيل والاحتكاك للتأكد من ثباتية الألوان وبعد الحصول على النتائج بواسطة صور مجهرية تمت مقارنتها مع المواصفات القياسية السورية لتغير الألوان والتلطيخ. وخلصت الدراسة الى أن عينة القماش ذو التركيب السادة أكثر امتصاصاً للحبر بالنوعين من عينة المبرد وعينة السادة ذات معامل الامتلاء والتغطية الأكبر هي أكثر انتشاراً وامتصاصاً للحبر، والعينات المعالجة بمحلول البفر يزيد امتصاصها للحبر والعينات المعالجة بمحلول ألجينات الصوديوم يزيد تركيز الحبر فيها.



الكلمات المفتاحية: طباعة نافثة، معامل التغطية والامتلاء، امتصاص، تركيب نسيجي.

## المقدمة:

تلعب الأقمشة النسيجية دورًا مهمًا في الحياة اليومية لكل إنسان، ولا تُستخدم فقط كمواد لصناعة للملابس ولكن أيضًا في العديد من الاستخدامات كصناعة ستر النجاة ومجموعة من التطبيقات الصناعية.

تحدد قابلية تطبيقها للعديد من الاستخدامات النهائية من خلال خصائص نقل السائل الخاصة بها. تم تطوير العديد من التقنيات واستخدامها لتوصيف ومقارنة خصائص نقل السائل لهياكل النسيج. على الرغم من إجراء دراسات نقل السائل على أنواع مختلفة من الأنسجة، لم يتم استكشاف تأثير السمات الهيكلية للنسيج بالكامل. غالبًا ما يتم التغاضي عن ظاهرة هجرة السائل من خيط غزل إلى آخر والعودة إلى خيط الغزل الأول أثناء الامتصاص، على الرغم من الاعتقاد بأنه جزء مهم من عملية الامتصاص في الأقمشة. لذلك فإن الهدف الرئيسي من هذا البحث هو فهم تأثير بنية النسيج وهجرة السائل من خيط غزل إلى آخر على السلوك العام لنقل السائل للأنسجة.

تطورت تكنولوجيا الطباعة النفاثة للحبر بسرعة في العقد الماضي، وهي الآن تقنية راسخة لطباعة الأقمشة النسيجية. يتضمن نظام الطباعة بالحبر النفاث بشكل أساسي توصيل الحبر إلى وسيط في شكل قطرات صغيرة. من بين الأحبار المختلفة، أصبح الحبر الصباغ أكثر شيوعًا، وذلك بسبب قدرته على إعطاء ظلال أكمل وأكثر إشراقًا دون الحاجة إلى أي معالجة مسبقة. يتم تطبيق الحبر الصباغ مباشرة على النسيج ومن ثم يتم علاج الحبر من خلال تطبيق الهواء الساخن أوالعلاج بالأشعة فوق البنفسجية. ونظرًا لعدم وجود معالجة مسبقة للنسيج المُتضمن، يمكن أن تعتمد جودة الطباعة لأحبار الصباغ بشكل كبير على بنية النسيج. كيف تؤثر متغيرات بنية النسيج على انتشار قطرات الحبر وكيف يتم البحث بالضبط عن تأثير جودة الطباعة في هذا البحث. تمت دراسة انتشار القطرات على الأقمشة المختلفة تحت المجهر والتحقيق في العلاقة بين سلوك الانتشار وجودة الطباعة بواسطة خطوط الطباعة على الأقمشة.

علاوة على ذلك، جرت محاولة لربط جودة الخطوط المطبوعة على الأقمشة بسلوك الامتصاص المُلاحظ من خزان غير محدود وأيضًا إلى سلوك انتشار القطرة الملاحظ.

ويرد استعراض الدراسات التي أجراها مختلف الباحثين على نقل السائل عبر الخيوط والأقمشة في الفصل الأول، بالإضافة لمراجعة شاملة للنظرية الشعرية للامتصاص وتدفق السائل تحديد مواصفات الأقمشة وعمليه امتصاص الحبر من قبل أقمشة قطنية /بوليستر /ممزوج في الفصل الثاني وتتم مراجعة تكنولوجيا الطباعة بالحبر النفاث ونتائج دراسات الطباعة السابقة على الأقمشة النسيجية في الفصل الثالث، ويرد وصف الخطة التجريبية في الفصل الرابع، وتم مقارنة بين الطباعة التقليدية والنافثة ودراسة الجدوى الاقتصادية في الفصل الخامس، ترد مناقشة نتائج الأطروحة والدراسة المستقبلية في الفصل السادس.

## مشكلة البحث:

بسبب اختلاف المادة الأولية للأقمشة حيث تتنوع ما بين بوليستر أو قطن أو مزيج منهما وهذا التنوع يؤثر على قابلية الأقمشة لامتصاص الحبر وهذه الاقمشة لديها حجم مسامات مختلفة فتتأثر عملية تدفق الحبر ضمن القماش وبالتالي كفاءة الطباعة تتغير.

تتلخص الفائدة من هذه الدراسة بإيجاد أفضل الانواع من الأقمشة التي تناسب هذه الطباعة بالاعتماد على خصائص الأقمشة التي تجعل كفاءتها عالية من خلال انتشار الحبر ضمن المنسوجات المختلفة

## مبررات البحث:

- ❖ قلة الدراسات المحلية التي تبحث تأثير مواصفات القماش للحصول على طباعة نافثة بكفاءة أعلى.
- ❖ مرحلة إعادة الاعمار التي تمر بها سوريا واعادة تأهيل منشأة الغزل والنسيج يستوجب التفكير باستخدام التكنولوجيا الحديثة بمجال الطباعة وخاصة النافثة للحبر لما لها دور في اعطاء منتج بجودة.

## فرضيات البحث:

- ❖ مقارنة أثر خصائص المنسوجات ( تركيب، بنية، حجم الخيط، نوع المعالجات المسبقة ، مادة أولية) على انتشار قطرة الحبر وبالتالي كفاءة الطباعة النافثة.
- ❖ مراقبة قابلية امتصاص المنسوجات للسائل من خلال (مراقبة مباشرة، باستخدام كاميرا، صور مجهرية ).
- ❖ دراسة تدفق قطرات الحبر على سطح القماش التي تؤثر على جودة الطباعة (نمرة، سماكة، مسامية، الامتصاص).

## أهداف البحث:

- تحديد البارامترات الرئيسية المؤثرة على عملية تدفق الحبر وانتشاره ضمن الخيوط والاقمشة وذلك لإنتاج أقمشة مطبوعة بكفاءة عالية.
- الحصول على طباعة بجودة عالية من حيث ( اللون والظل والملمس ) وتساهم في تطوير عملية الطباعة في صناعاتنا النسيجية لتحقيق الغايات المطلوبة للأقمشة المطبوعة.

## أهمية البحث:

- أغلب الدراسات التي تجري في مجال الطباعة تتم على الحبر أو الصباغ ولكن هذه الدراسة ستعتمد على مواصفات الأقمشة ( نمرة، سماكة، نوع الخيوط، معامل تغطية، معامل امتلاء) وتأثيرها على تدفق الحبر وانتشاره ضمنها وبالتالي تحسين كفاءة الطباعة النافثة.
- تجاوز العوائق الموجودة في عملية الطباعة بالشبلونات وايجاد حل باستخدام الطباعة النافثة للحبر لما توفره من انتاجية وجودة وسرعة تسليم المنتج.

## الفصل الأول: الدراسات المرجعية

### 1-1 تمهيد

اللباس المريح له جوانب فيزلوجية وحسية ونفسية، تشمل العوامل الفيزيائية الحرارية التبادل الحراري داخل الملابس ونفاذية الهواء ونقل وتبخر الرطوبة، يجب أن يُنقل السائل الموجود على سطح الجسم أوعلى الطبقة الداخلية من الملابس إلى الطبقة الخارجية من أجل الحفاظ على طبقات الجلد وجعل السائل يتبخر من الطبقة الخارجية إلى البيئة وإلا فإنه يخلق إحساس بالرطوبة ويمكنه أيضاً أن يخفض حرارة الجسم و أن يُسبب التعب للناس يتأثر اللباس المُريح بقدرة مادة الملابس على نقل بخار الرطوبة والجفاف بسرعة وخاصةً عندما تؤخذ ظروف التعرق بعين الاعتبار، ويتضمن نقل السائل عمليتين متسلسلتين: الترطيب و من ثم الامتصاص.

تُعد دراسة حركية نقل السائل عبر الأقمشة مهمة ليس فقط من ناحية أداء الاستخدام النهائي للأقمشة في الملابس اليومية وخصوصاً منتجات الملابس ذو الاستخدامات الهندسية، ولكن أيضًا للمحافظة على الفعالية والمتطلبات العملية للعمليات الرطبة المتعددة التنظيف، إزالة التنشية، التبييض، الصباغة، التشطيب، الخ.

يتأثر معدل امتصاص الخيوط والأقمشة القطنية للسوائل بطبيعة وحجم الشعيرات الصغيرة الموجودة في المنسوجات، ويسمى انتقال السائل الذي يحدث من خلال الشعيرات بالامتصاص. في عملية الامتصاص، يتم نقل الماء بسبب الشعيرات الموجودة في الأقمشة وتخزينها في الشعيرات التي تتشكل بين الألياف وخيوط الغزل. وبالتالي فإن القوى الدافعة الرئيسية المسؤولة عن حركة السائل في بنية النسيج هي القوى التي تنشأ من التوتر السطحي.

إن رطوبة السائل وقدرته على الاحتفاظ ضمن المواد الليفية هي أمور مهمة لعملية الامتصاص والمظهر الأساسي المسامي لتحديد كمية التفاعل قماش سائل ليس مسألة بسيطة بسبب الصعوبة في البنى الليفية المعقدة المميزة وبسبب التفاعل قماش سائل.

## 2-1 انتقال السائل في الخيوط والأقمشة القطنية

طُورت نظرية التدفق السائل في الشعيرات الضيقة والمغلقة والمستمرة بشكل جيد، تخضع القوى الشعرية لخصائص السائل، زاوية التبلل والهيئات الهندسية لهياكل المسام. للحصول على شعيرات مثالية، الضغط الشعري(p)، وبسبب ذلك يحدث انتقال للسائل داخل الشعيرات، وهو عبارة عن وظيفة للشد السطحي للسائل وتعطى قوته بواسطة معادلة لابلاس (المعادلة 1).

$$P = \frac{2 \times \gamma \times \cos\theta}{r_i} \qquad (١)$$

P: الضغط الشعري(pa).

$R_i$: نصف قطر المسام(cm).

Y: الشد السطحي($n.m^{-1}$).

Ø زاوية الاتصال(d).

إذا كان الضغط الشعري (P) أكبر من ضغط عمود السائل داخل الشعيرات، فسيتم دفع السائل للأعلى بسبب صافي القوة الإيجابية .يكون ضغط عمود سائل داخل الشعرة هو $p_{Lgh}$. يرتفع السائل إلى أن يصبح كلا الضغطين متساويين، وعندها تصبح القوة الصافية التي تدفع السائل صفراً .يُطلق على ارتفاع العمود السائل في هذا الموضع توازن ارتفاع الامتصاص ($L_{eq}$) ويمكن التعبير عنه بالمعادلة التالية،

$$L_{eq} = \frac{2 \times \gamma \times \cos\theta}{r_i \times g \times \rho_L} \qquad (2)$$

حيث أن:

$P_L$ هي كثافة السائل.

g التسارع الناتج عن الجاذبية.

h ارتفاع السائل داخل الشعيرة

وفقاً للنظرية الكلاسيكية للشعيرة، يُعطى معدل ارتفاع السائل في أنبوب شعري أسطواني عمودي بواسطة المعادلة التالية التي طورها واشبورن [3]. تصف هذه المعادلة حركية السائل في شعيرة مثالية. غالبًا ما يتم التحقيق في حركية الامتصاص في الهياكل النسيجية مثل الخيوط والأقمشة عن طريق ملائمة البيانات التجريبية لمعادلة لوكاس واشبورن الشهيرة. عندما يتم إهمال تأثير الثقل، بقيم منخفضة لـ t وعندما يكون ارتفاع صعود السائل (L) أصغر بكثير من $L_{eq}$، يتم إعطاء معادلة Lucas–Washburn بواسطة.

(3)

$$L = \sqrt{\frac{ri*y*cos0}{2*n} * t^{0.5}} = k * t^{0.5}$$

إذ أن:

n: هي لزوجة السائل.

K: معدل الامتصاص ويتم تحديدها عن طريق ملائمة المعطيات التجريبية في المعادلة (3).

تشكل نظرية الشعيرات التي تم مناقشتها أعلاه قاعدة أساسية لدراسات نقل السائل في هياكل النسيج حيث أن هياكل النسيج تشتمل أيضًا على عدد كبير من الشعيرات التي هي تشكلت بسبب المساحات بين الألياف وخيوط الغزل. ومع ذلك، فإن هذه الشعيرات

مسامية وغير مستمرة ومتصلة بطريقة معقدة للغاية. تمت دراسة نقل السائل في هياكل النسيج بعدة طرق.

تستند هذه الطرق إلى ثلاثة أنماط من التبلل:

1- الانغماس التام للعينة داخل السائل.

- حيث يتم قياس الوقت اللازم لعينة لكي تنغمس بالكامل داخل السائل.

2 - امتصاص السائل من خزان غير محدود.

- حيث يتم غمر أحد طرفي خيط الغزل أو شريط النسيج بسائل ويتم قياس وزن أو ارتفاع السائل الذي يتم امتصاصه في النسيج.

3 - امتصاص كمية سائل محدودة، مثل قطرة من سائل

- حيثُ يتم قياس إما الوقت اللازم لامتصاص النسيج للقطرة أو المساحة التي غطتها القطرة المنتشرة.

الطريقة الأولى، على الرغم من بساطتها وسرعتها، نادراً ما تستخدم لأغراض بحثية، لأنها تعطي معلومات محدودة للغاية حول بنية المسام وحركية عملية الامتصاص. استخدمت الطريقتين الأخريين على نطاق واسع من قبل الأبحاث حيث أنها توفر المعلومات ذات الصلة وتحاكي عملية نشر العديد من العمليات الصناعية. تم تلخيص نتائج هذه الدراسات على الخيوط والأقمشة في الأقسام التالية.

## 1-3 الامتصاص من كمية غير محدودة من السائل

### 1-3-1 الامتصاص في الخيوط

تم إجراء العديد من الدراسات الأساسية حول نقل السائل عبر الخيط من خزان غير محدود[3]. استخدم الباحثون تقنيات مختلفة لتحليل تدفق السائل عبر الخيوط. تتكون

التقنية الشائعة الاستخدام من مراقبة وقياس الجبهة السائلة عندما يتدفق السائل في خيط مثبت رأسياً أو أفقياً وغمس أحد طرفيه بكمية غير محددة من السائل[4].

في الإصدارات المتقدمة من هذه التقنية، يتم قياس التدفق السائل عن طريق تحليل الصور التي التقطت أثناء الارتفاع الشعري للسائل الملون في الخيوط [5]. هناك طريقة أخرى تتمثل في إعداد أجهزة استشعار حساسة للسوائل بانتظام على طول مقطع الخيط .

في التقنية الأخيرة، يمكن قياس تباين وزن السائل في الخيط أو القوة التي يمارسها السائل على الخيط بميزان إلكتروني حساس. Bayramli وآخرون [9,10] استخدمو الألياف الزجاجية المغلفة بطرق مختلفة، وبالتالي يمكن قياس التدفق الشعري المحوري.

ومع ذلك، فإن هذه التقنية حساسة للغاية في استخدامها مع خيوط ألياف القطن المغزولة، بسبب الطبيعة المرنة للخيوط وأيضًا نظرًا لحقيقة أن قوة التبليل يمكن أن تتجاوز تأثيرات القوى الشعرية.

يكون استخدام هذه الطريقة أكثر صعوبة في حالة الخيوط المنسوجة لأنها تظهر ميلًا إلى الارتداد. أظهرت جميع الدراسات المذكورة أعلاه أن امتصاص السائل في الخيوط يتبع معادلة Lucas–Washburn (المعادلة 3)[5].

غالبًا ما يتم ربط البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها باستخدام الطرق المذكورة أعلاه بالمعادلة (3) لتحديد معامل الامتصاص. يمكن أيضًا تحديد نصف قطر الشعيرات إذا كانت خصائص السائل (الشد السطحي، اللزوجة وزاوية الاتصال لزوجي السائل–الصلب) معروفة.

قامت مجموعة صغيرة من الباحثين بدراسة نقل السائل من خلال خيوط ذات هندسة مقطعية معقدة [11,12]، تنشأ أشكال هندسية غير عادية ومعقدة بسبب استخدام ألياف ثلاثية أو مربعة أو بيضاوية الشكل أو متقاطعة في الخيوط بدلاً من الألياف المستديرة الشكلية المعتادة .

قام Zhang وزملاؤه [11] بصياغة تدفق السائل في الخيوط التي تتكون من ألياف مستديرة ومربعة وثلاثية الشكل ومتقاطعة باستخدام نموذج Reed–Wilson المتكامل ومحاكاة رياضية لحزمة الألياف على شكل (MFB). حددوا الوسائط مثل عدد الشعيرات ومتوسط نصف قطر الشعيرات من خلال تحليل الصور المقطعية المستعرضة من حزمة الألياف الضوئية المحاكاة من (MFB).

لاحظ الباحثون أعلى معدل أولي للامتصاص في حالة الألياف المتقاطعة متبوعة بألياف مزدوجة متقاطعة ومربعة مستديرة، ولوحظ أعلى إرتفاع في التوازن في حالة الألياف المتقاطعة، تليها ألياف مزدوجة متقاطعة، مستديرة، مثلثة ومربعة الشكل.

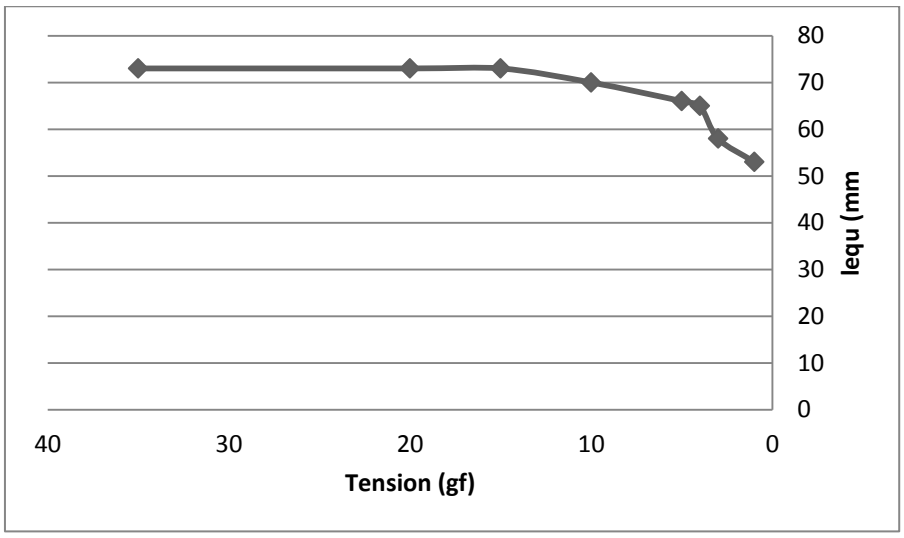
في دراسة مماثلة، قام Rajagopala [12] بصياغة خيوط لها ألياف دائرية وبيضاوية في Polyflow استخدموا نماذجهم لفهم تأثير الوسائط الهندسية والبارامترات على نقل السائل.

تنبأت نماذجهم أنه مع زيادة عدم استدارة الشعيرة، أوتناقص المساحة الفارغة بين الشعيرات، يزداد الحد الأقصى لارتفاع السائل مع انخفاض معدل الامتصاص الأولي.

بالنسبة للخيوط الشريطية الغير مبرومة، ثبت أن معدل الامتصاص وإرتفاع توازن الإمتصاص يعتمد على كثافة التعبئة.

يكون نصف قطر الشعيرات الفعال أقل عندما تكون كثافة التعبئة أعلى. تتغير كثافة التعبئة مع الشد المطبق على خيط الغزل.

لاحظ Liu et all تأثير الشد على ارتفاع معدل الامتصاص في دراستهم لتأثير البرم على الامتصاص، لاحظوا أنه في البداية، زاد ارتفاع الامتصاص بسرعة مع الشد ثم أصبح ثابتًا الشكل(1–1). في بعض مستويات الشد، بلغت الخيوط كثافة التعبئة القصوى التي ظلت ثابتة عند إضافة المزيد من الشد، لاحظ Noyni وBrook [4] أيضًا اتجاهات مماثلة في أبحاثهم.



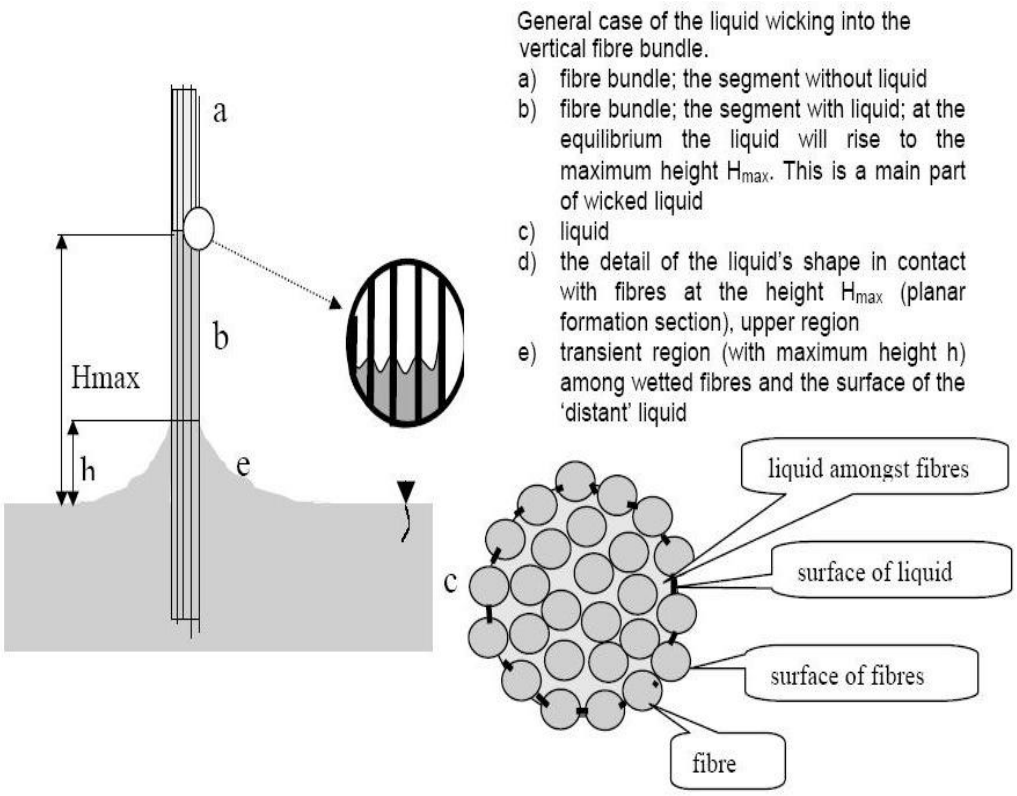

**الشكل(1−1) : ارتفاع معدل الامتصاص في الخيط الغير مبروم كدالة للشد المطبق على الخيط الغزل.[4]**

في حين تم إجراء معظم الأبحاث لفهم حركية نقل السائل عبر خيط الغزل أوالأنسجة، إلا أن هناك بعض الدراسات المخصصة لصياغة ارتفاع معدل الامتصاص، تجد هذه الدراسات أن طول مدة التوازن أمر مهم في العديد من التطبيقات من الناحية العملية.

اقترح وينر وزملاؤه [14] نموذجًا يستند إلى الوصف المبسط لهيكل الخيوط كما هو موضح في الشكل (2−1).

اتخذ هذا النموذج خيوط مستمرة غير مبرومة، بالإضافة إلى معايير أخرى معتادة، مثل عدد الألياف في المقطع العرضي في الحزمة وكثافة التعبئة.

في حالة التوازن، يتم تعويض قوة الثقل بواسطة القوة البينية الناتجة. على أساس هذا البحث والافتراضات المذكورة، وضحَ المؤلفون[14] الحد الأقصى لارتفاع لامتصاص بالمعادلة التالية (المعادلة 4).




**الشكل (2−1): النموذج الذي افترضه Wiener وآخرون. [14]**

**الحالة العامة للسائل الممتص في حزمة الألياف الرأسية.**

**a) حزمة الألياف: المقطع دون السائل.**

**b) حزمة الألياف: المقطع مع السائل: في التوازن سيرتفع السائل إلى أقصى معدل ارتفاع H max. هذا هو الجزء الرئيسي من السائل الممتص.**

**c) السائل.**

**d) تفاصيل شكل السائل عند ملامسته للألياف في ارتفاع H max. (المقطع الشكلي المسطح) ، المنطقة العليا**

**e) المنطقة العابرة (بحد أقصى للارتفاع H) بين الألياف المبللة وسطح السائل البعيد**

$$H_{MAX} = \frac{\sigma \times \cos(\emptyset) \times 2 \times \mu - \left[\frac{2}{100} \times \sigma_{LG} \times \sqrt{\frac{\mu}{N}}\right] \times (Q \times \cos(\theta) + P)}{R_y \times (1-\mu) \times g \times \rho} \qquad (4)$$

حيثُ أن:

$H_{max}$ – ارتفاع توازن الامتصاص (cm)

N – عدد الألياف في الحزمة

$R_V$ – نصف قطر الألياف ، (cm)

P – نسبة السائل من سطح الحزمة ، (٪)

Q – نسبة الألياف غير المبللة من سطح الحزمة ، (٪)

μ – الامتلاء

P– كثافة السائل ، ($kg.m^{-3}$)

$\mathbf{Q}_{LG}$– الشد السطحي بين الهواء والسائل ($n.m^{-1}$)

Ø– زاوية الاتصال

في دراسة أخرى طور ليو وآخرون[13] نموذجًا للامتصاص في الخيوط المبرومة باستخدام منهجية قوة الانتشار وآلية اختراق الشعيرة.

يمكن التعبير عن القوة الشعرية $F_c$ من حيث القوة التصاعدية $F_{cu}$ الناتجة عن التفاعل بين السائل والألياف، والقوة الهابطة $f_{cd}$ التي تنشأ بسبب السطح المقعر الفاصل بين السائل والغاز كما هو مبين في المعادلة (5). القوة الهابطة $F_{cd}$ تساوي $P_1Y$ حيث $P_1$ هو محيط الخيط و Y هو الشد السطحي للسائل.

$$F_c = F_{cu} - F_{cd} = F_{cu} - P_1\gamma \qquad (5)$$

علاوة على ذلك، طور المؤلفون معادلة تحليلية لعنصر القوة $F_{CU}$

$$\boldsymbol{Fcu = \frac{4\pi\varphi Hy}{\rho frf} \int_0^{ry} \frac{r\,cos(\vartheta a + \alpha)}{\sqrt{H\text{^}2 + 4\pi^2 + r\text{^}2}}\,dr} \qquad (6)$$

حيث أن: Ø عامل التعبئة (نسبة الترابط) للألياف في الخيط، r هو نصف قطر المسار الحلزوني للألياف، H هو طول اللحمة من اللولب لمسار الألياف، f تعبر عن كثافة

الألياف، Ø وهي بزاوية الاتصال بين السائل والألياف، rf هو متوسط نصف قطر الألياف، Lf هو طول الألياف، ry هو نصف قطر الخيط و a تعطى بالمعادلة التالية:

$$\alpha = \mathbf{arc\,cos}\left(\frac{\mathbf{H}}{\sqrt{\mathbf{4\pi^2 r^2 + H}}}\right) \qquad (7)$$

يُمكن حساب $L_{equ}$ بالمعادلة التالية

$$\boldsymbol{L_{egu}} = \frac{\boldsymbol{F_e}}{\boldsymbol{\rho 1 g^A}} \qquad (8)$$

حيث $p_1$ تمثل كثافة السائل، g تسارع و A المساحة المتاحة لتدفق السائل في المقطع العرضي للخيط. أعرب المؤلفون كذلك عن وقت الامتصاص (t) كدالة لطول الارتفاع الشعري في الخيوط، وطول معدل الامتصاص والوسائط التي تعتمد على خيط الغزل المبروم والمعامل كما هو مبين في المعادلة (9).

$$\boldsymbol{t = N\left(L_{egu} ln \frac{L_{egu}}{L_{egu_L} - L} - L\right)} \qquad (9)$$

$$\boldsymbol{N = \frac{\lambda K}{\rho 1 g^A}} \qquad (10)$$

حيث أن: L هو ارتفاع الشُعيرة.

k عامل احتكاك.

λمعامل برم.

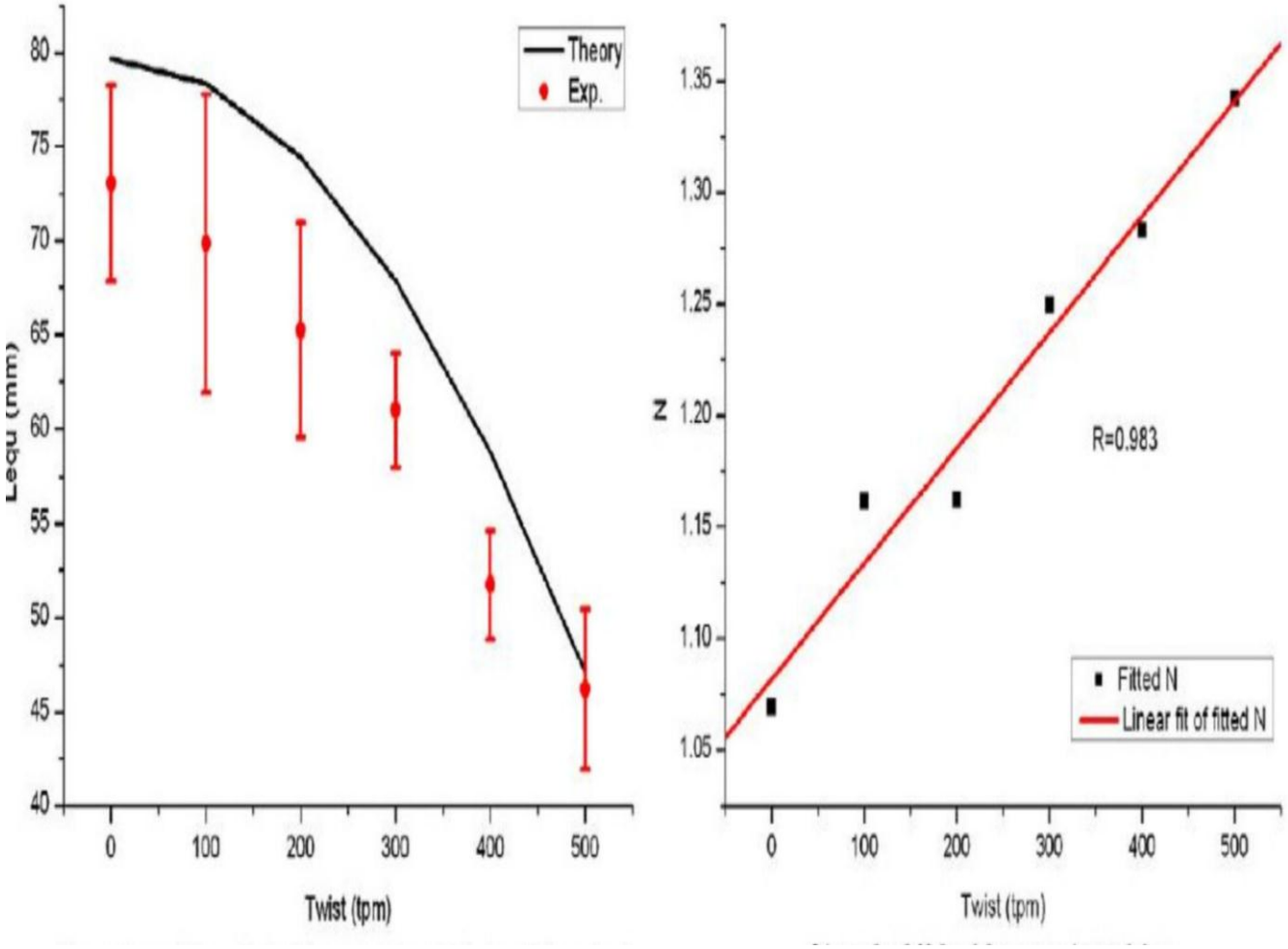
كما يمكن ملاحظته في الشكل (3–1) (a) قيم طول التوازن المحسوبة باستخدام المعادلة (8) للخيوط ذات مستويات برم مختلف تتوافق بشكل جيد مع النتائج التجريبية.

عزا المؤلفون التناقضات في النتائج عند مستويات برم منخفضة إلى انحراف تعبئة الألياف عن الألياف ذات المسامية المثالية للتعبئة.

من المحتمل أن يكون هناك توافق جيد بين النتائج النظرية والتجريبية في مستويات البرم العالية لأن الخيوط تحقق بالفعل هندسة تعبئة مثالية في مستويات البرم العالية.

في الدراسات الحركية لنقل السائل في خيوط مبرومة، لاحظ المؤلفون أن المعامل N تتفاوت خطيًا مع مستوى البرم (الشكل (3–1) (b).

وبالتالي، من النموذج الخطي يمكن التنبؤ بـ N من قيمة مستوى البرم المعروفة وبمساعدة $L_{equ}$ المحسوبة، يمكن التنبؤ بديناميكية نقل السائل في الخيوط المبرومة.




**الشكل (3-1): نتائج الدراسات التجريبية على الخيوط المبرومة ومقارنة بين الشد وارتفاع الشعيرة[13].**

## 1-3-2الامتصاص من كمية غير محددة من السائل

عادةً ما تتم دراسة امتصاص السوائل في الأنسجة من خزان غير محدود عن طريق غمر أحد أطراف شريط النسيج المعلق رأسياً في الحمام السائل. يمكن إجراء القياسات بطرق مختلفة، يمكن قياس ارتفاع السائل مع مرور الوقت يدويًا باستخدام مسطرة، أو باستخدام أجهزة استشعار كهربائية أو عن طريق تحليل الصور التي التقطت أثناء الامتصاص. بدلاً من ذلك، يمكن قياس الوزن الذي تمتصه الأقمشة مع مرور الوقت عن طريق موازين الوزن الجزئي الإلكترونية أو يمكن قياس القوة التي تمارس على الأقمشة بواسطة أجهزة قياس القوة الدقيقة.

في طريقة أخرى أبسط، يتم قياس ارتفاع أو وزن السائل في النسيج بعد وقت قياسي معين.

استخدمت دراسات الامتصاص على نطاق واسع لمقارنة خصائص قابلية التبلل والامتصاص لأنواع مختلفة من الأقمشة. صنعت الأقمشة من القطن والصوف والنايلون والبوليستر ومزيج منها[15].

تبين أن نقل المياه على طول الأقمشة يعتمد على قوانين الضغط الشعري.

- ✓ معدل نقل الماء في هذه الشعيرات قد انخفض بسرعة بسبب وجود ألياف مرتبة عشوائيًا في الخيط.
- ✓ ان اتجاه الألياف أهم من طبيعة مادة الألياف في الأقمشة المخلوطة، وتبين أيضًا أن معدل نقل الماء في مجموعة من الأنسجة المخلوطة من الصوف يمكن أن يرتبط جيدًا بخصائص المقاومة الحرارية الخاصة بهم، ويبدو أن كلاهما يعتمد على ترتيب الألياف الفردية في الأقمشة.
- ✓ أدى الترتيب العشوائي للألياف في الخيوط إلى أنسجة ينتقل خلالها الماء ببطء وتمتلك أيضًا زيادة في العزل الحراري في الحالة الرطبة.

استخدم Yoon and Buckley [15] اختبارات الامتصاص لمقارنة خصائص امتصاص أقمشة البوليستر/القطن، ولاحظوا أن معدل الامتصاص كان أعلى في الاتجاه العمودي عنه في الاتجاه الأفقي وانخفض المعدل في اتجاه وسيط ضمن هذين الحدين. لاحظوا تباينًا كبيرًا في سلوك الامتصاص حيث تفاوتت تركيبة الألياف في عينات النسيج.

وأظهرت عينات الأقمشة القطنية 100% والأقمشة الممزوجة 50/50 معدل امتصاص سريع للغاية وانخفض معدل الامتصاص بحدة مع زيادة محتوى البوليستر.

عند إجراء دراسات الامتصاص باستخدام توازن الوزن أو نموذج قوة الوزن، يمكن ملاحظة قوة الترطيب.

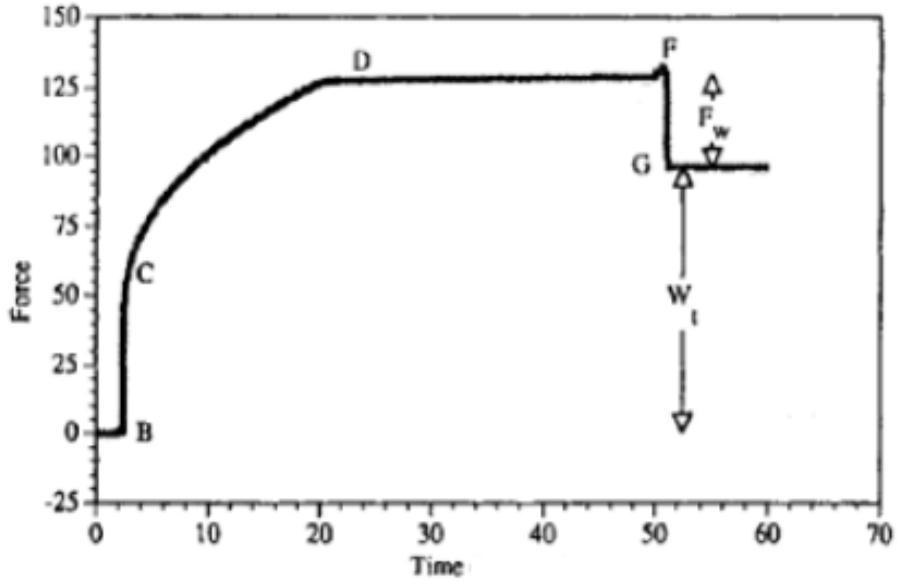
وفقًا لمبدأ Wilhelm، عندما يتم غمر مادة نسيجية جزئيًا في سائل، قوة الترطيب ($F_w$) المبذولة من السائل على المادة النسيجية تُعطى ب [2]:

$$F_w = P_s \times \gamma_{LV} \times \cos\theta \quad (11)$$

حيث أن: $P_s$ هو محيط المادة النسيجية على طول الحدود التي تمس السائل، $Y_{LV}$ هي التوتر السطحي للسائل، و Q هي زاوية الاتصال.

ويبين الشكل(4–1) منحنياً نموذجياً للقوة مقابل الوقت الذي تم الحصول عليه خلال تجارب الإمتصاص.

تشير النقطة B في الشكل إلى القوة الأولية التي تمارس على النسيج وهي صفر. بمجرد أن يلمس النسيج السائل، تزداد القوة فورًا من B إلى C والتي ترجع بشكل أساسي إلى الترطيب. القوة الناتجة عن الامتصاص أقل تأثيراً في هذه المرحلة. إلا أن الزيادة التدريجية في القوة من C إلى D ترجع إلى امتصاص السائل في النسيج بسبب قوى الشعيرات التي تغلب على القوى اللزوجة والثقل والمقاومة للقوى المتسارعة. عندما يصل النسيج إلى الحد الأقصى لسعة الامتصاص، تتم ملاحظة منطقة الحالة المستقرة (من D إلى E). خلال عملية الإزالة، لوحظت بعض الزيادة في القوة بسبب تأثيرات الطفو (النقطة F). بعد الإزالة الكاملة، تنخفض القوة إلى النقطة G التي تظل ثابتة Wاهو احتباس السائل الكلي في عينة معلقة عموديا.




**الشكل (4–1) منحنى نموذجي للقوة مقابل الوقت الذي حُقق عليه خلال اختبارات الامتصاص[15].**

كما أظهر Heish وزملاؤه [16] أن خصائص ترطيب الأقمشة لا تعتمد على البنية الخاصة بهم، أي طول النسيج وعرض النسيج وعمق السطح الفاصل بين السائل والنسيج واتجاه النسيج، وهذا يعتمد فقط على خصائص(الألياف) المادية.

هذا يعني أن قابلية التبلل لأي نسيج تكون مماثلة لقابلية التبلل للألياف المكونة لها وزوايا التبلل الخاصة بالسائل في الألياف والسائل في النسيج متطابقة. يعتمد الامتصاص من ناحية أخرى على وسائط النسيج، وخاصة الوسائط التي تؤثر على حجم المسام أو اتصال المسام. كما استخدم Patel and Lee [17] دراسات الامتصاص لدراسة تغلغل السائل. قاموا بالتجارب باستخدام طريقة توازن القوة المذكورة أعلاه. في دراستهم رصدوا الامتصاص العمودي للسائل في الألياف التركيبية كدالة للوقت، وسُجلت التغيرات في الوزن. قاموا بتصحيح الأوزان من أجل الطفو، وآثار التبلل. يُحصل على هذا التصحيح في نهاية الاختبار، عندما يكون وزن التجمع الليفي ثابتًا. ثم طُبق التصحيح على جميع الأوزان منذ بداية الاختبار. ثم حُولت قيم الوزن ($M_{wick}$) الصحيحة إلى ارتفاع العمود السائل ($H_{wick}$) بواسطة المعادلة:

$$h_{wick} = \frac{m_{wick}}{\rho_l \times A_{cs} \times \phi_f} \quad (12)$$

حيث $A_{cs}$ و $\varphi$ هما منطقة المقطع العرضي والمسامية للتجمع الليفي، على التوالي. تم حساب المسامية للتجمع الليفي باستخدام الوزن الكلي للسائل الممتص في التجمع الليفي في حالة مستقرة.

من قيم $H_{wick}$ حدد المؤلفون نفاذية الأنسجة عن طريق ملائمة البيانات لمعادلة Washburn. وجد الباحثون أن انخفاض الشد السطحي للمادة يُفضل حركيات التبلل والامتصاص.

على الرغم من أن المسامية المنخفضة للألياف أدت إلى ارتفاع الضغط الشعري، إلا أنها قللت من النفاذية. وبالتالي سيكون هناك مسامية مثالية تكون فيها معدلات التشريب التلقائي هي الأعلى.

وقد تم استخدام دراسات أخرى مهمة للامتصاص في تحديد خصائص المسامية، اتصال المسام وحجم المسام للأنسجة. Heish et all [6-7] اسُتخدمت دراسات الامتصاص لتحديد قدرة امتصاص السائل، المسامية، معدل امتصاص السائل ومتوسط أو مساحة المقطع العرضي للمسامية الفعال من الأقمشة القطنية والبوليستر. وقد أجريت الدراسة باستخدام تقنية توازن القوة.

قدرة امتصاص السائل ($C_L$) هي الوزن النهائي المسجل بواسطة التوازن الدقيق. باستخدام القيمة المعروفة لـ $C_L$ ، تم حساب قيم المسامية ($\varphi$) من قبل المؤلفين باستخدام المعادلة [2] [13]،

$$\phi = \frac{C_L \times r}{1 + C_L \times r} \quad (13)$$

إذ أن: r هي النسبة. $\rho_f$ كثافة الألياف. $\rho_l$ كثافة السائل.

يجادل المؤلفون بأن طريقة النسيج المعلق رأسياً تعطي قيم مسامية أكثر ملاءمة من الطرق الأخرى مثل مقياس المسامية الزئبقي، مقياس المسامية السائلة أو التحديد المباشر للمسامية (المعادلة 14). يذكر المؤلف أن مقياس المسامية الزئبقي والسائل يعطي قيمًا خاطئة إلى حد ما، حيث لا بد من إجراء التجارب تحت ضغط يؤدي إلى تغيير في البنية. الطريقة المباشرة تعطي أيضًا قيم مسامية خاطئة حيث يتم قياس سماكة الأنسجة تحت بعض الضغط القياسي الذي يغير هندسة المسام.

$$\emptyset = 1 - \frac{\rho b}{\rho f} \qquad (14)$$

حيث أن: $\rho_b$ هي الكثافة الحجمية للنسيج. $\rho_f$ هي كثافة الألياف.

يمكن حساب الكثافة الحجمية $\rho_b$ باستخدام الصيغة التالية

$$A_m = \frac{W_i}{l \times \rho_i} \ldots\ldots \qquad (15)$$

تم تحديد معدلات امتصاص السائل للأنسجة المختلفة ومقارنتها من قبل المؤلفين من خلال رسم مخطط بياني للقوة مقابل الوقت، على غرار ما هو موضح في الشكل (4).

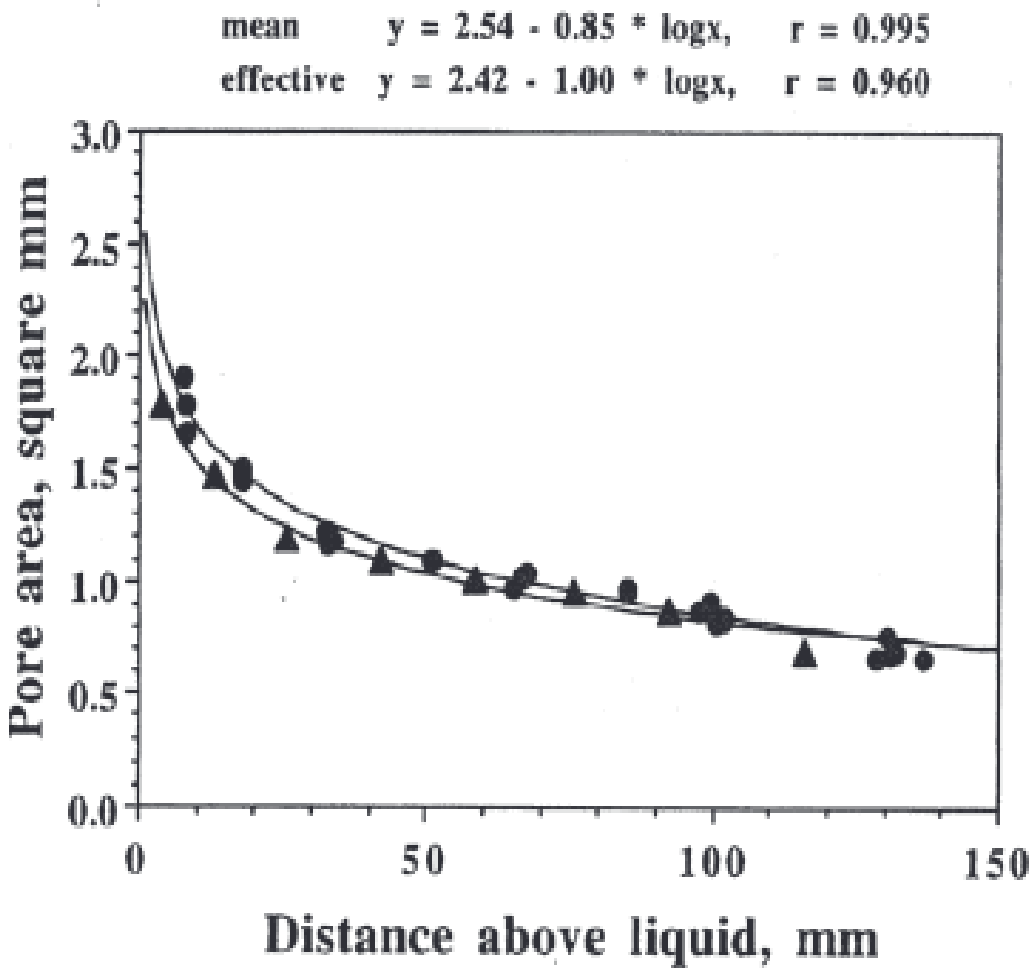
حُسب متوسط مساحة المسام ($A_m$) أومساحة المقطع المسامي الفعالة($A_e$)، وهي مقاييس جيدة جدًا للمسامية واتصال المسام والنقل السائل في الأنسجة ذات الأنواع المختلفة من الألياف والخيوط والهيئات من قبل المؤلفين باستخدام المعادلتين(16) و(17)

$$A_m = \frac{W_i}{l \times \rho_i} \ldots\ldots \qquad (16)$$

حيث أن: $W_t$ هو كمية السائل المحتبس في الأنسجة في نهاية انتقال السائل ضمن الأنسجة المعلقة رأسياً. L طول الأنسجة و $p_1$ كثافة السائل.

$$\frac{dw}{dt} = \left( \frac{\rho_l^2 \times A_e^{\frac{5}{2}} \times \gamma \times \cos(\theta)}{4 \times \pi^{\frac{1}{2}} \times \eta} \right) \frac{1}{W} - \left( \frac{p_l^2 \times A_e^{\frac{3}{2}}}{8 \times \pi^{\frac{1}{2}} \times \eta} \right) \times g \qquad (17)$$

عندما يكون w عبارة عن كتلة امتصاص للسائل، تكون Ae مساحة المقطع العرضي للمسام الفعالة، *gهي الثقل الفعال في اتجاه حركة السائل و$\eta$ هي لزوجة السائل. يتم تحديد $A_e$ و $g^*$ من زاوية الانحدار و الاعتراض للمخطط البياني (dw/dt vs.1w) للحصول على معلومات حول حجم المسام ومستوى اتصال المسام ، أجرى المؤلفون تجارب نقل سائل على أقمشة معلقة رأسياً بأطوال مختلفة. يُعرض مثال على ذلك أدناه حيث أجريت تجارب على الأنسجة التي تراوحت أطوالها بين 10 ملم 140. يشير الاتجاه التنازلي في الشكل (5) إلى انخفاض الاشباع في المسام بعيداً عن مصدر السائل. تُعطي زوايا الانحدار للمنحنيات معلومات حول مدى تناقص الاستمرارية في الشعيرات.




**الشكل(5-1):متوسط(●)ومساحات المسام الفعالة(▲) في الأنسجة القطنية على مسافة محددة فوق السائل[16].**

## 4-1 الامتصاص في الأقمشة القطنية

نقل الرطوبة في النسيج هو واحدة من العوامل الحاسمة المؤثرة على الراحة الفيزلوجية بشكل خاص للملابس الداخلية والملابس الرياضية عندما يتعرق الأشخاص فإن الملابس تمتص الرطوبة وتنقلها للخارج بسبب التركيز المختلف لجزيئات السائل والضغط المختلف على جانبي القماش سوف يشعر الناس بعدم الارتياح إذا كانت كمية العرق أكبر من قابلية القماش للإمتصاص، إذا كان القماش غير قادر على نقل الرطوبة خلال وقت قصير. الراحة التي تعطيها الأقمشة يمكن أن تحسن من خلال فهم آلية نقل السائل. بالتوافق مع شرح نقل الرطوبة في النسيج، الإمتصاص، حيث النقل العفوي للسائل يقاد

إلى النظام المسامي من خلال القوة الشعرية بالتوافق مع معادلة Lucas–Washburn [3] والتي استخدمت لوصف السلوك الشعري في الأنابيب الأسطوانية.

نسبة التغلغل الشعري تعتمد على خواص السائل مثل التوتر السطحي ،اللزوجة ،الكثافة وهندسة الفراغات الشعرية. تطبق معادلة Lucas–Washburn بشكل واسع لتقييم سلوك الإمتصاص في المواد المسامية ، الخيوط والأقمشة .

قرر Raja gopabn أن حركة السائل في الفراغات الشاغرة بين الألياف في الخيط تؤثر بشكل حاسم بآلية إمتصاص القماش. مسامات أكبر من ذلك بكثير من الخيوط لا تساهم كثيراً في الحركة البعيدة المدى للسائل بالإعتماد على قوانين الشعرية.

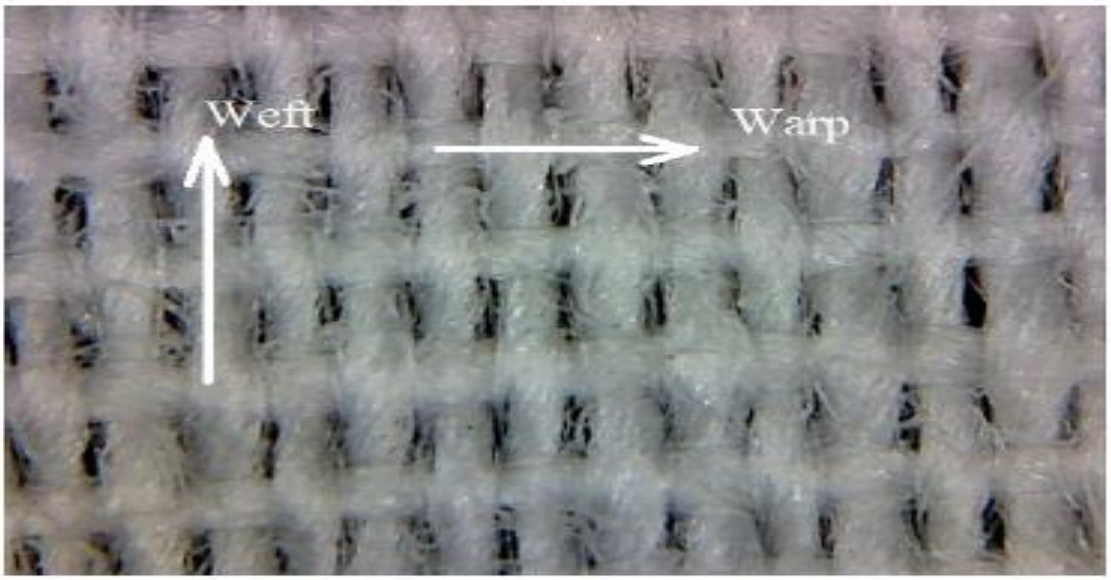
أوضح Minor أن تقاطعات الخيط التي تعمل لخزانات جديدة وتغزي كل الفروع بالتساوي. أوضح Honies أن نسبة حركة السائل يتم التحكم بها من خلال ترتيب الليف في الخيوط والتي تضبط حجم الشعرية والإستمرارية.

أعلن Saricam أن كثافة الحدف، حجم المسام وترتيب الفراغات الشاغرة في القماش لها الأثر الأكبر في فعالية الامتصاص بعض الأبحاث النظرية لتحليل خواص الإمتصاص في النسيج تعتمد على قوى، والتي هي القوة الشعرية ، السحب اللزج . ولكن امتصاص السائل إلى داخل القماش معقد أكثر من أنه بسبب تركيبها وبنيتها وصعوبة تحديد نصف القطر الفعال للأنبوب الشعري وصعوبة زاوية الإتصال بالإضافة إلى ذلك التدرج الكتلي في النسيج يسمح بحركة السائل بسبب الرطوبة.

## 1-5 العوامل المؤثرة على الإمتصاص:

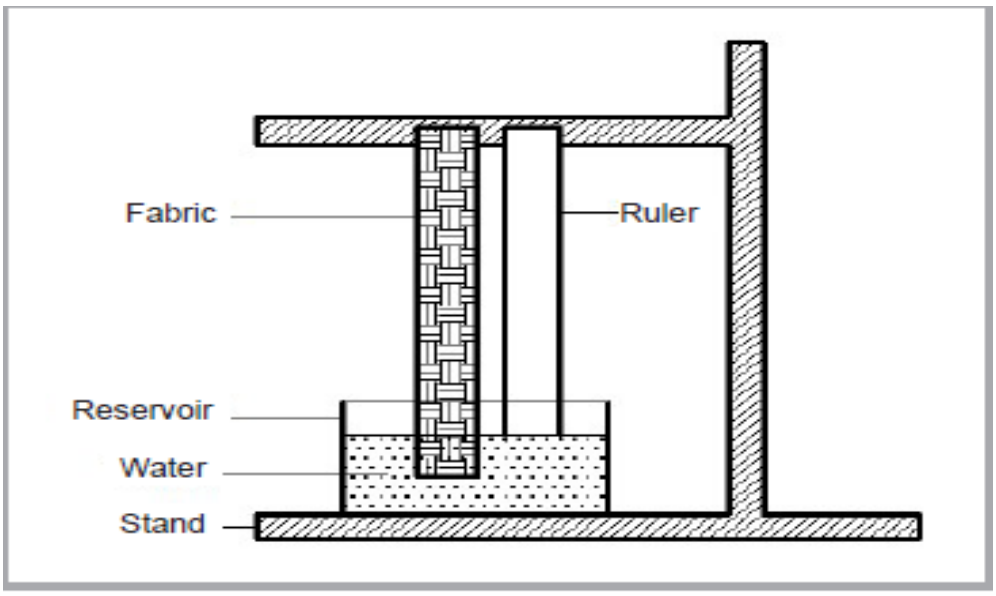
**الجدول (1-1): مواصفات القماش القطني[18]**

| سماكة(mm) | الكثافة اتجاه(10cm/عدد) | | وزن المتر المربع ($g\backslash m^2$) | قطر الخيط(mm) |
|---|---|---|---|---|
| | حدف/(Weft) | سداء /(Warp) | | |
| 0.317±0.01 | 551±8 | 255±5 | 108±1 | 0.1027±0.0067 |




**الشكل (1-6): سطح العينات القطنية[18]**

في البداية تم وضع الأقمشة القطنية في جهاز خاص لمدة24 ساعة وعند الدرجة 80°C، ومن ثم تم تخفيض درجة الحرارة إلى 20°C ل24 ساعة، بعد التبريد استخدمت الأقمشة القطنية المرتاحة الجافة للإختبار. وضعت العينات عمودياً ومن ثم تم غمرها جزئياً في سائل احتياطي. ثم قياس أوزان الأقمشة قبل وبعد الإمتصاص ومقياس إرتفاع الإمتصاص في كل من اتجاهات السداء والحدف.




**الشكل (7-1): الرسم التخطيطي لجهاز الإختبار[18]**

كان قياس العينات (3X10 Cm) درجة حرارة الماء 15°C وعمق الغمر للقماش في الماء كان (0,5(Cm. تم تنفيذ قياسات التجربة بطريقتين :

a) قياس ارتفاع الإمتصاص، وزن القماش قبل وبعض الإمتصاص وزمن كل 1سم من ارتفاع الإمتصاص.

b) تم إزالة عينات القماش من الماء المقطر عندما وصل ارتفاع الرطوبة إلى المجال ما بين 0,5 و1,2 و3 (Cm) على الترتيب. ثم تم تسجيل الارتفاع الدائم للامتصاص. تم التجريب كل مجموعة من العينات بعشرة أوقات وحسبت القيمة المتوسطة.

## 1-5-1-العلاقة بين معدل الإمتصاص وزمن الإمتصاص

وفقاً لقانون Hagen_Poiseuilles والتعبير عن معدل إرتفاع شعرية السائل.

$$\frac{\mathrm{d}h}{\mathrm{dt}} = \frac{R^2 D}{8n} \cdot \frac{\Delta p}{h} \qquad (19)$$

حيث أن: h الإرتفاع الذي تم الوصول بواسطة السائل في الزمن t ،

RD نصف القطر الوسطي الهيدروديناميكي

n لزوجة السائل

Δp فرق الضغط .

لأجل الإمتصاص العامودي تأثير الجاذبية يمكن أن تحسب $\Delta P$

$$\Delta P = \frac{2\gamma \cos\theta}{Rs} - pgh \qquad (20)$$

حيث$\gamma$ و p هي الشد السطحي وكثافة السائل ،$\theta$ زاوية الإتصال المتقدمة للسائل على (Solid)، g تسارع الجاذبية Rs نصف القطر الستاتيكي المتوسطي للمسام . بتعويض المعادلة 20 في 19 فإن معادلة الإمتصاص العمودي تصبح :

$$\frac{\mathrm{d}h}{\mathrm{d}t} = \frac{R^2 D}{8nh} . \left[ = \frac{2\gamma \cos\theta}{Rs} - pgh \right] \qquad (21)$$

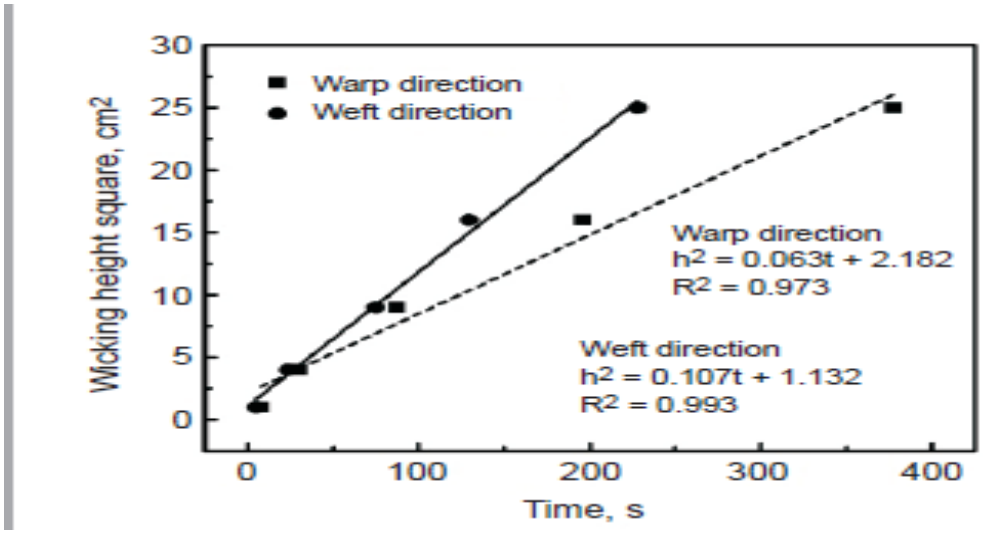
في المراحل المبكرة من العملية والضغط الهيدروستاتيكي في المعادلة (20) يمكن أن تهمل والمعادلة (19) تعوض بواسطة مكاملة معادلة Lucas–Washburn

$$h^2 = \frac{R^2 D\gamma \cos\theta}{Rs2n} . t \qquad (22)$$

$$h^2 = \mathrm{A} . \mathrm{t} \qquad (23)$$

حيث تؤخذ كمعامل .

بالاعتماد على المعادلة (23 ) مربع معدل الامتصاص متناسب مع الزمن




**الشكل (8–1): يبين العلاقة بين الزمن ومربع معدل الامتصاص[18]**

من ناحية أخرى تثبت النتائج التجريبية أن مربع ارتفاع الامتصاص يملك علاقة إيجابية وعالية مع الزمن في اتجاهي كل من السداء والحدف

$$(R^2\text{warp direction} = 0{,}973) \qquad (24)$$

$$(R^2 \text{ weft direction} = 0{,}993) \qquad (25)$$

دلالة معادلة Lucas ملائمة من أجل تقييم خاصية الامتصاص للأقمشة الناجمة عن البناء المتراص للقماش النسيجي وخاصية الامتصاص للقماش القطني.

ولكن الامتصاص في اتجاه اللحمة كانت أسرع قليلاً مقارنة مع اتجاه السداء والذي يمكن أن يكون ناجم عن الأسباب التالية:

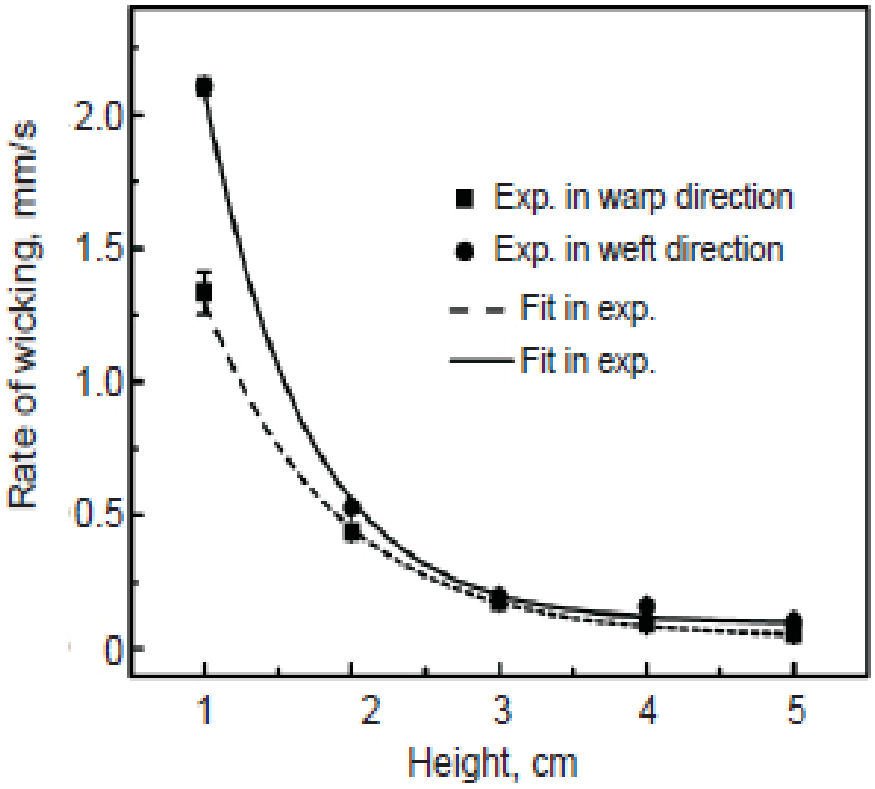
a. العدد المرتفع للخيوط في اتجاه اللحمة في القماش والخيوط كانت مسؤولة عن القسم الرئيسي لنشاط الامتصاص في القماش. بناء على ذلك فإن زيادة الشعرية في اتجاه الحدف كانت ماء.

b. كانت الفراغات بين خيوط السداء أصغر من الفراغات بين خيوط السداء والتي تنتج في زاوية اتصال تحسين أصغر للسائل في الخيط والذي بواسطته فإن زيادة الشعرية في اتجاه الحدف كانت أسرع .

## 1-5-2 نسبة الإمتصاص في اتجاهات مختلفة

بالرغم من أن نسبة الإمتصاص يمكن أن يكون واضحة من معادلة Lucas–Washburn هي وصف عام لعملية الإمتصاص التام. من ناحية أخرى المعامل A (في المعادلة 23). بناء على ذلك تم تقسيم الإمتصاص الكامل إلى امتصاص صغير فترات الارتفاع / الزمن من أجل الوقوف على معلومات أكثر تفصيلاً حول عملية الإمتصاص.

يمكن أن تحقق عبر استخدام معادلة حيث $V_w$ تمثل سرعة الماء الزائد في القماش، Sمعدل الإمتصاص، t الزمن.




**الشكل (9-1): نسبة الإمتصاص للقماش القطني في كل من اتجاه السداء والحدف**

تنخفض نسبة الإمتصاص في كل 1(Cm) مع كل ازدياد وارتفاع. سبب هذه الظاهرة ناجم عن كتلة السائل المختلفة التي تتبدل في كل سنتيمتر والتي ربما تكون قوة ثانية لقيادة الماء الأقرب إلى الخزان، كلما زاد فرق الكتلة السائلة بالإضافة إلى ذلك نسبة الإمتصاص في اتجاه الحدف كانت أعلى مما هي عليه في اتجاه السداء بشكل خاص في بداية عملية.

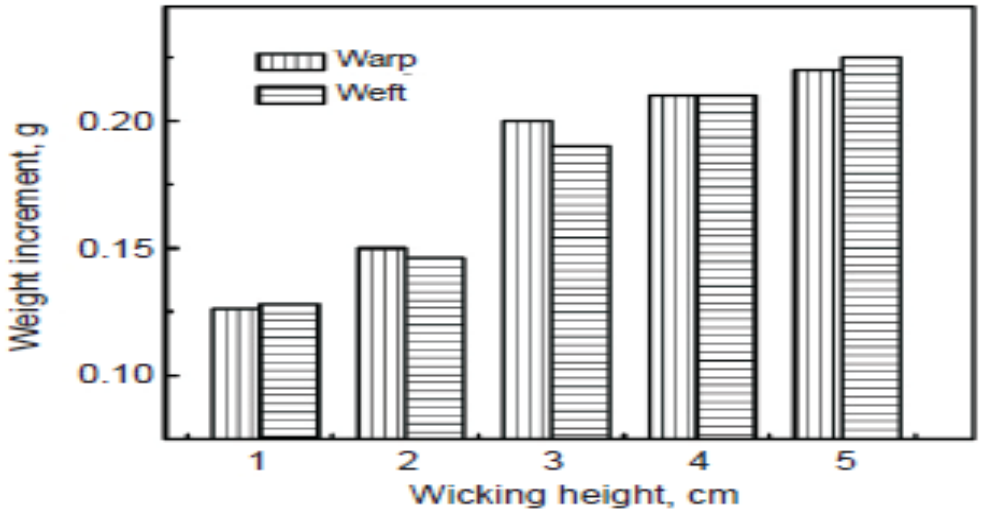
يمكن أن تكون الأسباب كالتالي :

a. يوجد خيوط وألياف في اتجاه الحدف أكثر من اتجاه السداء وهذا يقود إلى قنوات أكثر وقوة شعرية أعلى في اتجاه السداء في المرحلة الأولى.

b. بعد أن يمتص الماء من قبل القماش فإن الماء يجب أن يكون منتشر في كل الخيوط بشكل متساوي، ومن ثم فإن الاختلاف في نسبة الامتصاص في كل من الإتجاهين تصبح متشابهة.

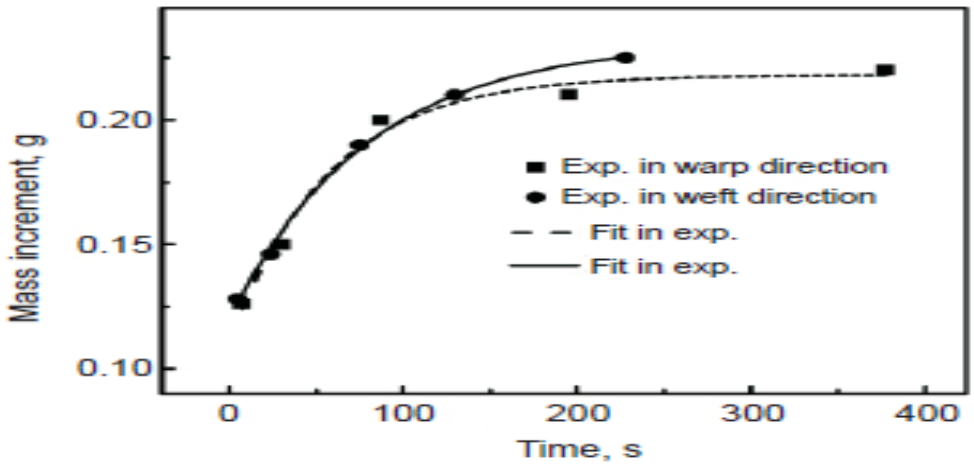
## 1-5-3 كتلة السائل الممتص الزائد مقابل معدل الامتصاص

الكتلة الإضافية المتسببة من خلال الماء الممتص تكون بارامتراً مهماً جداً لفهم آلية الإمتصاص. تزداد الكتلة الإجمالية للماء الممتص من قبل القماش مع ازدياد ارتفاع الإمتصاص في كل من اتجاهي السداء والحدف وتنقص الكتلة الزائدة في كل سم مع ازدياد ارتفاع الامتصاص والذي يدل على أن ميل الكتلة الزائدة في كل 1(Cm)تصبح متشابهة. النتيجة ربما الناجمة عن تأثير الجاذبية واسترطابية الليف في الوقت نفسه فإن الزيادات الكتلية في كل من اتجاه السداء والحدف تملك اختلاف بسيط وسيطرة متبادلة.




**الشكل (10-1): العلاقة بين كتلة السائل ومعدل الامتصاص**

والتي ربما تنجم عن عدد الخيوط ووقت التأثير وفي اتجاه اللحمة كان الامتصاص أكثر فعالية مع أن المدة الزمنية كانت أقصر علاوة على ذلك الماء في القماش منتشر في كل القنوات بالتساوي، من ثم الإختلافات في الزيادات الكتلية بين اتجاهي السداء والحدف كانت متشابهة. نسبة الإمتصاص باتجاه الحدف كانت أسرع قليلاً من السداء ولكن الزيادة الكتلية بالتوافق مع الزمن كانت نفسها تقريباً في الدقيقتين الأولى والثانية، والتي تظهر أن قابلية امتصاص الماء للقماش القطني في اتجاهي السداء والحدف ليس لها تفاوت (اختلاف هام )




**الشكل (11-1): العلاقة بين الزمن والكتلة بالنسبة للسداء والحدف**

## 1-6- الامتصاص في الأقمشة الممزوجة

قام Yoon وآخرون[20] بدراسة عدة أقمشة نسيجية سادة تتضمن 100%قطني، 100% بولسيتر،)50/50 **قطن / بوليستر** ، 100% نايلون، 100% أستات.

**الجدول (2-1): خصائص العينات السابقة[20]**

| القماش | الوزن($mg\cm^3$) | نمرة الخيط (tex) | كثافة القماش(yarn\inch) | Moisture regain % |
|---|---|---|---|---|
| قطن/Cotton | 11 | 20.4 | 70*78 | 5.67 |
| ممزوج/قطن / بوليستر 65\35 | 11 | 21.4 | 70*78 | 3.54 |
| ممزوج/ قطن / بوليستر 50\50 | 11.4 | 20.7 | 70*78 | 2.83 |
| ممزوج/ قطن / بوليستر 35\65 | 1.13 | 21.2 | 70*78 | 1.84 |
| بوليستر/Polester | 11.7 | 22.2 | 70*78 | 0.33 |
| أسيتات/Acctate | 16.1 | _ | 41*31 | 3.94 |
| رايون/Rayon | 12.7 | _ | 76*57 | 9.93 |
| نايلون/Nylon | 12.6 | _ | 50*56 | 2.51 |
| نوميكس/Nomex | 11.8 | _ | 65*65 | _ |

الأقمشة القطنية، البوليستر الممزوج كانت متشابهة في بناء القماش والخيط.

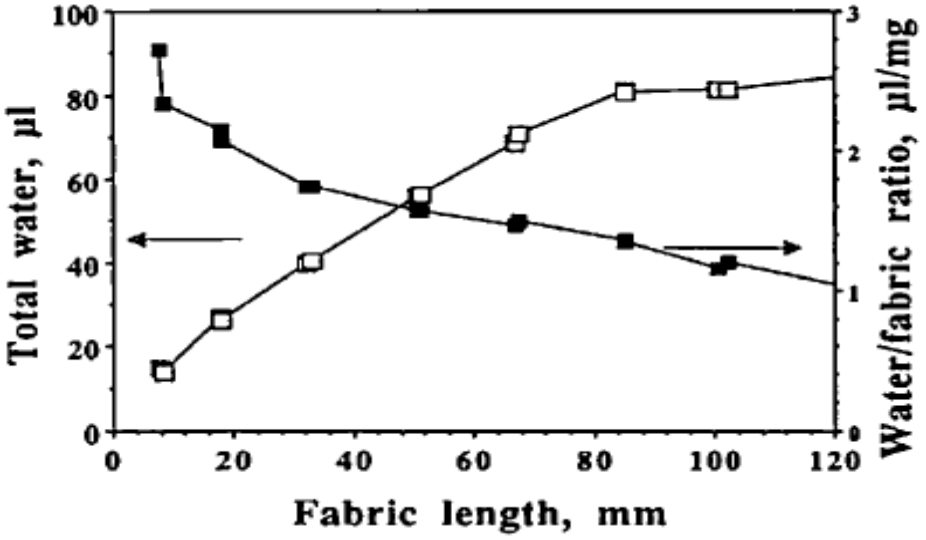
بدايةً كل الأقمشة تم تنظيفها من خلال الشطف في0.1 من المحلول المنظف متبوع بثلاث غسلات ماء وغسلة واحدة (CCl3FCClF3) ثلاثي كلورفين- ثلاثي كلور وعينات القماش تم تجفيفها تحت أوزان (g) 50 ومن ثم تم تقطيعها إلى شرائط طولها (mm)0.625 عرضها(mm)3.2. تم رفع كل العينات وتكيفها في رطوبة 65% وحرارة (°C)22 لمدة 24 ساعة على الأقل قبل أن يتم اختيارها.

في كل الحالات، رطوبة الحالة المستقرة وقياسات الإحتفاظ تم تنفيذها فقط باتجاه السداء. أساس واحد لعينات القطن والبوليستر الممزوج تم قياسها في الماء بدون تنظيف إضافي. الأقمشة كما تم تلقيها تم ترطيبها بواسطة الماء (لمدة عشرين دقيقة ) وتم تجفيفها تحت نفس الظروف قبل قياسها. نفس الأقمشة هذه تم غمرها في المحلول المنظف

(Triton_X 0.1%) متبوع بعدة غسلات ماء وثلاثي كلور في ترتيبها الشرطي. تم إنجاز القياسات في الماء مرة أخرى بعد.

## 1-6-1 امتصاص الأقمشة للسائل

لأجل الأقمشة القطنية 100% فإن *القيم* الإجمالية للاحتفاظ بالماء تزايدت مع زيادة طول القماش الشكل (12-1) ولكن انخفضت نسبة السائل إلى القماش *(VtlWt)* في كل طول نسيج مع زيادة الطول، هذا يشير بوضوح إلى توزيع غير منتظم للماء وعلى طول أطوال الأقمشة.



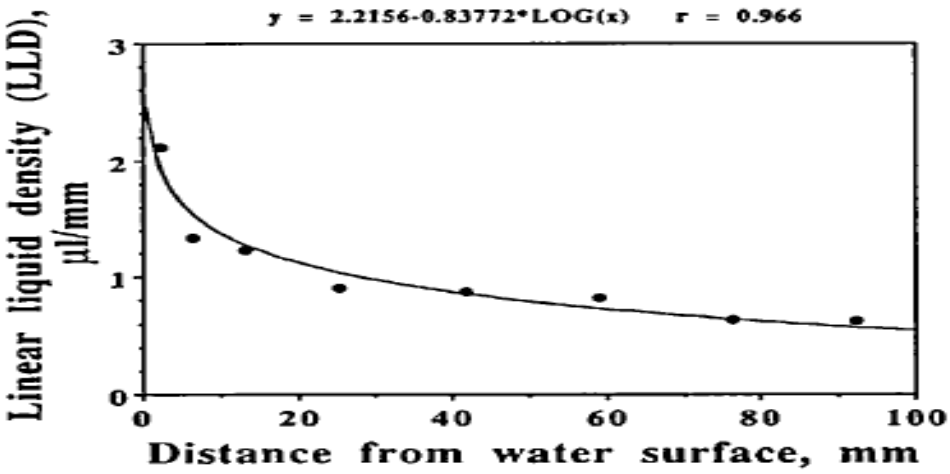

**الشكل (12-1): العلاقة بين السائل وطول القماش.**

قام المؤلفون بحساب أقرب قيمة تقريبية للكثافة الخطية للسائل *LLD*، لأجل الماء على طول إمتداد أطوال الأقمشة عن طريق التغير في حجم السائل $(\Delta V)$ مع القسم العمودي $(\Delta L)$على القماش.

الكثافة الخطية للسائل *(LLD)*، *u1l(mm)*

$$\frac{\Delta V}{\Delta L} = \frac{Vi - Vi - 1}{Li - Li - 1} \qquad (26)$$

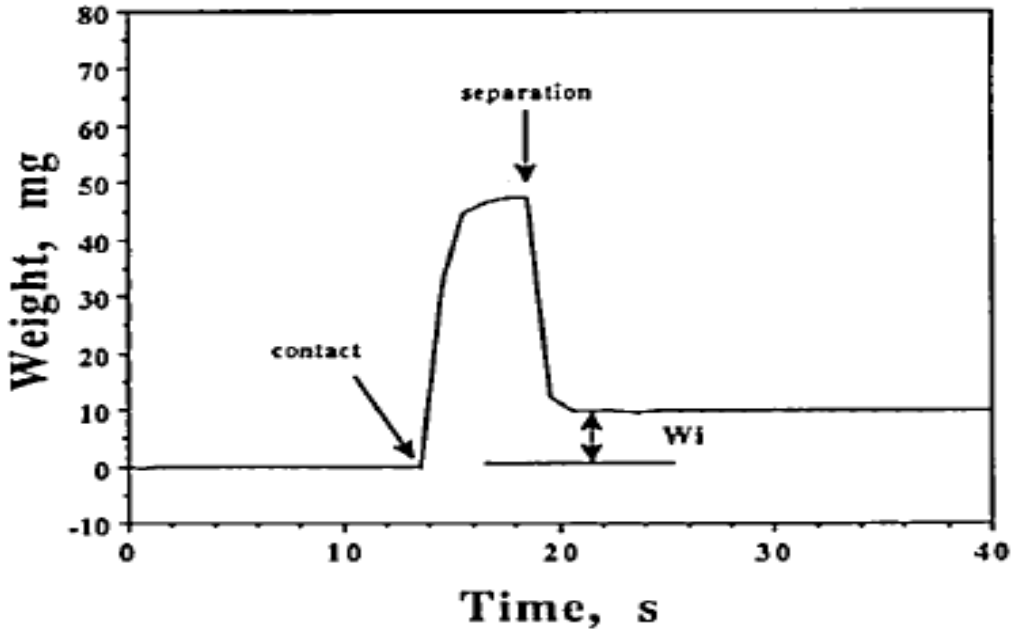
حيث i هي أي طول قماش و i−1 هي القماش الأقصر التالي. الكثافة الخطية للسائل لكل قسم من القماش يتم تعينها مقابل معدل (متوسط ) طول القماش أي$(Li + Li - 1)$ 1/2 أوالمسافة الوسطية لمقطع القماش من مستوي السائل. الكثافة الخطية للسائل للماء داخل few الإبتدائية (mm) من حاشية القماش كانت بدون خطورة أعلى من أي مكان فوق القسم وانخفضت كما طول القماش. من ناحية أخرى انخفاضات في الكثافة الخطية فوق (mm)20 كانت صغيرة. قابلية الإمتصاص العظمى (Cm) للماء يتم التعبير عنها كنسبة الوزن للماء الممتص في التجفيف القماش قابلية الإمتصاص العظمى للماء (Cm) للقماش القطني 100% تم تحقيقها عن طريق الأقمشة المغمورة في الماء لمدة خمس دقائق ووزن الأقمشة المنقوعة بالكامل.




**الشكل (13−1): التوزيع الإنحداري للسائل ضمن القماش[20]**

القيمة الوسطية للماء لثلاثة أقمشة قطنية هي $0{,}36(\pm 3.26)$ (mg ) هذه القيمة يمكن أن تتحول إلى كثافة خطية ل(mm) 2,26 والتي تكون أقرب بشكل ملفت إلى الإستقراء اللوغاريتمي للكثافة الخطية للسائل في مستوى تلامس القماش والماء أو (0.22 mm). التشابه بين الكثافة الخطية قرب المستوى السطحي قماش _سائل و*Cm* للماء يشير إلى البقاء لمنطقة السائل المشبع حول السطح البني قماش _ سائل.

لكسب معلومات فيما يتعلق بمنطقة السطح البني سائل _قماش قمنا بقياس الرطوبة اللحظية والامتصاص في الماء بالإضافة إلى hexadecane على القطن والبوليستر ومزيجهما، تم ذلك عن طريق خفض السائل بعيداً من حافة القماش مرة واحدة قماش/ قطن تم ضبطه.




**الشكل (14-1): القياسات النموذجية لأقمشة قطنية 100%.**

على الرغم من أن مستوى السائل تم تخفيضه مباشرة فوق التماس مع القماش والإنفصال التام لحافة القماش من الماء لم يكن آنياً وعادة يأخذ عدة دقائق فوق قماش سائل والسائل – ليف.

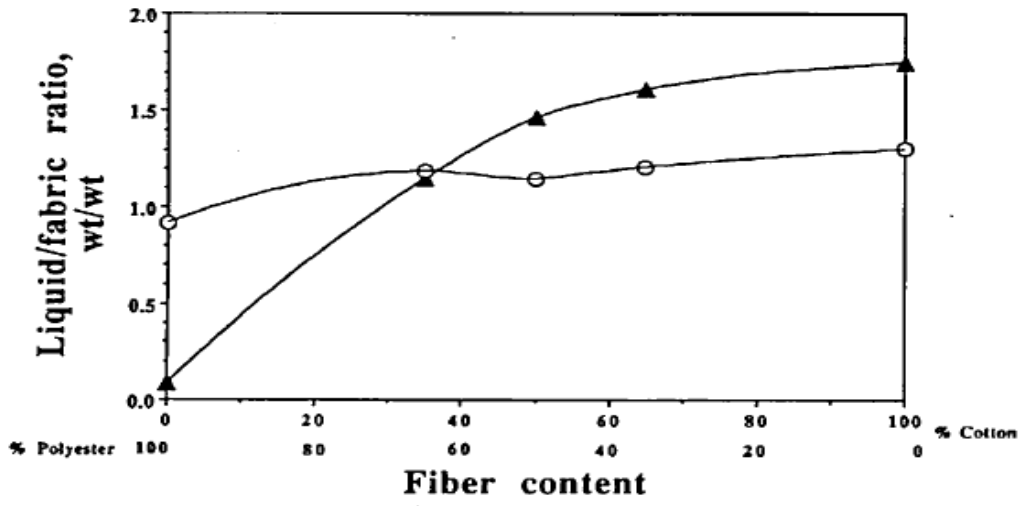
فوق تماس سائل قوة جاذبية السائل– ليف والإمتصاص الخطي للسائل داخل القماش يشكل منطقة تماس سائل– قماش محددة (معينة).

قدرة الإحتفاظ بالسائل في الأقمشة مع بنى مسامية مشابهة يجب أن يتم التحكم بها من خلال قابلية الترطيب السطحية للأقمشة في السوائل .

الأقمشة القطنية 100% الترطيب الكامل في hexadecane (0°و1 زاوية التماس ) إزاء ترطيب جزئي بواسطة الماء مع زاوية تماس 56° تظهر قابلية ترطيب مختلفة بدون خطورة لنفس الأقمشة في هذين السائلين. هذا يوضح من خلال الجاذبية المسامية الشديدة بين القطن والماء إزاء عدم جاذبية مع hexadecane بين السلسلة للأقمشة القطنية وأقمشة البوليستر قدرة الإحتفاظ بالماء زادت بشكل كبير من الصفر تقريباً في البوليستر إلى أعلى من (1,8 $ul/mg$) في الأقمشة القطنية الشكل (15-1).

الأقمشة مع65%أوأكثر ألياف قطنية لديها يتم احتفاظ بالماء أعلى من قدرتها الإستيعابية السائلة. لم يلاحظ انتفاخ الألياف مع الفحص المجهري للألياف القطنية في الشكل الحر.

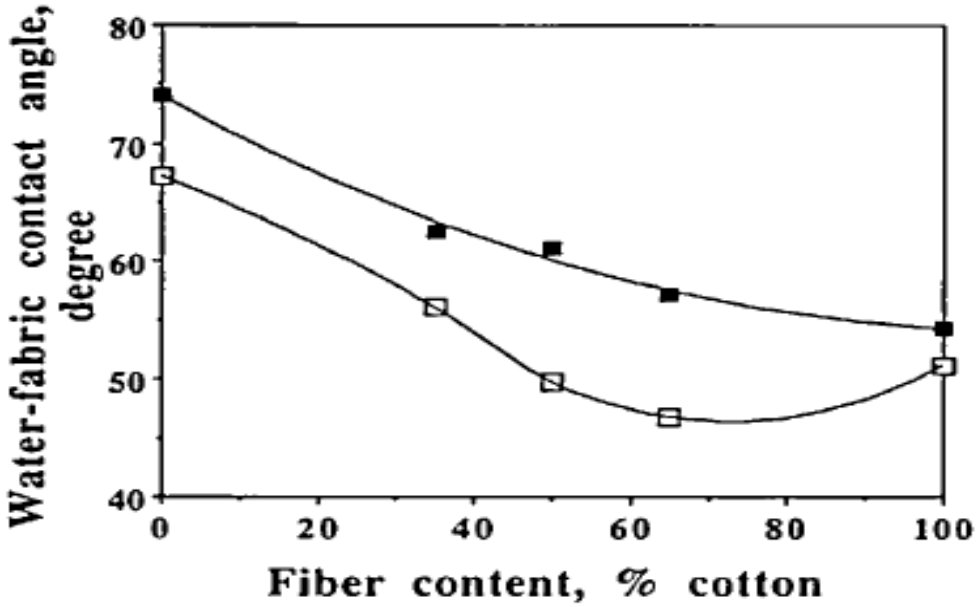
قدرة احتفاظ بالماء أعلى من القدرة الإستيعابية السائلة ربما تكون ناجمة عن الجذب الهيدروليكي الشديد بين الماء والألياف وقدرة الإحتفاظ بالماء في شقوق الألياف القطنية الملفوفة بشكل عالٍ.




**الشكل (15-1): العلاقة بن نسبة سائل /قماش مع الأقمشة الممزوجة[20]**

في حالة 100% بوليستر تمتلك زاوية تماس للماء حوالي 74,1° حيث أنها كانت للأقمشة القطنية 100% (54,3°). التنظيف في محلول Triton-X وثلاثي كلورو -

ثلاثي فلورو الايتان لتحسين قابلية الامتصاص بالماء لكل الأقمشة. زوايا التماس المقدمة تنخفض أو أن قابلية الترطيب بالماء ازدادت مع زيادة تماس للأقمشة القطنية وكذلك للأقمشة المنظفة الشكل(16-1) من بين الأقمشة المستلمة، قابلية الترطيب للماء متبوعة بعلاقة خطية مع تماس الليف الممزوجة، قابلية الترطيب للأقمشة المحسنة من المنتجات المنظفة كانت مرتفعة للبوليستر 100% وللأقمشة الممزوجة كذلك أكثر من الأقمشة القطنية 100%




**الشكل(16-1): زاوية التماس للأقمشة الممزوجة.[20]**

زوايا التماس للأقمشة القطنية أقمشة البوليستر تنخفض إلى حوالي°68 و°51 على الترتيب، عملية الترطيب الإجمالية في الأقمشة المنظفة تعزى إلى إزالة الزيوت السطحية والشوائب.

قابلية الترطيب للأقمشة الممزوجة مع 50% أو أكثر ألياف قطنية كانت نفسها على الأقل أو أفضل من الأقمشة القطنية 100%. قدرة الإحتفاظ بالماء كانت تؤثر بدون خطورة من خلال عملية التنظيف هذا زاد في كلاً من الأقمشة القطنية 100% والبوليستر 100% ولكن تنخفض في المزائج 50/50.

## 7-1 الامتصاص في أقمشة البوليستر

عُرف الترطيب على أنه السلوك الأولي للنسيج عندما يلامس السائل والذي يؤدي إلى وصوله لفراغات الملابس وينتج عند ذلك الضغط الشعري. يحدث الامتصاص بعد أن يتم ترطيب الألياف التي تحتوي فراغات شعرية فيما بينها بالسائل.

حُدد الامتصاص بقدرته على الحفاظ على التدفق الشعري، حيث يزيد من انتشار السائل أو البخار في جميع أنحاء النسيج عن طريق زيادة الرطوبة بالنهاية. ويعتبر التجفيف خاصة أخرى هامة للنسيج من حيث الراحة، يرتبط الوقت اللازم للتجفيف بكمية السائل المُحتفظ بها مبدئياً والتي تعتمد على نسب الرطوبة وقدرة الألياف على الاحتفاظ بالسائل.

تتكون آلية نقل السائل من انتشاره وامتصاص الشعرة المُحدد بتوزيع المسام الشعري الفعال والمسارات والشد السطحي.

ويتم تحديد الترطيب من الخصائص السطحية للألياف ومن سائل الترطيب، في حين يتأثر الامتصاص بترتيب الألياف وخيوط النسيج.

من ناحية أخرى، ترتبط سرعة التجفيف بالتركيب الجُزيئي للألياف ويتم تغيير خواص الراحة الفيزيائية الحيوية مثل نفاذية الهواء ونفاذية بخار الماء والمقاومة الحرارية والقابلية للامتصاص والامتصاص وسرعة التجفيف ومقاومة الماء من خلال تركيب النسيج يتم التحكم بنقل الأبخرة عبر الأنسجة بواسطة الألياف وخيوط الغزل وتركيب النسيج والتي تُحدد في الغالب السماكة والمسامية التي تقود عملية الانتشار.

يؤثر طول الألياف وعرضها وشكلها على جودة القنوات الشعرية في الفراغات الداخلية للألياف وأحجام المسام الحالية وعلاوة على ذلك، فإن كثافة وبنية الخيوط لها تأثير على أبعاد و هيكل المسام الداخلية والخارجية للخيط وعلى أحجام المسام وتوزيعها على طول

الأقمشة يتم تحديد امتصاص الخيوط بواسطة بنية خيط الغزل وقوة شد الخيط و برماته وشكل الألياف وعدد الألياف في الخيوط وتكوين الألياف والنهايات السطحية.

تتأثر خصائص النسيج مثل كتلة النسيج والسماكة والقدرة على اللف وسلوك الجهد– الإجهاد ونفاذية الهواء بقوة بهيكل النسيج. ويمكن أن تُغير المعالجة النهائية لسطح النسيج السماكة وأن تخلق خصائص مُضادة للإستاتيكيه الكهربائية والاحتكاك، بالإضافة إلى قابلية البلل للألياف.

قام المؤلفون [18] بالبحث عن تأثيرات تكوين الألياف وعدد الخيوط على نفاذية السائل وقدرات الامتصاص وسلوك تجفيف الأنسجة. ارتفعت قدرات النقل والامتصاص الطولي للأنسجة عند استخدام الخيوط الرديئة، في حين زادت سرعة التجفيف مع استخدام أجود الأنواع.

قامت شركة Ozturk وآخرون بالبحث في خصائص امتصاص خيوط القطن /الأكريليك، وقد أشاروا إلى أن قدرات امتصاص الخيط والأنسجة تزداد مع زيادة محتوى الأكريليك في الخلطات وباستخدام الخيوط الرديئة. وأن العشوائية في بنية الخيط المبروم لها تأثير على سلوك الامتصاص في كل من الخيوط والأنسجة. قام المؤلفون[17] بدراسة تأثيرات خصائص الخيط مثل: نعومه الخيط ونسبه الأكريليك ومستوى البرم، ووجدوا أن المقاومة الحرارية ونفاذية الهواء وانتقال السائل قد تحسنت في الخيوط القطنية الممزوجة الأكريليك/ القطن. وعلى الرغم من أهمية خصائص الامتصاص بالنسبة للمنسوجات، إلا أن أداء الأقمشة المنسوجة من حيث نقل السائل له أهمية كبيرة نظرا لأن معظم ملابس العمل مصنوعة من أقمشة منسوجة. قام saricam وزملائه [19] بتحديد العلاقة بين خصائص الامتصاص والتجفيف للقماش المنسوج والعوامل المُتغيرة في بنية النسيج مثل: تركيب الخيط وكثافة الخيوط ونوع النسج وسماكة ونفاذية الهواء.

**الجدول (3-1): خصائص عينات النسيج[19]**

| كود القماش | نوع الحياكة | 111dtex نمرة خيط الحدف | 117dtex نمرة خيط السداء | كثافة (weft/cm) الحدف | كثافة السداء(warp/cm) | وزن القماش(g/m2) | سماكة القماش(mm) | نفاذية الهواء (l/m2s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TWp26 | 2/2 Warp ribs | مبروم | شريطي رفيع | 26 | 64 | 179.7 | 0.51 | 24.93 |
| TWp20 | | مبروم | شريطي رفيع | 20 | 64 | 165.6 | 0.52 | 92.85 |
| TWp18 | | مبروم | شريطي رفيع | 18 | 64 | 162.1 | 0.42 | 77.82 |
| FWp26 | | شريطي رفيع | شريطي رفيع | 26 | 64 | 156.5 | 0.34 | 61.68 |
| FWp20 | | شريطي رفيع | شريطي رفيع | 20 | 64 | 163.9 | 0.34 | 36.74 |
| FWp18 | | شريطي رفيع | شريطي رفيع | 18 | 64 | 180.4 | 0.45 | 9.51 |
| TWt16 | 2/2 Weft ribs | مبروم | شريطي رفيع | 16 | 64 | 162.7 | 0.46 | 363.52 |
| FWT16 | | شريطي رفيع | شريطي رفيع | 16 | 64 | 162.7 | 0.35 | 98.43 |
| TB16 | Ribstop | مبروم | شريطي رفيع | 16 | 64 | 165.2 | 0.5 | 218.83 |
| FB16 | | شريطي رفيع | شريطي رفيع | 16 | 64 | 161.2 | 0.36 | 132.87 |

## 1-7-1 العوامل المؤثرة على امتصاص البوليستر

تم استخدام 10 عينات بأنواع نسيج مختلفة. جميع العينات مكونة من خيوط بوليستر لخيوط السداء 166.67 dtex.

نوع النسج، نوع خيوط اللحمة، والسدى، كثافة خيوط اللحمة، والسداء، قيم سماكة النسيج، ووزن النسيج لجميع العينات موجودة بشكل مُختصر في الجدول (3-1)

يتضمن الجدول (3-1) قيم نفاذية الهواء لجميع عينات النسيج وقيم سماكتها وفقا للمواصفة Bs5636 بواسطة:

(WIRA instrumentation, England) WIRA AIR PER

كانت العينات تحت ظروف جوية قياسية 20+2 درجة مئوية ورطوبة بنسبة 65±2% .
تم تطبيق اختبار الامتصاص الرأسي باتجاه خيوط اللحمة والسداء.

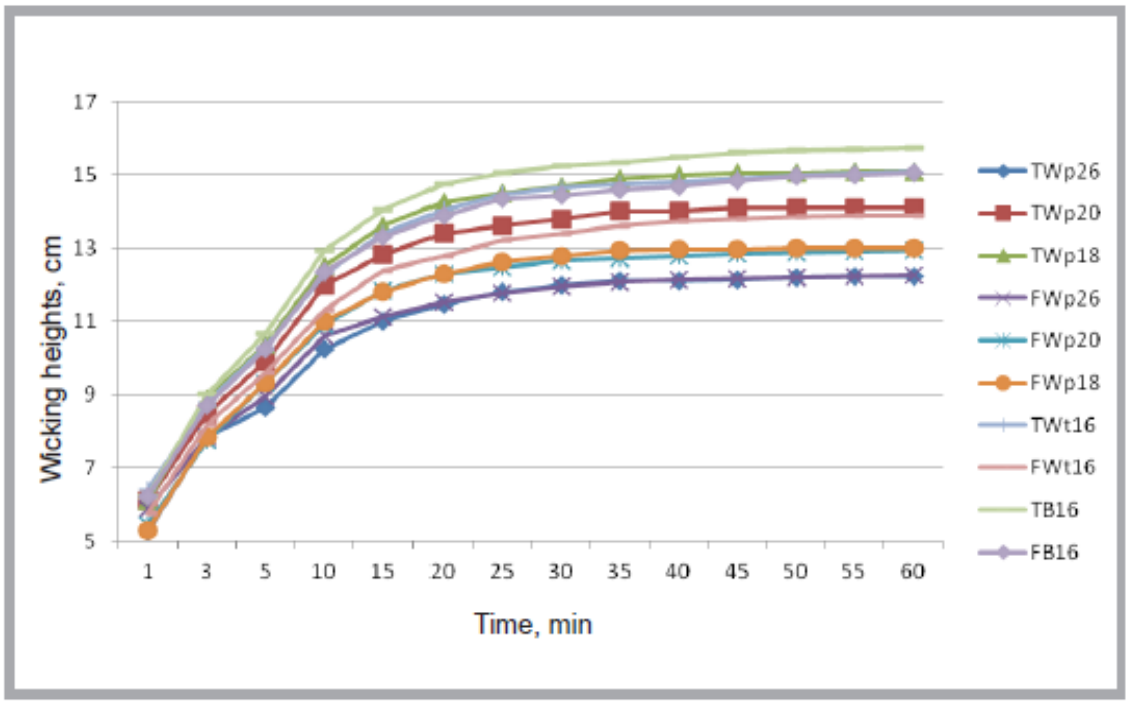
قُطعت العينات على طول اتجاهي اللحمة والسدى ضمن البعد (mm) (25×200) ثم عُلقت العينات في خزان من الحبر مع غمر نهاياتها السفلية بشكل عمودي في الحبر على عمق 3سم. تم قياس ارتفاعات الامتصاص وسجلت في الدقائق 1,3,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60.

قام Zhang وآخرون[22] بغجراء إختبار لنقل الامتصاص المُنشأ للتخلص من أثار الجاذبية مع تطبيق فرق ضغط خارجي يبلغ ($kg/m^2$) 15,6. تم قطع العينات الى دوائر قطرها (cm)7,45 ثم تبليلها ووضعها بين طبقتين. وضعت العينات الجافة على عينات رطبة مع تسجيل الوزن كل 5 دقائق بدءاً من الدقيقة 0 وانتهاءً بالدقيقة (m)30 وتم قياس قدرات التجفيف باستخدام الطريقة التي وضعها fangueiro وآخرون. قُطعت العينات الى البعد (mm)200×200 ورُطبت حتى أصبحت كمية الماء فيها تساوي 30% من وزنها بالشكل الجاف، ثم تم قياس الوزن كل عشر دقائق خلال 90 دقيقة. تم انشاء منحنيات تبخر الماء باستخدام المعادلة.

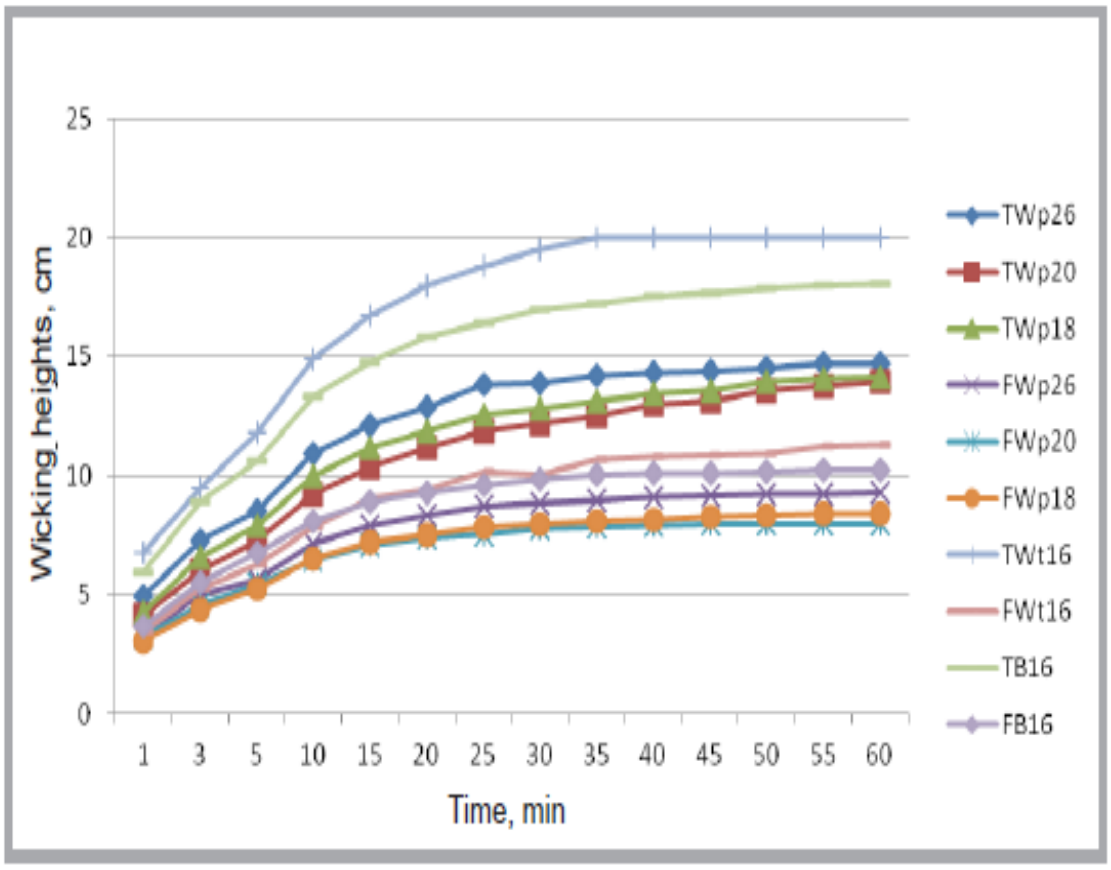
$$WER\% = (w_o - w_i)/(w_o - w_f) \times 100 \quad (27)$$

حيثُ: $W_F$: الوزن الجاف ، $W_0$: الوزن الأولي للسائل ، $W_I$ :وزن الماء في الوقت t

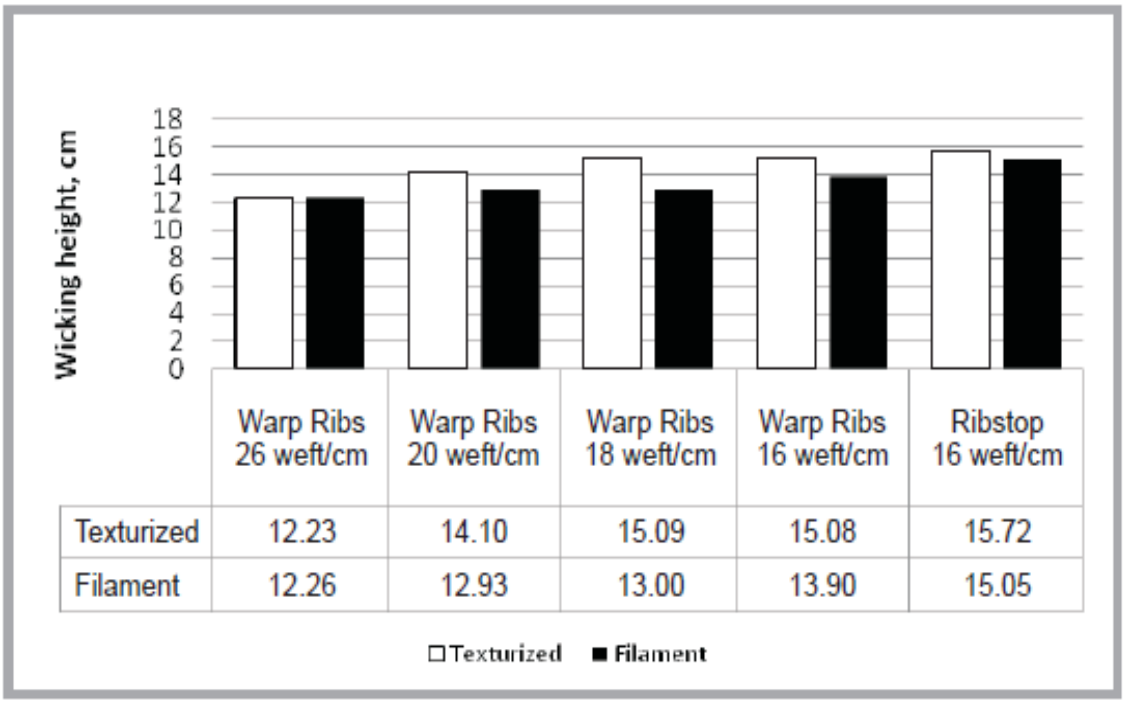
قام المؤلفون [19] بإجراء الإختبارات والتقييمات وخضعت النتائج لتحليلات إحصائية وإختبار t للبيانات المستقلة.




**الشكل (17-1): منحنيات الامتصاص العمودي باتجاه خيوط السداء[19]**

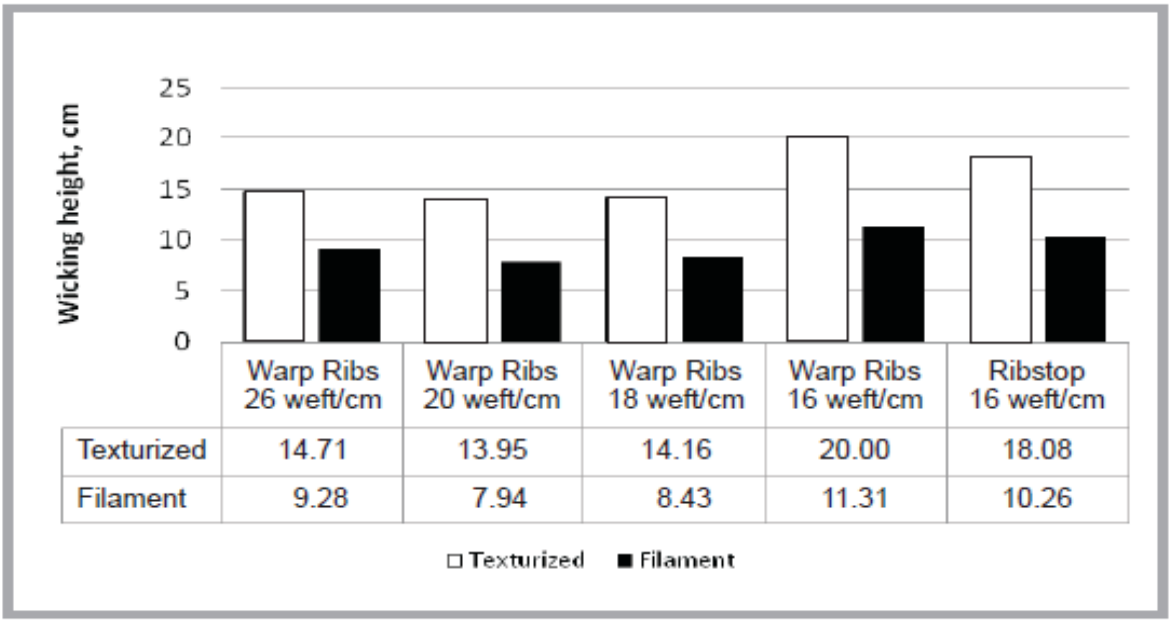



**الشكل (18-1): منحنيات الامتصاص العمودية باتجاه اللحمة[19]**




**الشكل(19–1): مُقارنة للامتصاص العمودي للأقمشة باتجاه خيوط السدى عند استخدام الخيوط المنقوشة والخيوط الشريطية. [19]**

**Warp Ribs**: ريبس سدائي. **Weft Ribs**: ريبس حدف




**الشكل (20–1): مُقارنة للامتصاص العمودي للأقمشة باتجاه خيوط اللحمة عند استخدام الخيوط المنقوشة والخيوط الشريطية[19]**

## 1-7-2 نتائج اختبار الامتصاص العمودي

يُوضح الشكلين (18-1)(17-1) نتائج اختبار الإمتصاص العمودي للعينات باتجاه خيوط اللحمة والسدى على التوالي. من الملاحظ أن إرتفاع الامتصاص العمودي يزداد بانخفاض الانحدار والذي تم تفسيره من قبل المؤلفون[19] مُشيراً إلى أن الحركة السائلة بدأت اولاً في المسام الأصغر حيثُ كان العمل أسرع بسبب تأثير العمل الشعري وإرتفاع الضغط الشعري، ومن ثم استمر لملء المسام الاكبر مع انخفاض معدل الامتصاص.

تُصبح القيم مستقرة عندما تتوازن كتلة الماء الممتصة في العينة مع منسوب الماء الهيدروستاتيكي ونتيجة لذلك تم الوصول إلى حالة شبه التوازن.

تم تحليل العلاقة بين أداء الإمتصاص العمودي والبارامترات المتغيرة للنسيج وهي: نوع خيط الغزل، كثافة اللحمة، نوع النسج ونفاذية الهواء نظرا لارتفاع امتصاص العينات في الدقيقة الخامسة عشرة.

تم أخذ القيم في الدقيقة الخامسة عشرة بعين الإعتبار حيث أنها تتوافق مع القيم التي تظهر من العينات عندما تستمر بالامتصاص ولكن في نفس الوقت كانت قريبة جدا من الحالة المستقرة. يوضح الشكلين (21-1)(20-1) إرتفاع الإمتصاص العمودي في الدقيقة الخامسة عشرة في اتجاهي اللحمة والسداء على التوالي. في الشكل (20-19) تُظهر العينات المصنوعة من الخيوط المنقوشة أداء أفضل من تلك المصنوعة من الخيوط الشريطية(صنعية) وبالتالي تُحسن عملية النسيج قدرات الامتصاص.

هذه النتيجة بالتوازي مع نتائج Ozturk وآخرون الذين اكتشفوا أن عملية البرم والتجعد توفر المزيد من المساحة الشعرية وبالتالي زيادة أداء الإمتصاص تؤدي الحلقات مثل العوامات والأقواس في الخيوط المضغوطة بالهواء، إلى مسار أقل تعرجاً لمسيرة السائل مسبباً نسبة ارتفاع أعلى حيث تزيد عملية التكتل من المساحة الشعرية.

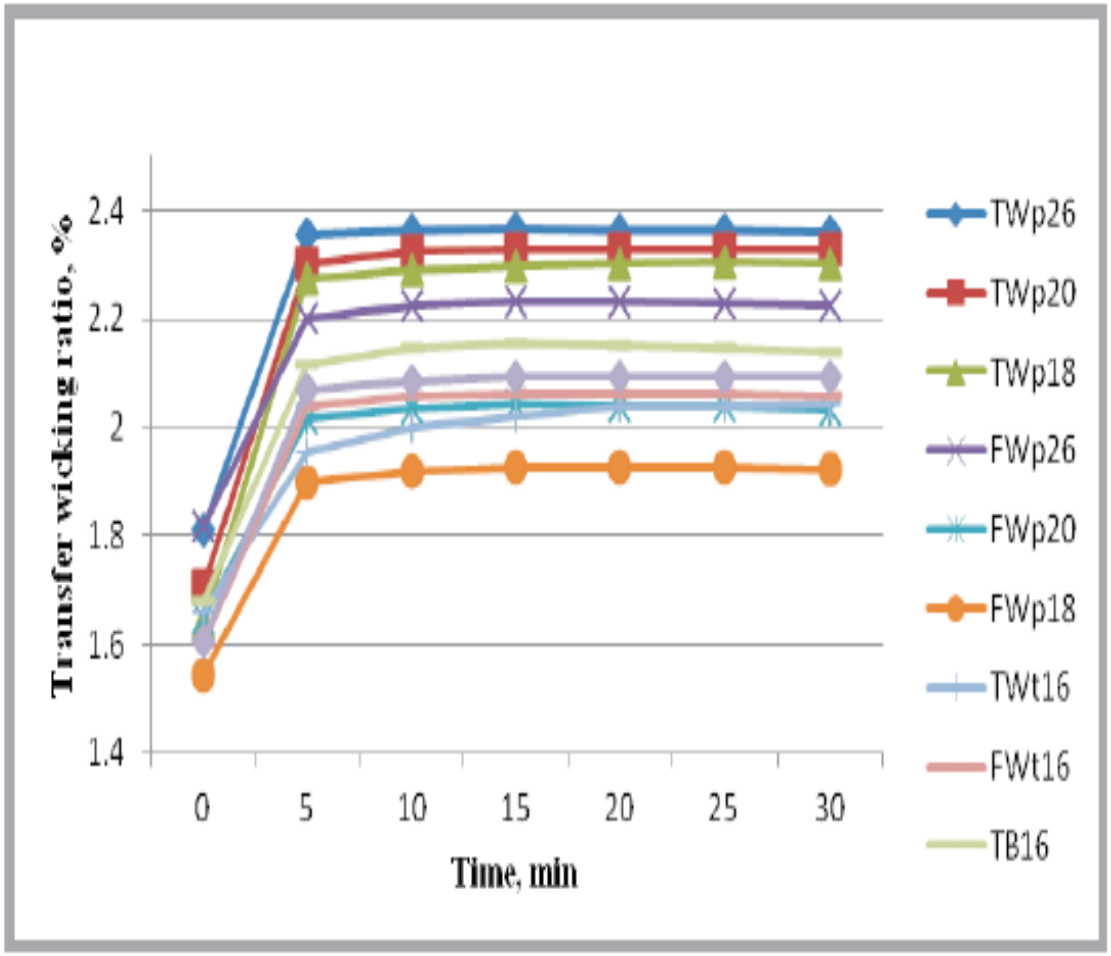
وجد أن العلاقة بين أداء الامتصاص وكثافة اللحمة ونوع النسج مهمة وتحقق معاملات ارتباط متبادل 0.777 و 0.657. مع قيم P و0008 و0,039 على التوالي خلال فاصل زمني 95%، ومع ذلك لم يتم العثور على ارتباط متبادل باتجاه خيوط اللحمة بهذه الخصائص، مما يؤدي الى الحفاظ على كثافة خيوط السداء متساوية في جميع العينات.

تحديداً وبالإستناد إلى النتائج الموضحة في الشكل(19–1) يزداد معدل الامتصاص مع زيادة كثافة خيوط اللحمة، ولكن يعود لينخفض بعد ذلك مع زيادة أخرى في كثافة اللحمة للخيوط الشريطية (الصنعية)، في حين إنخفض معدل الامتصاص مع زيادة كثافة اللحمة في الخيوط المنقوشة، وبالتالي فإن زيادة كثافة الخيوط على طول اتجاه الامتصاص لا يؤثر دائما بشكل ايجابي على معدل الامتصاص. قد يُحسن تجمع خيوط اللحمة القريبة من بعضها من انتشار الرطوبة ،ولكن بعد الوصول إلى مستوى معين ،يمكن أن يؤدي هذا الوضع إلى التقليل من حجم المسام مما يسبب انخفاض في أداء الامتصاص.

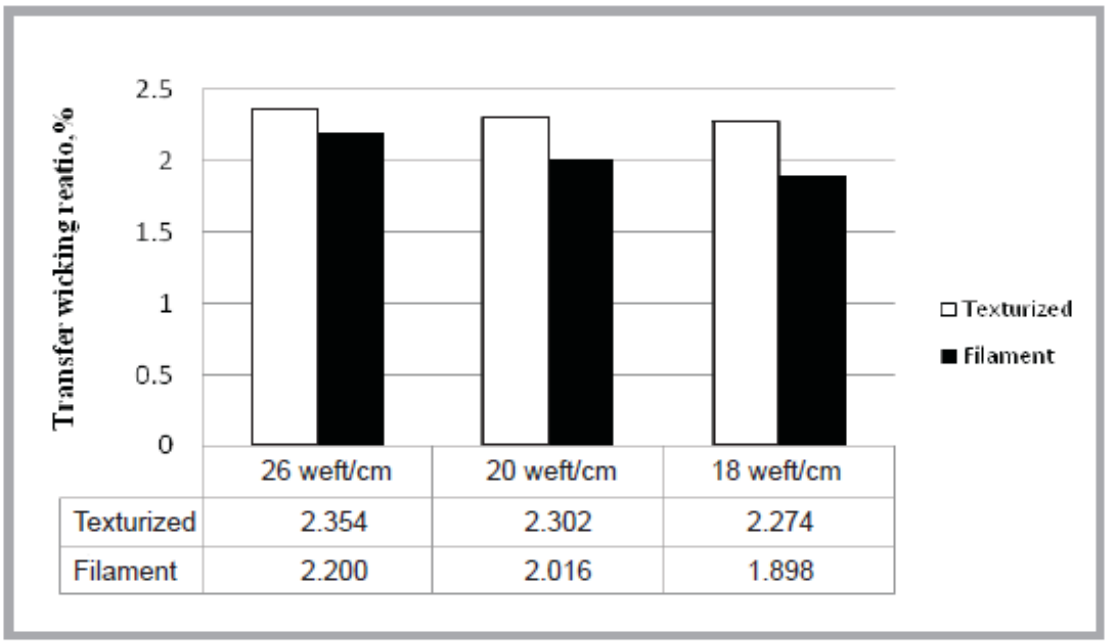
حيث تؤثر كثافة وهندسة مسام النسيج على نمط التدفق في كل من التقاطعات والنهايات مع انخفاض انتشار الرطوبة في النسيج وزيادة في نسبة حجميه الألياف والمقطع العرضي لها.

من ناحية نوع النسج، وجدت معدلات الامتصاص التالية في الدقيقة الخامسة عشرة مرتبة ترتيباً تنازلياً: قمة الأضلاع >أضلاع السدى> أضلاع اللحمة للخيوط المنقوشة، و قمة الأضلاع > أضلاع اللحمة> أضلاع السدى للخيوط الشريطية( صنعية). عندما تمت مُقارنة العينات ذات كثافات اللحمة المتقاربة كما هو مُوضح في الشكل (19–1) نوع النسج لديه القدرة على محاذاة وترتيب الخيوط داخل النسيج لذلك قد يتسبب بتجميع خيوط اللحمة في ترتيب مناسب لتحسين العمل الشعري وتوفير عمق موجي مناسب وفقاً ل Calvimontes وآخرون عمق التموج وسرعة الانتشار متناسبان مع بعضهما ومع ذلك، عدد أنواع النسيج التي تم أخذها بعين الإعتبار في هذا البحث لم يكن كافياً لبيان مدى

أهمية تأثير نوع النسج على معدل الامتصاص العمودي. ولكي نكتشف أهمية واتجاه العلاقة يجب فحص المظهر العرضي لبنية النسج مع بنية نسيج مُختلفة بكثافات الخيوط لحمة وسداء. وُجد أن قيم نفاذية الهواء للعينات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بأداء الإمتصاص الرأسي، ووجد أن معاملات الإرتباط بين نفاذية الهواء وارتفاع الامتصاص العمودي تكون في الدقيقة الخامسة عشرة0.826 مع قيمة P تبلغ 0.03 في اتجاه اللحمة، 0.671 و0.034 في اتجاه خيوط السداء خلال فاصل زمني 95% مما يدل على تأثير المسام على إمتصاص الاقمشة وذلك لأن نفاذية الهواء وتحديد قدرة تدفق الهواء عبر النسيج تتأثر بشكل أساسي بخصائص مسام الأقمشة مثل: شكل وقيمة المسام وقنوات الخيط الداخلية التي تعتمد على النسيج.




**الشكل (21-1): منحنيات نقل الامتصاص[19]**




| | 26 weft/cm | 20 weft/cm | 18 weft/cm |
|---|---|---|---|
| Texturized | 2.354 | 2.302 | 2.274 |
| Filament | 2.200 | 2.016 | 1.898 |

**الشكل(22): العلاقة بين كثافة اللحمة ونقل الامتصاص في الدقيقة الخامسة عشرة[19]**

يُظهر الشكل (21–1) منحنيات نقل الامتصاص تبدو قيم الامتصاص بشكل منحنيات امتصاص طولية أكثر من أن تكون عمودية، لكن الوقت المُستغرق للوصول لحالة التوازن أقصر، حيث وصل الامتصاص إلى حالة من التوازن بعد مرور فترة زمنية أقل من 5 دقائق، لذلك تم اختيار قيم نقل الامتصاص في الدقيقة الخامسة عشرة للتقييمات والتحليلات.

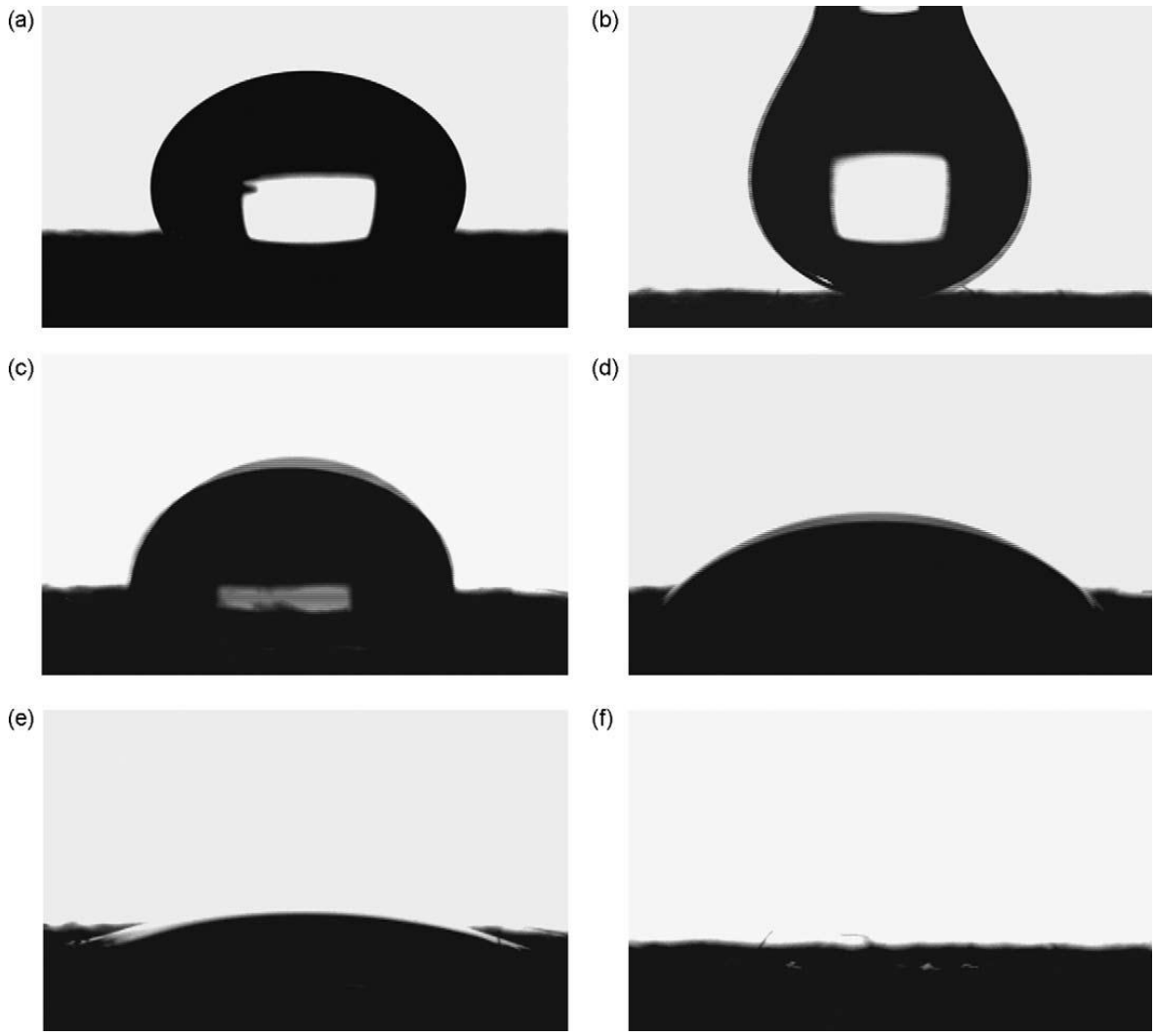
لم يُعثر على علاقة ذات دلالة احصائية بين أداء نقل الامتصاص ونوع النسج أو نفاذية الهواء، إلى جانب ذلك لم يُلاحظ تأثير نوع خيط اللحمة ضمن أداء نقل الامتصاص، وبدلا من ذلك تم تسليط الضوء على تأثير كثافة اللحمة كما رأينا في الشكل (22–1). ذُكرت هذه النتيجة أيضاً من قبل Duru و Candan الذين أشاروا إلى أنه وبغض النظر عن نوع الألياف، تميل عينات الركود إلى إعطاء أعلى قيم نقل امتصاص. وجد أن

علاقة أداء نقل الامتصاص في الدقيقة الخامسة عشرة علاقة متبادلة مع كثافة اللحمة ومع معامل بيرسون من 0.642 وقيمة P ل 0,044 خلال فاصل زمني 95%.

ومع زيادة كثافة اللحمة قد ينخفض حجم المسام مما يؤدي إلى تدهور أداء نقل الامتصاص.

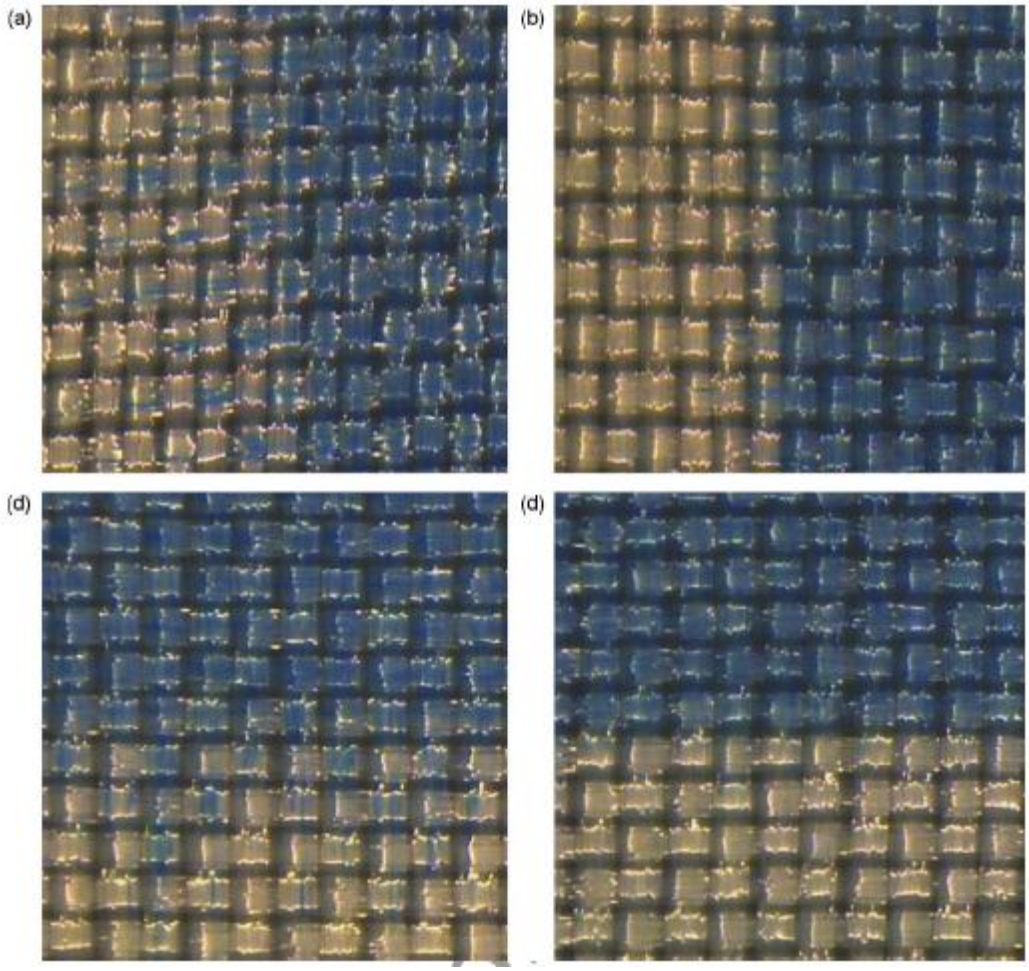
## 1-7-3 تحليل قابلية الابتلال لأقمشة البوليستر

يوضح الشكل (23-1) صور اللقطات المفصلة لقطرات الماء المقطر المنتشرة على أقمشة البوليستر المعالجة، كما يُظهر الشكل (23-1)(a) صعوبة في امتصاص القطرة على عينة البوليستر غير المعالجة حتى بعد 90 ثانية. يوضح الشكل (23-1)(B-F) أنها تحتاج فقط إلى (457 جزء من الثانية) لمعالجة هواء/بلازما، (503 جزء من الثانية) لمعالجة البلازما الهوائية لامتصاص القطرة. يمكن أن يعزى هذا التأثير إلى أن المعالجة بالبلازما لم يكسب تأثير للنقش على سطح ألياف البوليستر فحسب، بل أدخل أيضًا مجموعات قطبية($-OH, -COOH, C=O, -NH_2$) في الطبقة السطحية يمكن لكل من الإجراءات السابقة أن يُعزز ائتلاف الأقمشة البوليستر للماء.




**الشكل (23-1): مشاهد لأشكال القطرة: بعد 90 ثانية من تقطيرها على ركيزة البوليستر غير المعالجة (a) ، (s) 0 (b) (C) (ms) )117، (d) (ms) )217، (e) (ms) 317و ( f) (ms) 457بعد تقطيرها على الركائز المُعالجة هواء/ ARبلازما.[22]**

يعرض الشكل(24-1) أداء مانع انتشار الصباغ على أقمشة البوليستر المعالجة وغير المعالجة بالبلازما، كما هو مبين في الشكل (24-1) (a) و(c)، كانت ظاهرة التقطير لنسيج البوليستر غير المعالج شديدة على طول حافة اللحمة للأقمشة المطبوعة بنفث الحبر. تحسن أداء المانع للانتشار للعينة المعالجة بشكل كبير وبدقة ممتازة بعد معالجة البلازما/الهواء كما هو موضح في الشكل (24-1) (b) و(d) كان ذلك نتيجة لتحسين تآلف الأقمشة للحبر وبالتالي تسريع سرعة الإمتصاص وزيادة القدرة القابضة للأحبار.




**الشكل(24-1): صور أقمشة البوليستر التي تم التقاطها بواسطة مجهر DZ3-video مبادل التركيز في 75متعددة بعد الطباعة النافثة للحبر مع الأحبار الصبغية (A)خيوط الحمة غير المعالجة (B) خيوط اللحمة هواء/ بلازما ARالمعالجة( C)خيوط السدى غير المعالجة (D)خيوط السدى المعالجة بالبلازما.[22]**

# الفصل الثاني: الطباعة النافثة للحبر على القماش

## 2-1 تمهيد

تطورت تقنية الطباعة بالحبر النفاث على المنسوجات بوتيرة سريعة في العقود القليلة الماضية. يتضمن نظام الطباعة النفاثة بالحبر بشكل أساسي توصيل الحبر إلى وسط على شكل قطرات صغيرة، وهي الآن تقنية راسخة ولكنها لا تزالُ تستخدم بشكل أساسي لأغراض خاصة قصيرة المدى.

وعلاوة على ذلك، لا يتم استخدام تقنية الطباعة بالحبر النفاث فقط لطباعة الألوان التقليدية للمنسوجات بل تُستخدم أيضاً في بعض التطبيقات الذكية مثل طباعة المواد البيولوجية والإلكترونية على الأقمشة النسيجية لتطبيقات الاستشعار.

تعتمد جودة الطباعة بالحبر النفاث إلى حد كبير على كيفية امتصاص ونفاذ وإنتشار قطرات الحبر الصغيرة (30–50 mm in diameter)على الأقمشة المنسوجة من مواد وبنى مختلفة. أوضح العديد من الباحثون أهمية بنية النسيج ونوع الحبر ونمرة خيط الغزل والطبيعة الأليفة /الطاردة للماء على جودة الطباعة. قام Fan و kim بالتحقيق بتأثير نسج الأقمشة والمعالجة الأولية على جودة الطباعة بالحبر النفاث وقارنوا عرض الخطوط المطبوعة على الأقمشة مع عرض الخطوط المطبوعة على ورق الصور الفوتوغرافية.

ووجد الباحثون[26] أن الأقمشة الأليفة للماء يمكنها أن تعزز إمتصاص الأحبار ذات الأساس المائي لتزيد العرض بنسبة 100٪ مقارنةً بالأقمشة الطاردة للماء. تم حساب عرض الخط المُكتسب:

$$\Delta L_{w} = \frac{(L_w - L_{w0})}{L_{w0}} \times 100 \qquad (28)$$

حيــثُ: $l_w$= عــرض الخــط علــى القمــاش و$l_{w0}$عــرض الخــط علــى الــورق درس الباحثون[26] أيضا تأثير العلاجات أومواد التشميع المختلفة المطبقة على القماش. تكونت وصفات العلاج التي استخدموها إما من الجينات أو السليكون أو نانو– سيليكا، أظهرت نتائجهم أن العلاجات تُحسن من جودة الطباعة بنسبة تصل إلى أقل 60% من عرض الخط المكتسب وجودة قابلةُ للمقارنة بورق الصور الفوتوغرافية. من بين مُختلف العلاجات الأولية، فإن التشميع بنانو–سيليكا جعل الجودة أعلى (حوالي 15% عرض خط مكتسب أقل مقارنة مع مواد التشميع الأخرى). يختفي تأثير بنية النسيج على جودة الطباعة إذا تم إعطاء العلاجات الأولية.

كما قام Park وزملاءه بتقييم تأثير بنية النسيج والمعالجة الأولية ونوع الحبر بشكل أساسي، وجدوا أن جودة الصورة تعتمد على بنية النسيج وخاصة بالنسبة للأقمشة غير المعالجة، أفضل جودة خط في أقمشة السادة يليها المبرد ثم الساتين.

في أقمشة المبرد والساتين، تعوم الخيوط لمسافات أطول نظراً لانخفاض عدد النقاط المتقاطعة، لذلك يُمتص الحبر بسهولة في تلك الخيوط العائمة، ومع ذلك في نسيج السادة يتم امتصاص الحبر عند نقطة التقاطع التي تعطي عرض جيد للخط وبالتالي تؤدي لجودة طباعة أفضل، يمكن أن تتحسن جودة الطباعة بشكل كبير باستخدام أنواع معينة من التشميع ووُجد أيضاً أنّ نوع الحبر يمكن أن يكون عامل مهم جدا. تُقدم الأحبار ذات الأساس الكحولي صور ذات نوعية جيدة حيثُ تتبخر الأحبار ذات الأساس الكحولي بشكل أسرع قبل أن يحدث امتصاص كبير.

في السابق، كانت الطباعة بالحبر النفاث تستخدم فقط على الأقمشة الرقيقة (الناعمة) المنسوجة بإحكام لتحقيق جودة طباعة أعلى، لكن عندما أصبحت تقنية الطباعة النفاثة بالحبر أكثر ثباتاً، وبسبب ظهور أحبار جديدة ونهايات مُختلفة أقل تعقيداً، تم أيضًا استخدام الطباعة بالحبر النفاث لمجموعة متنوعة من الأقمشة المفتوحة والمنسوجة بشكل وثيق، الخشنة والناعمة، الرقيقة والسميكة الخ. ويمكن أيضاً أن تؤثر ميزات السطح

الدقيقة للأقمشة التي تتأثر بسلوك تجعد الخيط وفراغات الخيط الداخلية على تدفق قطرات الحبر. يتم تحديد جودة الطباعة في النهاية عن طريق كيفية تدفق هذه القطرات وترسبها على سطح الأقمشة، لذلك من المهم دراسة تدفق قطرات الحبر النفاث على أسطح النسيج وكيف يؤثر ذلك على جودة الطباعة. كما ذكرنا سابقاً، يتم طباعة بعض المواد البيولوجية والإلكترونية على أقمشة نسيجية للتطبيقات الذكية، جودة الطباعة هي في غاية الأهمية للأداء المطلوب من هذه التطبيقات، لذلك فإن دراسة انتشار قطرات الحبر النفاث على الأقمشة ذات البنية المختلفة أمر بالغ الأهمية.

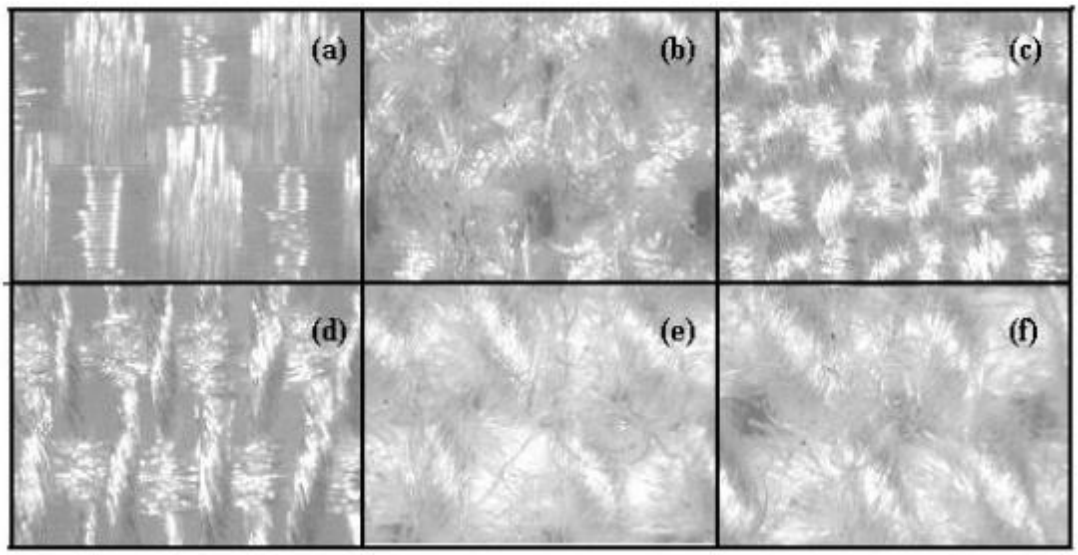
قمنا بالتحقيق في انتشار حبر الصباغ على الخيوط والأقمشة الغير معالجة والتي تختلف من حيث المتغيرات الهيكلية والسمات المادية. أصبحت أصباغ المواد الملونة تحظى بشعبية متزايدة بعد أن أثبتت أنها يمكن أن تعطي ظلال أكمل وأكثر إشراقاً دون الحاجة إلى معالجة أولية. تعتبر دراسة انتشار حبر الصباغ على بنية النسيج مهمة أيضا حيث يتم تطبيق العديد من النهايات السطحية الوظيفية على الأقمشة في شكل صباغ (بما في ذلك تلك التي تحكم النشاط البيولوجي، التوصيل الكهربائي، الخ)، قمنا أيضاً بإجراء اختبار امتصاص واختبار القطرات على الخيوط والأقمشة من أجل تحديد الارتباطات الأساسية إن وجدت بين انتشار القطرات الأكبر حجمًا والقطرات ذات الحجم الصغير جدا. سيسمح توافر الارتباطات بالتنبؤ بسلوك الانتشار الواسع القاعدة لقطرات الحبر النفاث عن طريق إجراء إما اختبار الامتصاص أو اختبار القطرات على هياكل النسيج، ستساعد الارتباطات أيضًا في تجارب صيغة الحبر وفي تقييم الأقمشة غير المعروفة للطباعة بالحبر النفاث.

## 2-2 عملية الطباعة

تمت الطباعة بالحبر النفاث على الخيوط والأقمشة باستخدام طابعة مواد (Dimatix2800) [26] الشكل(25-2). تسمح هذه الطابعة بترسب المواد السائلة على هيئة قطرات صغيرة (10 قطرات من الحجم المنخفض) باستخدام خرطوشة حبر نفاث كهروضوئية يمكن التخلص منها. يمكن إنشاء مجموعة متنوعة من الأنماط وطباعتها باستخدام برنامج محرر النماذج بالإضافة إلى ذلك، يسمح المحرر الموجي ونظام كاميرا المراقبة للقطرة بالتغيير بالنبضات الإلكترونية لجهاز النفث الكهروضوئي من أجل تحسين خصائص القطرة عند إخراجها من الفوهة، كما تم تجهيز الطابعة أيضاً بمحطة تنظيف مدمجة ويمكن تنظيف الفتحات المسدودة بطرق متنوعة. تتميز طابعة (Dimatix) بنظام رأس طباعة فريد، وهو عبارة عن رأس طباعة على غرار خرطوشة MEMS تسمح للمستخدمين بملء سوائلهم الخاصة. تحتوي كل خرطوشة على 16 فتحة متباعدة خطيا قطرها 254 ميكرون مع حجم قطرة نموذجي 10 (ميكرومتر).

**الشكل(25-2): طابعة Dimatix2800 للحبر النفاث**

استخدام الباحثون[26] حبر الصباغ ذو الأساس المائي (حبر fast Ultr للأنسجة) الذي طورته شركةTrident (بروك فيلد، ct، الولايات المتحدة الأمريكية) للطباعة. تم تطوير هذا الحبر خصيصاً لأقمشة النسيج ولا يتطلب أي معالجة أولية للأقمشة. يتم تجفيف الأقمشة عن طريق تعريضها للهواء الساخن. يحتوي حبر الصباغ بشكل عام على: أصباغ، مُبدد بوليمري، وسط تبدد، أغلفة مطلية بالأصباغ والملدنات وقد تتراوح دقة الصباغ من 25–45% حيث لا يتم الكشف عن التركيبة الدقيقة من قبل الشركة، ووجُد أن زاوية البلل للحبر في قماش البوليستر الغير متبلور تكون 45 درجة وتواتر التراشق للقطرات الحرة الدائرية هو 11 فولت و5 كيلوهرتز على التوالي. تمت طباعة قطرات وخطوط مفردة باستخدام طابعةDimatix على قطعتين من أقمشة القطن وأربعة من البوليستر مُمثلة بذلك أنواع مختلفة من خيوط الغزل والمُتغيرات الهيكلية. تظهر الأقمشة في الشكل (26–2) ويرد وصفها في الجدول(4–2). استخدم المؤلفون كل من النسيج المُعالج بمادة غروية و الغير مُعالج في الدراسة لفهم كيفية إختلاف الإنتشار على النسيج المُعالج عن النسيج الغير مُعالج. يُمكن توقع أن يكون التشميع بمادة غروية بمثابة عامل مضاد للامتصاص، حيث أنه يملأ القنوات بين الألياف أو بين الخيوط المستمرة والتي تعمل كأنابيب شعرية وكذلك بسبب طبيعة الشمع الطاردة للماء المُضافة إلى مزيج المادة الغروية. وُجد أنّ قطر الألياف في جميع الأقمشة يتراوح بين 15–10ميكرون. كان عرض الألياف المستمرة المستخدمة في خيط الغزل الشريطيPET المُعالج حوالي 25ميكرون، وبالتالي فإن قطر جميع الألياف أقل من قطر قطرة الحبر النفاث النموذجية (30 ميكرون). انتشرت الألياف المستمرة في نسيج خيط الغزل الشريطي المُعالج لإعطاء خيوط غزل أوسع. المقطع العرضي للخيوط في تلك الأقمشة مستطيلي الشكل تقريبًا، يبلغ عرضه حوالي (um)500 وسماكته حوالي 75–50 (ميكرون)، حيث أقطارها مدرجة في الجدول(4–2)




**الشكل (26-2): عينات النسيج (a) الخيط الشريطي المُعالج PET ( b) PETالمُعالج (c) PET 88(d) PET 46 (e) Cotton 34 (f) Cotton 30[26]**

تمت مُراقبة انتشار القطرات على خيوط الغزل والأقمشة تحت المجهر. وأجرى الباحثون اختبارات الامتصاص على كل نوع من خيوط الغزل المستخدمة في الأقمشة، وتم إجراء اختبارات امتصاص على الخيوط مع نهاية واحدة مغموسة في كمية مُفرطة من الحبر وقياس المسافة التي قطعها الحبر بعد دقيقتين و إجراء اختبار للقطرة عن طريق وضع قطرة بقطر 0.5 (ميكرون) على الأقمشة، وتم قياس انتشار القطرة في اتجاهين (السداء واللحمة) لجميع الأقمشة.

**الجدول( 4): وصف عينات النسيج[26]**

| القماش | خيط السداء | خيط الحدف | EP1 | PP1 |
|---|---|---|---|---|
| Sized PET tape yarn | 280 Demer,Filament yarn,non Twisted Width 410um | 310 Demer,Filament yarn,non Twisted Width_ 510um | 60 | 40 |
| Sized PET | 530 Demer,Staple Rotor yarn ,Twisted Dia 300um | 530 Demer,Staple Rotor yarn ,Twisted Dia 300um | 56 | 44 |
| PET 88 | 63 Demer,Filament yarn,Twisted,Dia_ 155 | 63 Demer,Filament yarn,non_Twisted Texnuized,Dia_ 180 | 112 | 88 |
| PET 46 | 64 Demer,Filament yarn,Twisted,Dia_ 155 | 63 Demer,Filament yarn,non_Twisted Texnuized,Dia_ 310 | 112 | 46 |
| Cotton 34 | 280 Demer(19Ne),Staple Ring Yarn,Twisted Dia_ 270um | 660 Demer(8Ne),Staple Ring Yarn,Twisted Dia 500um | 72 | 34 |
| Cotton 30 | 280 Demer(19Ne),Staple Ring Yarn,Twisted Dia_270um | 660 Demer(8Ne),Staple Ring Yarn,Twisted Dia 500um | 72 | 30 |

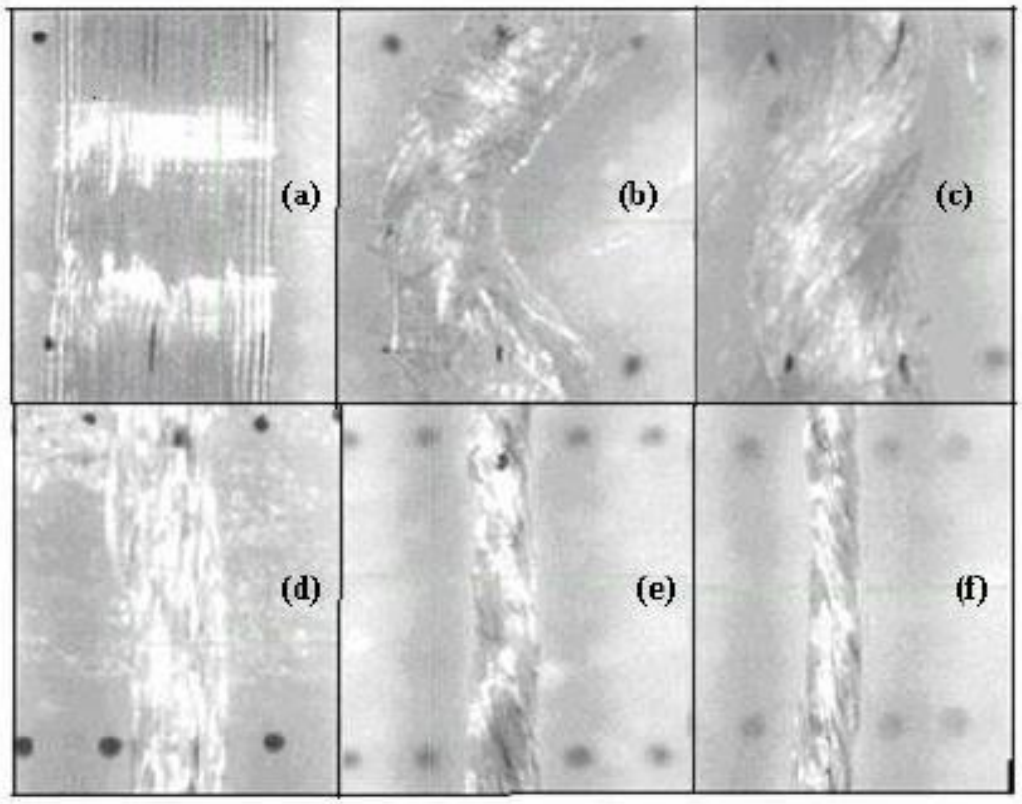
Um: ميكرون (ميكرو متر) واحدة قياس. PPI: كثافة البكسل بالإنش (Pixel per inch)

## 2-3 انتشار الحبر النفاث على الخيوط

صنع المؤلفون [35] قطرات حبر أحادية ومُتعددة (قطرة واحدة وعشرة وعشرون) لتصل نفس المكان على الخيط. تُظهر النتائج التي تم الحصول عليها الشكل (27) أن مسافة الانتشار لا تزيد بشكل ملحوظ. ويعزى ذلك بسبب انخفاض تواتر التراشق لعملية الطباعة بالحبر النفاث، حيث تجف قطرة الحبر التي تصل إلى سطح القماش قبل أن تصل القطرات المتتالية إلى نفس الموقع مرة أخرى، لذا فإن الملونات في قطرات الحبر تترسب ببساطة على بعضها البعض ويتم تقييد انتشارها. طبيعة صباغ المواد المُلونة وخصائصها مسؤولة عن التقييد، وذلك بسبب وجود أصباغ ذات محتوى مذيب منخفض جداً ووجود جزيئات على سطح المواد المُلونة وكذلك وجود جزيئات مُبدد البوليمر في الوسط، يقيد تدفق القطرات المتعاقبة، ومع ذلك فإن تأثير 10 و20 قطرة في نفس الموقع أدى إلى تحسين عمق اللون في النقاط.

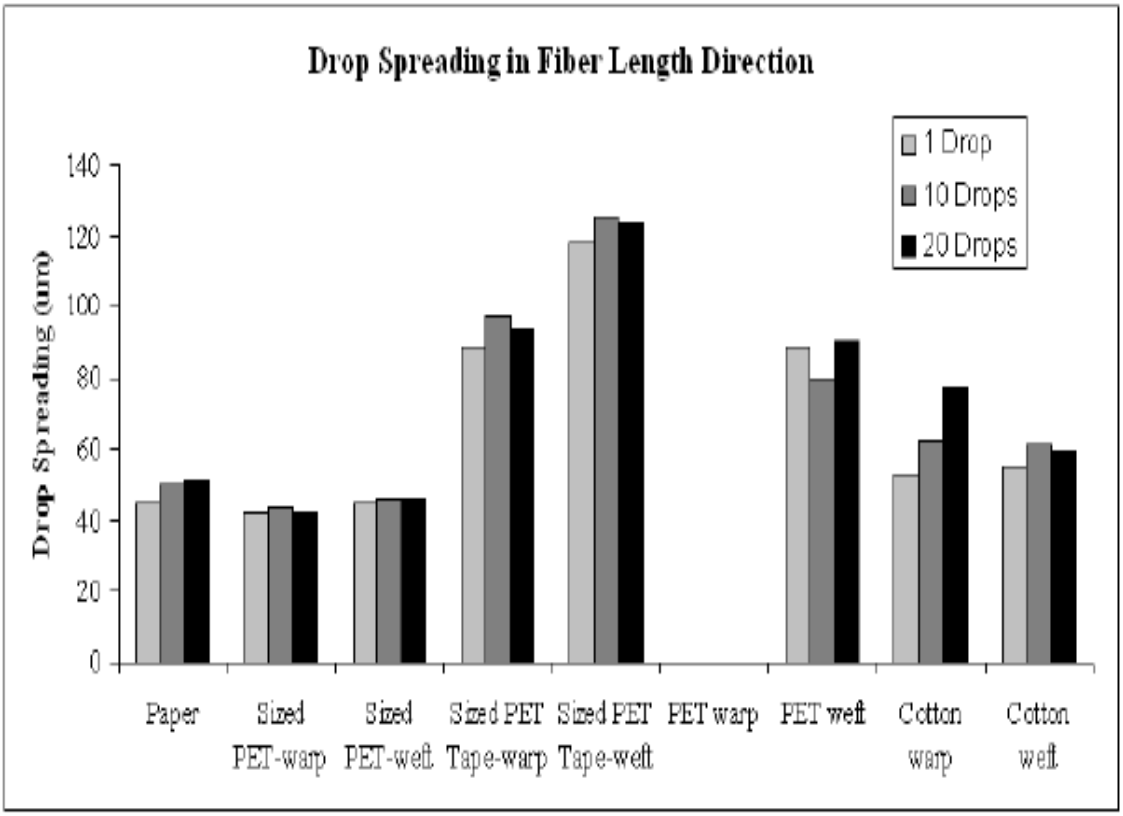
يظهر الشكل النموذجي لقطرات الحبر النفاث على مختلف الخيوط في الشكل (27-2). لاحظ الباحثون [35] ظاهرة الامتصاص فقط في الألياف المستمرة لخيوط البوليستر. اختلف انتشار القطرة على خيوط الغزل القطنية اختلافاً كبيراً عن انتشاره في الألياف المستمرة لخيوط البوليستر وقد لاحظو أن القطرات تميل إلى الانتشار في الألياف القطنية الأُحادية بدلاً من الامتصاص في القنوات التي تكونت بين الألياف (الشكل 27-2 c) في حين تظهر مجموعة من الظواهر في حالة خيوط البوليستر، تُمتص القطرات أحيانا وتنتشر أحياناً على طول سطح الألياف المستمرة وفي حالات قليلة تُشكل نقاط دائرية تقريباً على سطح الخيوط الشريطية. يحدث الانتشار على ليف مُستمر مُنفرد عندما تسقط قطرة واحدة على ليف مُستمر أحادي منفصل عن كتلة الخيوط. تظهر القطرات على هذه الألياف المستمرة المنفصلة دائرية تقريباً ومع ذلك، إذا سقطت القطرات في المنطقة المُتراصة، تُمتص في قنوات ضيقة بين ليفين مستمرين. في بعض الأحيان يمكن

أن تنقسم القطرة الواحدة ويمكن أن يتدفق السائل في أكثر من شعيرة واحدة ، يحدث هذا لأن قطر القطرة (30–40 ميكرومتر) أكبر من قطر الليف المنفرد(~ 15 ميكرومتر في معظم الأقمشة) بينما تنزل القطرات على العديد من الأنابيب الشعرية ، تبدو أكثر امتصاصاً في الشعيرات الصغيرة حيث أن الضغط الشعري أعلى بشكل ملحوظ في الشعيرات الضيقة، ويلاحظ الانتشار بشكل رئيسي في الشعيرات أو المسامات المتعددة في ألياف خيوط البوليستر المبرومة. احتوت ألياف البوليستر المبرومة شُعيرات صغيرة وضيقة مُتراصة مما سمح بانتشار القطرة في العديد من الأنابيب الشعرية. لم يُلاحظ الامتصاص في خيوط القطن، و قد يرجع ذلك إلى حقيقة أن الماء ينتشر في الحبر بسرعة داخل الألياف تاركًا وراءه مواد التلوين على السطح. تُسيطر سرعة الانتشار في القطن على الامتصاص وبالتالي لا يحدث امتصاص.




**الشكل(27–2): انتشار القطرة على خيوط الغزل( a) خيط (PET) الشريطي ( b) خيط غزل دوار مُعالج بالمواد الغروية ( c)خيط غزل من القطن( d ) ليف خيط غزل PET غير مبروم (e ) خيط PET مبروم.[35]**

وجد أيضاً أن قطرات الحبر النفاث تنتشر فقط في الاتجاه الطولي الألياف، ولم يلاحظ انتشارها في الاتجاه العمودي عليها. تم قياس الانتشار على طول اتجاه الألياف باستخدام المجهر المتوفر بطابعة Dimatix. ويبين الشكل(28–2) متوسط انتشار حبر الصباغ في الميكرون بمحاذاة طول الألياف. لم يكن بالإمكان تحديد الانتشار في الخيوط المبرومة لأن القطرات انتشرت في العديد من المسامات الصغيرة وكان من الصعب اقتفاء أثار الحبر. كما ذكر من قبل، فإن عدد القطرات لم يؤثر على انتشارها، هذا واضح من الشكل (28–2)، ومع ذلك فإن التشميع بمادة غروية في الخيوط المُعالجة بمادة غروية قد أدى إلى انخفاض انتشار القطرة. ينتج عن الامتصاص المفرط للخيوط جودة طباعة رديئة، في حين أن امتصاص أقل قد يعطي قطرات دائرية قريبة والتي تعتبر ضرورية لتأثيرات الطباعة المرغوبة. غالبًا ما يتم فحص أداء الطباعة بالحبر النفاث للحبر أو الركيزة عن طريق طباعة خطوط، عندئذ يمكن قياس جودة الطباعة باستخدام خصائص جودة الخط مثل عرض الخط، والتي يتم قياسها باستخدام تقنية تحليل الصور، الخطوط المطبوعة على الورق وجميع الأقمشة مُدرجة في الجدول (4–2). تم قياس عرض الخط في عدة مواقع (50 على الأقل) وتمت مُقارنة القيم لجميع العينات، وجد أن تقييم الخصائص الأخرى، عدم الوضوح وعدم الإتقان عن طريق تحليل الصور إشكالي بسبب طبيعة أقمشة النسيج و المسامية الزُغبية المتفاوتة جداً. تشير نتائج انتشار القطرة إلى أن القطن وأقمشة PET المعالجة تعطي جودة عالية جدًا.[35]

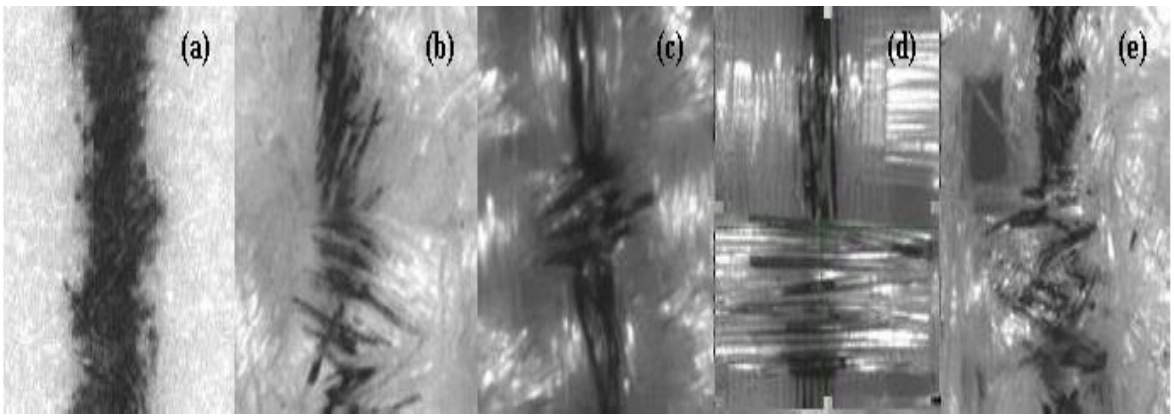



**الشكل(28–2): انتشار القطرة في الورق وخيوط الغزل.[35]**

## 2–4 طباعة خطوط على الأقمشة

قام المؤلفون بطباعة خطوط بعرض 100 ميكرومتر في اتجاه السداء واللحمة لكل نسيج وكذلك على ورق طباعة الحبر النفاث عالي الجودة من إبسون. تمت مُعاينة و قياس الخطوط تحت المجهر في عدة مواقع. تظهر صور الخطوط على أقمشة مختلفة في الأرقام اللاحقة الشكل (29–2) وجد أنّ عرض الخط يتأثر بعدة عوامل.

ينتشر أو يمُتص الحبر في اتجاه الألياف أو الشعيرات. وهكذا ظهر الانتشار في اتجاه طول النسيج في حالة خيوط السداء وفي اتجاه عرض النسيج في حالة خيوط الحدف. يمكن ملاحظة ذلك بوضوح في الصور e, d, c, b من الشكل (27–2) والتي تمثل الأقمشة المنسوجة الأربعة بينما تمثل الصورة "a" ورقة الطباعة



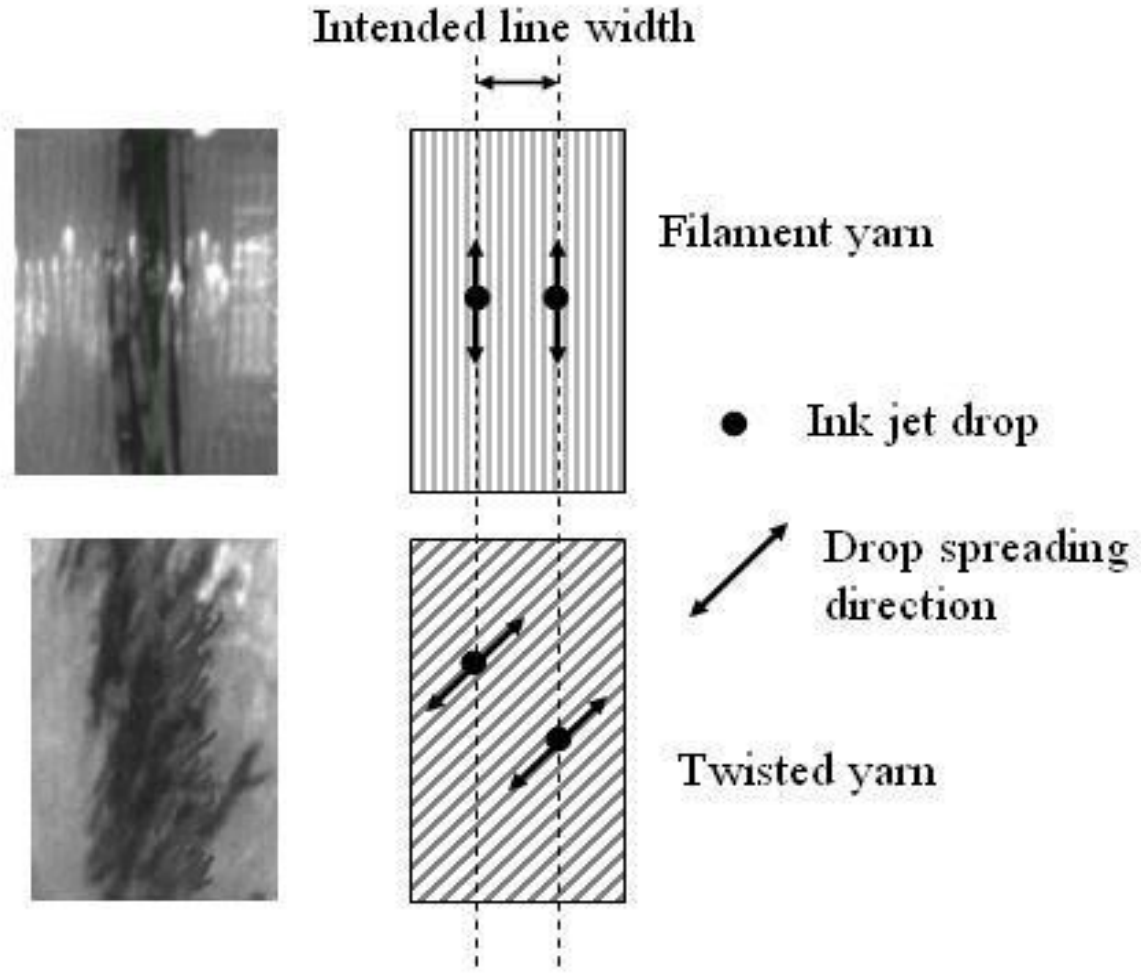

**الشكل (2–29): صور مجهريه للخطوط على( a) ورق (b) نسيج قطني 34 (c) قماش PET 88 (d) نسيج شريطي PET مُعالج (e) نسيج PET مُعالج.**

يُبين الجدول(2–5) متوسط العرض في الخيوط الطولية والمُستعرضة وأيضاً متوسط عرض الخط المطبوع في اتجاه السداء واللحمة لكل نسيج. كما يبين أنه بالنسبة للأقمشة القطنية وأقمشة PET المُعالجة بمواد غروية فإن متوسط انتشار الخط في الخيوط الطولية يكون أعلى، ويرجع ذلك إلى أن الخيوط مبرومة في هذه الأنسجة وانتشار الحبر أو امتصاصه في الاتجاه الحلزوني يُعطي عرض خط أعلى. وهذا مُبين بشكل تخطيطي في الشكل (2–30).

**الجدول (2–5): متوسط عرض الخط في Epson Paper and Fabrics يشير إلى اتجاه طول الخط في النسيج (طريق السدى أو طريق اللحمة)[26]**

| العرض(mm) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| العينات | اتجاه الانتشار الطولي | اتجاه الانتشار العرضي | المعدل | الفئة المتوسطة |
| Paper | | | 160 | 160 |
| Sized PET_warp | 138 | 225 | 182 | |
| Sized PET_Weft | 153 | 176 | 165 | 173 |
| Sized PET Tape_ Warp | 124 | 364 | 244 | |
| Sized PET Tape _Weft | 111 | 261 | 186 | 215 |
| PET 88_warp | 111 | 205 | 158 | |
| PET 88_Weft | 105 | 205 | 155 | |
| PET 46_warp | 112 | 193 | 153 | |
| PET 46_Weft | 106 | 194 | 150 | 154 |
| Coton 34_warp | 144 | 169 | 157 | |
| Coton 34_Weft | 140 | 184 | 162 | |
| Coton 30_warp | 136 | 191 | 164 | |
| Coton 30_Weft | 138 | 177 | 158 | 160 |

وجد المؤلفون[35–26] أن أحبار الصباغ تعمل بشكل أفضل في الألياف المُحبة للماء (القطن) مقارنة بالألياف الطاردة للماء (البوليستر). أعطت الأقمشة القطنية بشكل عام جودة خط أفضل من أقمشة البوليستر، على الرغم من أن متوسط عرض الخط لأقمشة البوليستر كان أقل بقليل إلا أن الامتصاص في خيوط الغزل في الخيوط المستعرضة كان عاليًا جدًا مما أعطى خط غير مُتقن تماماً. كما ذكرنا من قبل، فإن ألياف القطن تعطي جودة أعلى بسبب انتشار الماء بسرعة داخل الألياف، تاركاً وراءها الصباغ على سطح الألياف ومع ذلك، بما أن ألياف البوليستر لاتمتص الماء يُمتص الحبر من خلال الشُعيرات التي تكونت من الألياف أو الشعيرات التي تعطي عرضا أوسع للخط.




**الشكل (30–2): تأثير البرم على انتشار القطرة وعرض الخط، الامتصاص أو الانتشار في ألياف أو خيوط موجهة بشكل حلزوني في خيوط الغزل المبرومة مؤديًا لعرض خط أعلى.**

## 5-2 العلاقة بين جودة الطباعة وامتصاص خيط الغزل وانتشار القطرة

تم إجراء اختبارات امتصاص من قبل المؤلفون [26-35] وانتشار قطرة على الخيوط والأقمشة الأساسية على التوالي من أجل إيجاد أي ترابط بين انتشار قطرات أكبر حجماً وانتشار قطرات الحبر النفاث ذات الحجم دون الميكرون. في حالة وجود أي ارتباط، يمكن التنبؤ بجودة طباعة الحبر النفاث على الأقمشة فقط عن طريق إجراء اختبارات للامتصاص أو للقطرة على بنية النسيج المعنية . يبين الجدول (6-2) متوسط مسافة الامتصاص في خيوط الغزل ومتوسط مسافة انتشار القطرة في اتجاه السدى و الحدف، وكان عرض الخط في الخيوط الطولية في اتجاه الطباعة متشابهاً في جميع الحالات وكان قابلاً للمقارنة مع عرض الخط على الورق، ووجد أنه فقط عرض الخط في هذا الاتجاه يتأثر بالبرم في الخيوط. أظهرت الخيوط المبرومة عرض خط أكثر ارتفاعاً مقارنة مع خيوط الشُعيرات الغير مبرومة، غير أن عرض الخط في الاتجاه العرضي يعتمد على العديد من العوامل مثل مادة الألياف، وبنية النسيج، والبنية الشعرية وأي تشميع مُطبق، لذلك تم مقارنة عرض الخط في الخيوط المستعرضة بمسافات انتشار الامتصاص والقطرة. تم العثور على ارتباط ضعيف جداً ($R=0.34$ و$R^2=0.11$) بين مسافة الامتصاص وعرض الخط في الخيوط المستعرضة، هذا يشير إلى أن الامتصاص الرأسي في الخيوط يحكمه بنية النسيج، في حين يتأثر انتشار أو امتصاص قطرات الحبر النفاث بالهيكل السطحي أو بطبيعة الأنابيب الشعرية على سطح خيوط الغزل، ومع ذلك فقد لوحظ وجود ارتباط جيد جدا ($R=0.8, R^2=0.46$) بين مسافة انتشار القطرة وعرض الخط في الخيوط المُستعرضة وبالتالي فإن الانتشار في دراسة القطرة يحاكي انتشار قطرات الحبر النفاث بشكل جيد. لم يلاحظ اتفاق دقيق لأن قطرة 0.5 (ميكرومتر) لا يزال كبيراً بما يكفي ليحدث امتصاص و نفاذ في الخيط في وقت واحد. تحتفظ الخيوط السميكة بحبر أكثر لذلك مسافة انتشار القطرة تكون أقل فيها، لكن بما أنّ قطرات الحبر النفاث صغيرة جداً، تكون في الغالب منتشرة على السطح، والنفاذ داخل الخيوط لا يذكر.

**الجدول (6–2): مسافة انتشار وامتصاص القطرة في خيوط الغزل والأقمشة[35]**

| | المساحة ($mm^2$) | | |
|---|---|---|---|
| العينات | الإمتصاص | عمق الانتشار | عرض الخط |
| Paper | 2 | 2.8 | 160 |
| Sized PET_warp | 1.5 | 2.5 | 176 |
| Sized PET_Weft | 12 | 7.9 | |
| Sized PET flat_ Warp | 5.5 | 7.8 | 261 |
| Sized PET flat _Weft | 10 | 11.8 | |
| PET 88_warp | 6 | 7.5 | 205 |
| PET 88_Weft | 29.2 | 8.2 | |
| PET 46_warp | 6 | 8.8 | |
| PET 46_Weft | 29.2 | 4 | |
| Coton 34_warp | 13..5 | 2.9 | 184 |
| Coton 34_Weft | 41 | 2.5 | |
| Coton 30_warp | 13.5 | 2.2 | |
| Coton 30_Weft | 41 | 1.9 | |

## الفصل الثالث: الجدوى الاقتصادية

### 3-1 تمهيد

تطور استخدام الطباعة التقليدية الشبلونات في السنوات الأخيرة واستخدمت في شتى المجالات، وتتلخص بشد القماش على إطار خشبي ناعم، وتثبيته ومن ثم ضغط معاجين الطباعة على الإطار لتظهر الرسمة المراد طباعتها، حيث تشكل أساس الطباعة في بلدنا وتشكل نسبة 69% من الطباعة الموجودة. وبالرغم من الأداء العالي لهذه التقنية ولكن بسبب تكاليفها من حيث الشبلونات والزمن اللازم لصناعتها وعدم استخدامه في مكان آخر.

لجأت بعض الشركات العالمية منها Dimatex– Xenia لتصنيع آلة طباعة نافثة للحبر تعتمد على الحبر ويمكن تصميم رسومات معقدة على الكمبيوتر وتنفيذ طباعتها، ولاقت هذه التقنية رواجاً في الدول المتقدمة وتعد الطباعة الأساسية أما في بلدنا مازالت في بداية تطورها وانتشرت على شكل مطابع خاصة ولاتتعدى نسبتها 31%.

### 3-2 الطباعة الرقمية النافثة للحبر

الطباعة الرقمية هي تكنولوجيا سهلة الإستخدام وغير مضرة وهناك إجماع عالمي أنها مستقبل الطباعة على القماش ولها مزايا مثل انخفاض تكاليف إنتاج تتميز بفترات سريعة لإجراء التعديلات ولديها نظام حلول للمشاكل التي تعيق عملها.

الطباعة الرقمية تتميز بلون مشرق وتكلفة أقل وتناسب مختلف الصناعات ومناسبة لمجموعة متنوعة من الالياف( صوف، حرير، قطن ).

شركات الطباعة العالمية يجدون أن هذه التقنية لها فوائد من تأثيرها على البيئة وامتثالها لقوانين الإمتصاص وانتقال السوائل واعطائها لتصميمات معقدة تدخل في عالم الأزياء. عند مقارنة الطباعة التقليدية مع الطباعة النافثة يجب الأخذ بعين الإعتبار عدة عوامل منها الجودة، حجم الميزانية، الجدول الزمني، الرسومات المعقدة.

تتميز الأنماط المطبوعة بواسطة الطابعة النافثة للحبر بنعومة أفضل من طابعة النسيج التقليدية. من الممكن الحصول على دقة مثل الصور التي توفر المزيد من الإمكانيات للمصمم. وتتمكن الطابعة النافثة للحبر من طباعة أي عدد من الألوان. يتم تخزين جميع البيانات الفنية لصور الطباعة في الكمبيوتر لضمان اتساق العينة المطبوعة والإنتاج بالجملة. يمكن للعملاء الوصول إلى الشركة المصنعة من خلال شبكة الإنترنت. توفر طباعة المنسوجات الرقمية النافثة للحبر إمكانية تحقيق استهلاك شخصي للتجارة الإلكترونية في طباعة المنسوجات. يمكن للعملاء إرسال تصاميمهم وبياناتهم ومتطلباتهم الشخصية إلى الشركة المصنعة عبر الإنترنت. سيتم تسليم المنتجات للعملاء في غضون فترة قصيرة. ولكن في الإنتاج بالجملة الطباعة التقليدية أفضل.

تعد طباعة المنسوجات الرقمية النافثة للحبر تقنية ناشئة مدمجة مع علوم الكمبيوتر والآلات الدقيقة وتكنولوجيا البصريات الميكانيكية والكهربائية، في الخمسينيات من القرن الماضي، كان اختراع طباعة المنسوجات على الشاشة علامة فارقة في صناعة طباعة المنسوجات. في وقت لاحق، تم الترويج لطباعة المنسوجات من خلال تطبيق تقنية Computer Aid Design (CAD) وتقنية Computer Aid Manufacturing (CAM) تم تطوير طابعة نسيج نافثة للحبر. حتى أن المستخدمين يتوقعون أن تؤدي طباعة المنسوجات الرقمية النافثة للحبر إلى ثورة كبيرة في صناعة طباعة المنسوجات، ومع ذلك فإن التكنولوجيا الجديدة لن تحل محل التكنولوجيا التقليدية بين عشية وضحاها. الطباعة الرقمية النافثة للحبر النسيج لا تزال في طور النمو، والناس متحمسون للمنشأة التي يمكنها طباعة صور غير محدودة على الأقمشة. صحيح أن طباعة المنسوجات الرقمية بنفث الحبر يمكن أن تطبع آلاف الألوان بدقة الصور. ومع ذلك، فهناك مشكلات ظهرت أثناء عملية إنتاج كميات كبيرة من المنسوجات الرقمية النافثة للحبر في الممارسة العملية، على سبيل المثال تصبح حافة الأقمشة سهلة الانحناء، ويصعب الحفاظ على رأس الطباعة، وتؤدي قطرات الحبر الإضافية إلى تدمير الصورة المطبوعة. أدت المتطلبات العالية لبيئة التشغيل، ومهنية المشغل أيضاً إلى الحد من التطبيق الواسع لهذه

التقنيـة الناشـئة حاليًـا. الآن يعـرف النـاس المزيـد والمزيـد عـن فوائـد التكنولوجيـا الجديـدة والعالية، فهو يزيد من وعيهم بتثبيت طابعة المنسوجات الرقمية النافثة للحبر.[32]

## 3-3 الطباعة التقليدية الشبلونات

الطباعة التقليدية هي الطريقة المستخدمة في شركاتنا وتقسم لعدة أنواع حسب الصباغ وحسب المادة لأولية التي يراد الطباعة عليها، وفيها معدل استهلاك اعلى وارتفاع في التلوث وانخفاض القيمة المضافة حيث لا يوجد حد لحجم الطباعة ولا محدودية في الطول وتشكل خط انتاج متكامل واستخدام الصباغ القائم على المذيبات.

توجد هذه الطريقة بالشركة الخماسية بدمشق والشركة الفنية بحمص وتتم على الأقمشة القطنية بواسطة حبر ري أكتيف RIACTIV ويوجد نوع أخر بيغمنت pigment وتتم عملية الطباعة بواسطة يدوية (شاشات) أو آلية الكترونية، حيث يوضع لحبر ضمن الآلة ومن ثم يؤخذ التصميم من الكمبيوتر إلى الآلة ونضع القماش ويطبع عليه مباشرةً.

يوجد طريق أخرى لكنها غير دقيقة (البكسل في الإنش) وهي عبارة عن اسطوانات معدنية تسمى طباعة روتري تكون موادها عبارة عن خلطة فيها ماء، قليل من النفط، مثبت، صباغ، حيث يضاف يدوياً وتسمى الخلطة المائية وتتم عملية الطباعة وتجفيفها بواسطة هواء ساخن

طباعة البوليستر تتم على آلات غربية الصنع وتنقل للقماش عبر وسيط حراري بدرجة 190 لمدة 30 ثانية وثبوتيتها عالية لدرجة أنها لاتزول بوضع الأحماض عليها وحبرها المستخدم سبليميشن sublimation حيث ينتقل على القماش بواسطة مكبس حراري أو سلندر حراري، حيث يدخل الورق والقماش من جهة ويتم فصلهما ليخرج كل منهما بجهة وتكون قد تمت عملية الطباعة.

## 3-4 مقارنة بين الطباعة التقليدية والطباعة النافثة

الطباعة الرقمية (النافثة للحبر) لا تستخدم الشبلونات كما التقليدية فلا توجد جميع التكاليف المتعلقة بالنقشات المختلفة وصناعة العجينة وفي حال أطوال الأقمشة قصيرة فان عملية الطباعة التقليدية ليست اقتصادية بسبب تكلفة النقش على الشبلونات والهدر في الحبر والقماش وارتفاع تكلفة العمالة وتكلفة الوقت المستغرق في مرحلة الاعداد، لكن في الوقت الحاضر انخفاض طول القماش لكل تصميم وزيادة الرسومات في التصميم لتناسب متطلبات السوق أدت لرفع تكلفة الطباعة التقليدية واستخدام الطباعة الرقمية التي مازالت تواجه عقبات من الناحية الفنية للعمال للعمل على هذه التقنية.

تسبب المعالجة الأولية للأقمشة قبل الطباعة بالحبر النفاث تكلفة إضافية كما أنها تخلق المزيد من التعقيدات في عملية الطباعة بالحبر النفاث للمنسوجات. تتضمن المعالجة الأولية عادةً تشميع الأقمشة باستخدام المعاجين، وتتكون هذه المعاجين من عامل تثخين ومواد كيميائية تساعد على تثبيت الصبغة على الألياف، كما يمنع المعجون أيضاً امتصاص وتغلغل الصباغ داخل النسيج. بعد الطباعة يجب إزالة المعجون والصبغة غير المثبتة، مما يضيف نفقات إضافية.

المعالجة الأولية مطلوبة للطباعة باستخدام الأصباغ التفاعلية أو الحمضية أوالمشتتة بينما ليست مطلوبة للطباعة بالصبغات الملونة. استغرق تطوير الصبغات المُلونة للطباعة بالحبر النفاث بعض الوقت، حيث اسُتخدمت الصبغات المُلونة الأولية لإعطاء ظلال باهتة وأيضاً منع سد فتحات رؤوس الطباعة.

الاختلافات

١. الرقمية تنقسم الى رقمية حمضية ورقمية.
٢. تستخدم الحبر التفاعلي ويستخدم على القطن والبوليستر.
٣. الطباعة الرقمية الحرارية تستخدم لنقل الحبر لأقمشة البوليستر.
٤. الطباعة الرقمية مناسبة للزخرفة على الأقمشة.

دراسة الجدوى الاقتصادية:

الطباعة النافثة تتألف من آلة طباعة، كمبيوتر للتصاميم، مواد للمعالجة، حبر. تتراوح تكلفة المتر المربع المطبوع بالطريقة النافثة من 700–600 ليرة سورية، سعر المتر الجر بعرض 1متر من 1000–700 ليرة سورية، سعر آلة الطباعة يختلف حسب نوعها فاليابانية سعرها حوالي 140000000 ليرة، الحبر لها سعر الليتر حوالي 5000 ليرة، أما الطابعة الصينية سعرها حوالي 7500000 ليرة، الحبر الخاص بها حوالي 3000 ليرة، وتزيد تكلفة الطباعة حسب الرسمة وتعقيدها، وهذه الطريقة تعتبر سريعة جداً تتراوح من 40 إلى 200 متر بالساعة.

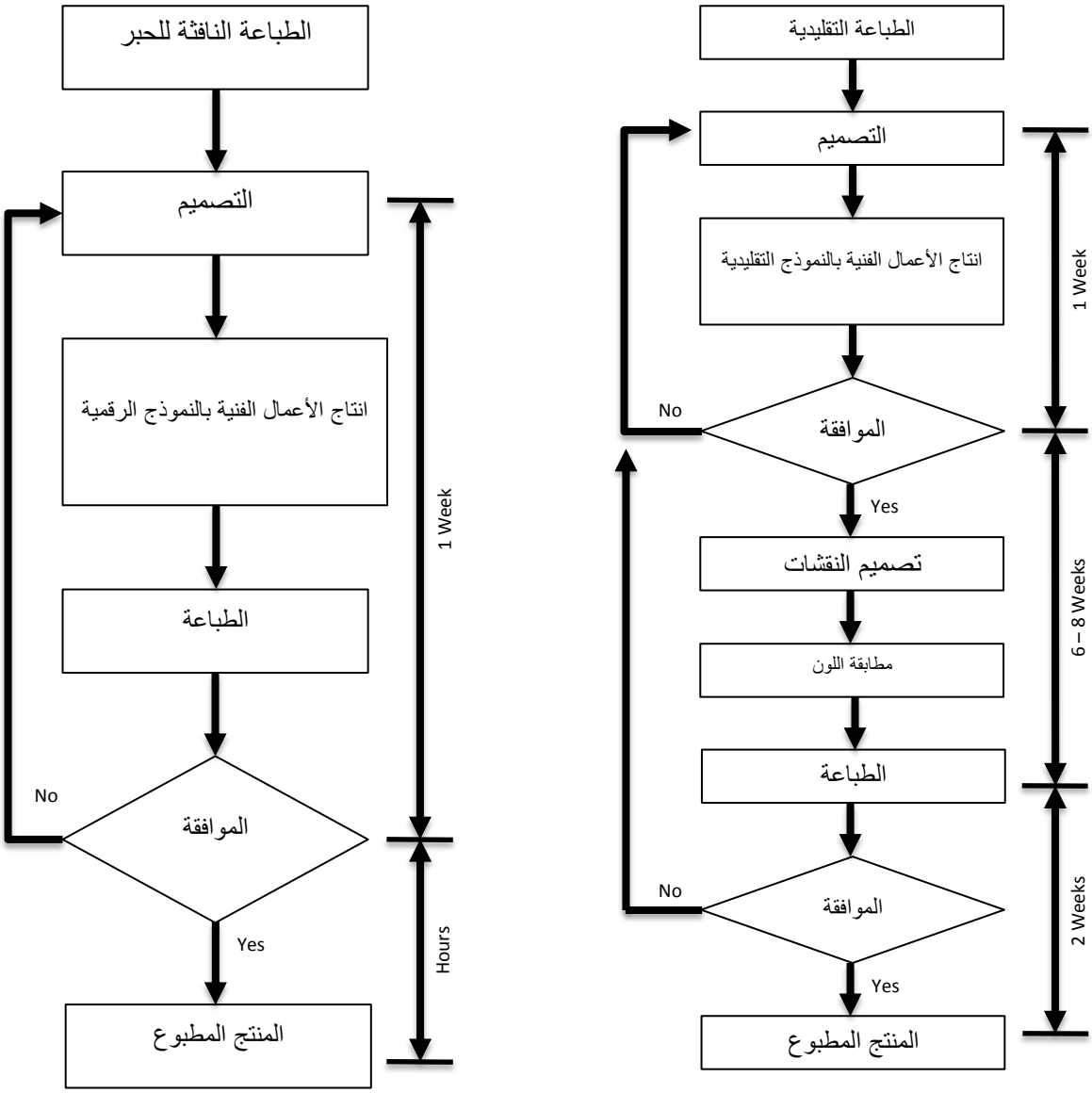
الطباعة التقليدية تتألف من آلة طباعة، كمبيوتر للتصاميم، مواد للمعالجة، حبر، شبلونات جاهزة، مادة حساسة للطباعة، مصدر قوي من الماء للتنظيف.

يتراوح سعر المتر الجر بعرض 1 متر من 1000 الى 1200 حسب الرسم وعدد الشبلونات المستخدمة والمعاجين، سعر ألات الطباعة يتراوح من 11000000 الى 15000000 ليرة حسب منشأ الآلة والموديل،

سرعة الطباعة تتراوح من 20 الى 40 متر بالساعة وذلك بعد تحضير الشبلونات والمعاجين الذي يأخذ وقت طويل ولايمكن استخدامه مرة أخرى.

الشكل(31–3) يوضح الفرق الزمني بين الطريقتين بإعتبار الزمن من أهم عوامل المقارنة حيث يحدد النوع الأفضل بسبب سرعة الإنتاج بواحدة الزمن.

وبالتالي تتميز الطباعة النافثة بأنها أفضل من التقليدية من ناحية الجودة والتكلفة بنسبة 30%، ولكن ماتزال في بداية تطورها وتحتاج لمزيد من الدعم لتسطيع الدخول الى السوق بشكل موسع.




**الشكل (31-3) : مقارنة بين الطباعة النافثة والطباعة التقليدية**

# الفصل الرابع

# 4 القسم العملي

## 4-1 تمهيد

تبين من جملة المعلومات السابقة وجود الكثير من العوامل بالإضافة لبعض المواد الكيميائية التي تستخدم لمعالجة العينات خلال عملية الطباعة النافثة للحبر.

البارامترات التي تم دراستها من خلال الدراسات المرجعية:

- ❖ نمرة الخيط
- ❖ قوى شد
- ❖ برمات
- ❖ مادة أولية
- ❖ كثافة قماش
- ❖ تركيب نسيجي
- ❖ معالجة الأقمشة

أما البارامترات التي تم دراستها خلال هذا البحث:

- ❖ معامل تغطية
- ❖ معامل امتلاء
- ❖ التركيب النسيجي
- ❖ معالجة الأقمشة.

## 4-2 المواد المستخدمة

❖ ألجينات الصوديوم: وهي مادة مثخنة يتم التخلص منها بعد الطباعة وهي مادة لزجة متبلمرة تحضر من حمض الألجينيك $(C_6H_8O_6)_n$ ⟵ $NaC_6H_7O_6$.

- ❖ محلول البفر: ومهمته ضبط قيمة ال PH
  $Na_3PO_4$ ،NaOH ،$NaH_2PO_4$ ،$Na_2HPO_4$.
- ❖ عينات قماش منسوج (شركة الدبس).
- ❖ حبر بيغمنت نوع هوبر.
- ❖ حبر سبليميشن نوع جامكو.

الأجهزة المستخدمة والمقاييس:

- ❖ جهاز اختبار الاحتكاك.
- ❖ المقياس الرمادي لاختبار الاحتكاك.
- ❖ المقياس الرمادي لتغير اللون.
- ❖ المقياس الرمادي لدرجة التلطيخ.
- ❖ المقياس الأزرق لتعيين الثباتية للضوء

## 4-3 الاجراءات التجريبية

### 4-3-1 الحسابات التقنية لعينات النسيج.

معامل التغطية: هو منطقة 1cm من النسيج مغطاه بخيوط السداء والحدف وهو مؤشر مهم على النفاذية للنسيج بالنسبة للضوء والسائل والغازات، حيث ينخفض معدل النفاذية نتيجة لزيادة معامل التغطية للسداء والحدف.

معامل الامتلاء: يعبر عن مقدار تراص القماش ضمن مساحته حيث تعبر زيادة معامل الامتلاء عن زيادة تراص القماش ويتعلق بعدة عوامل منها مادة اولية، نمرة خيوط، كثافة.

**١- العينة الأول (الصنف 2411) عينة سادة 1/1**

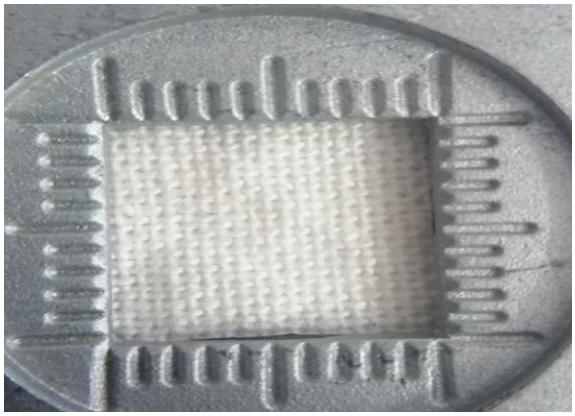
المادة الأولية قطن 100%

الكثافات والنمر الانكليزية $\frac{20*20}{19*23}$ $\frac{\text{نمرة سداء*نمرة حدف}}{\text{كثافة سداء*كثافة حدف}}$

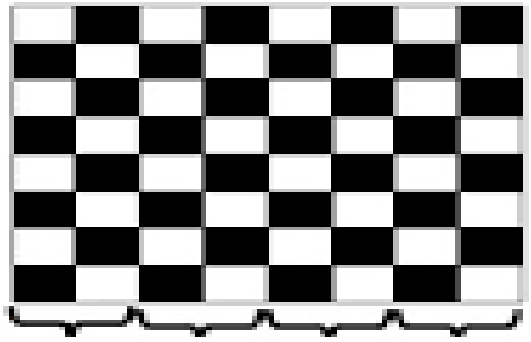
النمرة لخيوط السداء والحدف بالتكس

Ne=590/tex. Tex=590/ne =590/20=29.5tex

ويبين الشكل (32-4) عينة القماش السادة، كما يبين الشكل (33-4) التركيب النسيجي للعينة.



**الشكل (32-4): العينة الاولى الصنف (2411)**



**الشكل (33-4): التركيب النسيجي سادة 1/1**

## ٢-معامل الامتلاء للعينة ذات الصنف 2411

تم حساب معامل الإمتلاء بالعلاقات التالية:

حيث أن: D1 قطر خيط سداء. D2 قطر خيط حدف. C معامل الامتلاء.

$$d_1=d_2=\frac{\sqrt{t}}{26.7}=0.2034 \qquad (29)$$

N1=230 عدد خيوط السداء في 100(mm)

N2=190 عدد خيوط الحدف في 100 (mm)

C1= n1*d1/100= 230*0.2034/100=0.4669 % (30) تغطية سدائية

(31) C2 = n2 * d2 / 100=190*0.2034/100 = 0.3857% تغطية حدفية

(32) C = (C1 +C2)− (C1 * C2) = 0.6725 % معامل الامتلاء

**٣- معامل التغطية للعينة الصنف 2411**

$d_1=d_2=0.2034$ (mm)

d1 قطر السداء. d2 قطر الحدف. $K_f$ معامل التغطية. $K_1$ = معامل التغطية للسداء.

$K_2$ = معامل التغطية للحدف.

كثافة السداء 19 الحدف 23

$$K_f=k_1+k_2-(k_1*k_2)/28 \quad (33)$$

$$K_1=28\ c_1*(d_1/p_1) \quad (34)$$

حساب $p_1$ بالنسبة للسداء

مجموع أقطار الخيوط = كثافة السداء * قطر الخيط

(35) 0.02034 * 19 = 0.38646

مجموع الفراغات = (مجموع أقطار الخيوط) − 1

(36) 1 − 0.38646 = 0.61354 (cm)

الفراغ الواحد = 0.61354/19= 0.0322 (cm)

(37) P1=(0.02034/2)+0.0322+(0.02034/2)=0.05254

(38) K1=28*(0.02034/0.05254)=10.8397

حساب $p_2$ الحدف :

مجموع أقطار الخيوط = كثافة حدف * قطر

$$0.02037 * 23 = 0.46782 \quad (39)$$

مجموع الفراغات $1- ( 0.46782) = 0.53218$

الفراغ الواحد $=0.02313 = 23/ 0.53218$

$$P_2 = 0.02034 /2 +0.02313 + 0.02034 /2 = 0.04347 \quad (40)$$

$$K_2= 28*(0.02034/0.04347) = 13.10144 \quad (41)$$

$$K_f=10.8397+13.10144-(10.8397*13.10144)/28 \quad (42)$$

$$K_f=18.8691$$

## ٤- العينة الثانية (الصنف 1943) مبرد 1/2

المادة الأولية قطن 65% بوليستر 35%

الكثافات والنمر الانكليزية $\frac{15*15}{22*34}$ $\frac{\text{نمرة سداء*نمرة حدف}}{\text{كثافة سداء*كثافة حدف}}$

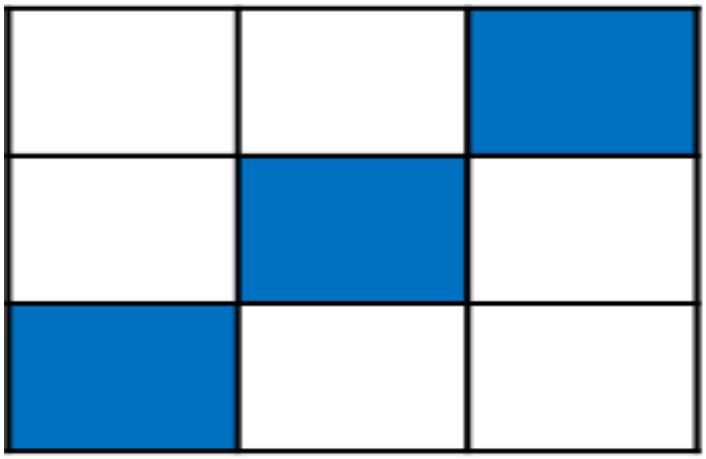
النمرة لخيوط السداء والحدف بالتكس

Ne=590/tex. Tex=590/ne =590/15=39.33 tex

Tex=39.33

ويبين الشكل (34-4) عينة القماش المبرد، كما يبين الشكل (35-4) التركيب النسيجي للعينة.

**الشكل (34-4): العينة الثانية الصنف (1943)**



**الشكل (35-4): التركيب النسيجي مبرد 1/2**

## ٥-معامل الامتلاء للعينة ذات الصنف (1943)

بتطبيق المعادلات والقوانين السابقة نجد مايلي:

$n_1$=220 عدد خيوط السداء في (100(mm.

$n_2$=340 عدد خيوط الحدف في 100(mm)

$$d1 = \frac{\sqrt{t}}{26.7} = \frac{\sqrt{39.33}}{26.7} = \frac{6.271}{26.7} = 0.2348(mm) \qquad (43)$$

$$d_2 = 0.2348(mm)$$

$$C_1 = n_1 * \frac{d1}{100} = 220 * (0.2348/100) = 0.5148 \qquad (44)$$ تغطية سدائية

$$C_2 = n_2 * \frac{d2}{100} = 340 * (0.2348/100) = 0.2983 \qquad (45)$$ تغطية حدفية

$$C = (c_1 + c_2) - (c_1 * c_2) = 1.3131 - 0.4109 = 0.90 \qquad (46)$$ معامل الامتلاء

## ٦-معامل التغطية للعينة ذات الصنف 1943

$$K_f = k_1 + k_2 - (k_1 * k_2/28) \qquad (47)$$

$$k_1 = 28\ c_1 = 28\ (d_1/p_1) \qquad (48)$$

$$K_2 = 28\ c_2 = 28\ (d_2/p_2) \qquad (49)$$

حساب p

$P_1$= نصف قطر خيط السداء +الفراغ بين خيطين متجاورين+ نصف قطر خيط السداء

معلوم ؟ معلوم

مجموع الفراغات في (cm) 1 = (مجموع اقطار الخيوط ) – 1(cm)

مجموع اقطار الخيوط = عدد الخيوط في 1(cm) (كثافة) * قطر الخيط الواحد

0.022*22 = 0.51656 (50)

مجموع الفراغات =0. 51650 – 1 = 0.48344 cm

الفراغ الواحد = مجموع الفراغات في ال (cm) 1 / عدد الخيوط في ال (cm) 1

22 / 0.48344 = 0.02197 (cm)

$P_1$= (0.02348/2) + 0.02197+(0.02348/2) =0.454 (51)

$K_1$=28(0.02348/0.0454)= 14.48105 (52)

حساب $p_2$ حدف، مجموع الفراغات = (مجموع اقطار خيوط الحدف ) – 1

مجموع اقطار الخيوط في1(cm) = كثافة (عدد الخيوط ب 1 cm )*قطر الخيط للحدف

34*0.02348 = 0.7983 (53)

مجموع الفراغات = (0.7983) – 1 = 0.2017 cm

الفراغ الواحد = 0.2017/34 =0.00593 (54)

$P_2$= 0.02348/2 +0.00593 + 0.02348 /2 =0.02941 (55)

$K_2$= 28*(0.02348/0.02941)=22.3543 (56)

$K_f$ = 14.48105 + 22.3543– ((14.48105 *22.3543)/28) (57)

$K_f = 25.27414$

## ٧- العينة الثالثة (الصنف 2413) سادة 1/1.

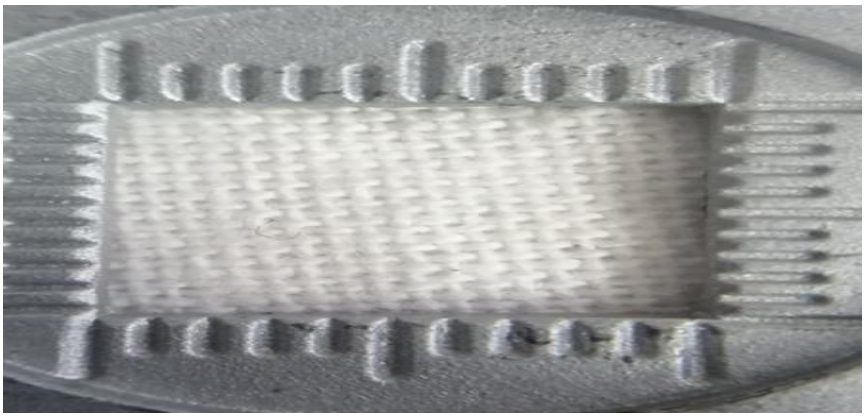
المادة الأولية قطن 100%

الكثافات والنمر الانكليزية $\frac{16*16}{16*20}$ $\frac{\text{نمرة سداء*نمرة حدف}}{\text{كثافة سداء*كثافة حدف}}$

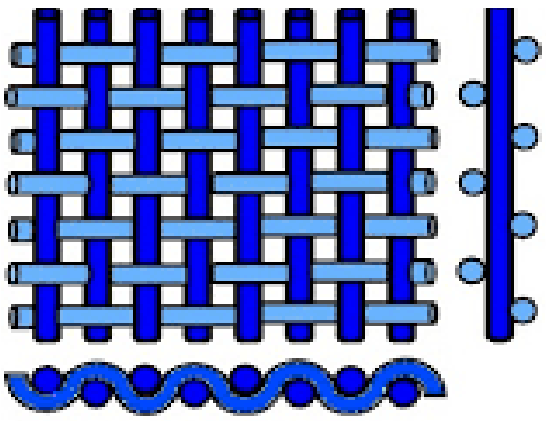
النمرة لخيوط السداء والحدف بالتكس

Ne=590/tex. Tex=590/ne =590/16=36.78 tex

ويبين الشكل (36-4) عينة القماش السادة، كما يبين الشكل (37-4) التركيب النسيجي للعينة



**الشكل (36-4) العينة ذات الصنف 2413**



**الشكل (37-4)التركيب النسيجي سادة 1/1**

**٨-معامل الامتلاء للعينة ذات الصنف 2413**

$$d_1 = d_2 = \frac{\sqrt{t}}{26.7} = \frac{\sqrt{36.87}}{26.7} = \frac{6.072}{26.7} = 0.2274 \text{ (mm)} \quad (58)$$

$n_1=200$ عدد خيوط السداء في (mm)100.

$n_2=160$ عدد خيوط الحدف في (mm)100.

$$C_1=n_1*\frac{d1}{100}=0.4548 \quad (59)$$ تغطية سدائية

$$C_2=n_2*\frac{d2}{100}=0.3638 \quad (60)$$ تغطية حدفية

$C= (c_1+c_2)-(c_1*c_2) =0.8186-0.1654=0.6531$ (61) معامل الامتلاء

**٩-معامل التغطية للعينة ذات الصنف 2413**

$$K_f=k_1 + k_2 - (k_1*k_2)/28$$

$p_1$ للسداء = نصف قطر الخيط + الفراغ بين الخيطين + نصف قطر الخيط

مجموع الفراغات = ( مجموع الأقطار الخيوط ) - 1(cm)

مجموع أقطار الخيوط = الكثافة * قطر الخيط

$$0.2274 * 16 = 0.36384 \quad (62)$$

مجموع الفراغات = 0.63616 = 1- 0.36384

الفراغ الواحد = مجموع الفراغات في ال (cm) 1 / عدد الخيوط في ال 1(cm)

$$0.63616 / 16 = 0.03976 \text{ (cm)} \quad (63)$$

$$P_1= 0.02274 /2 +0.03967 + 0.02274 /2 = 0.0625 \quad (64)$$

$$K_1=28*(0.02274/0.0625)=10.1875 \quad (65)$$

حساب $p_2$ حدف

مجموع أقطار الخيوط =كثافة حدف * قطر الخيط

$$0.02274 * 20 = 0.4548 \quad (66)$$

مجموع الفراغات $1-0.4548 = 0.5452$

الفراغ الواحد $0.5452 /2 = 0.2726$

$$P_2= 0.02274 /2 + 0.02726 + 0.02274 /2 = 0.05 \quad (67)$$

$$K_2= 28*(0.02274/0.05)=12.734 \quad (68)$$

$$K_f = 10.1875 + 12.734 - ((10.1875*12.734)/28) \quad (69)$$

$$K_f = 18.2883$$

**الجدول (7-4): نتائج الحسابات التقنية للعينات**

| العينة | معامل الامتلاء(%) | معامل التغطية | التركيب النسيجي |
|---|---|---|---|
| 2411 | 0.6725 | 18.8691 | سادة 1/1 |
| 1943 | 0.9021 | 25.2741 | مبرد 1/2 |
| 2413 | 0.6531 | 18.2883 | سادة 1/1 |

## 4-3-2 التجارب العلمية

تقسم التجربة لثلاث أقسام وذلك بعد تجهيز المواد الكيميائية للمعالجة وتجهيز الحبر

a) تجربة انتشار قطرات الحبر من خزان محدود.
b) تجربة انتشار السائل بشكل عمودي في العينات.
c) طباعة حروف وخطوط.

ويكون الحبر المستخدم نوعين:

a) Ink pigment نوع هوبر، يتميز بوضوح الصورة ومدة البقاء الطويلة ومقاوم للماء.

b) Ink sublimation نوع جامكو، يتميز بوضوح الصورة ومدة بقاءه اقصر ومقاوم للماء.

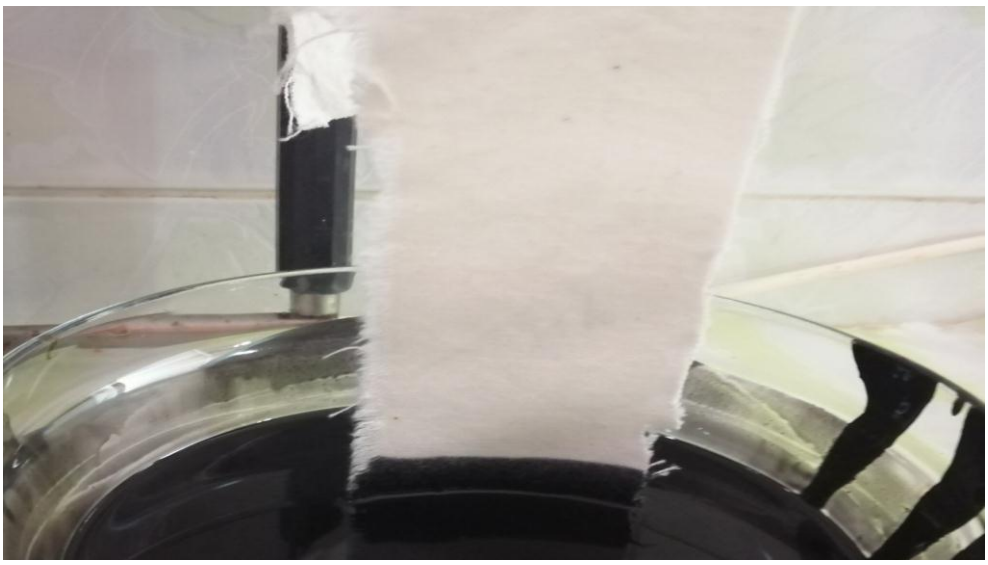
قمنا بقص العينات لقطع صغيرة 10*10 سم وذلك لكل تركيب نسيجي ثلاث قطع وذلك من أجل اختبار القطرات ثم نقوم بوضع قطرات من نوعي الحبر على العينات حيث تكون:

- ❖ عينات غير معالجة
- ❖ عينات معالجة بالألجينات
- ❖ عينات معالجة بالبفر

وتمت مراقبة عملية الانتشار والتقاط الصور خلال مدة زمنية للقطع كاملة وذلك خلال واحدة المساحة ($1(cm^2$) و تحديد تأثير المعالجة على العينات وتحديد الانتشار الأسرع خلال أزمنة مختلفة.

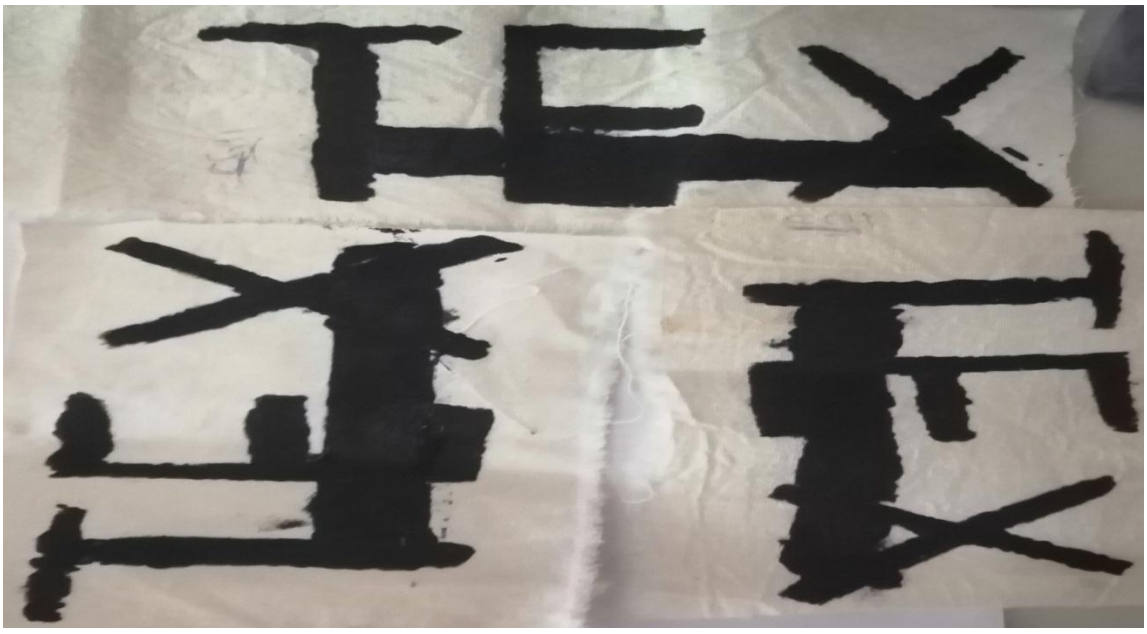
**الشكل (38-4): صور القطع النسيجية بعد تجربة القطرات**

في المرحلة الثانية من التجربة قمنا بقص العينات الثلاث لقطع مستطيلة 10*25 سم وذلك لإجراء تجربة الانتشار العمودي، حيث تم وضع الحبر في وعاء والقطع مغمور جزء منها بشكل عمودي ومراقبة الانتشار العمودي من خلال الصور ومقارنتها بالزمن.



**الشكل (39-4): تجربة الانتشار العمودي**

في المرحلة الثالثة من التجربة قمنا بطباعة خطوط وأحرف على العينات وذلك باستخدام نوعي الحبر المدروسين ثم اجراء اختبار الغسيل واختبار الاحتكاك.



**الشكل (40-4): طباعة خطوط وحروف باستخدام حبر بيغمنت**

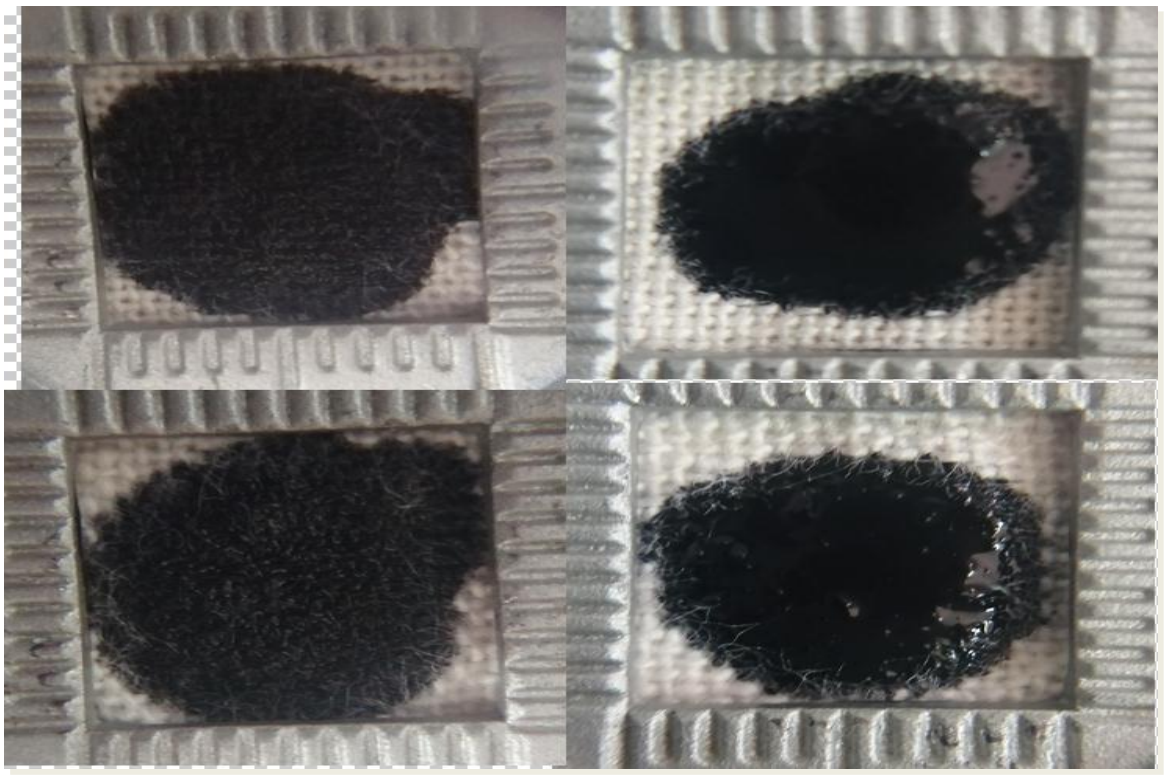
**الشكل (41-4): طباعة حروف وخطوط بحبر سبليميشن**

## 4-3-3 مناقشة نتائج التجربة

خلال التجارب التي تمت بين عينات مختلفة بالتركيب النسيجي ومع عينات متفقة بالتركيب النسيجي ولكن اختلافها بالبارامترات الأساسية لكل عينة(نمرة، معامل تغطية، معامل امتلاء) وكانت المناقشة على الشكل التالي:

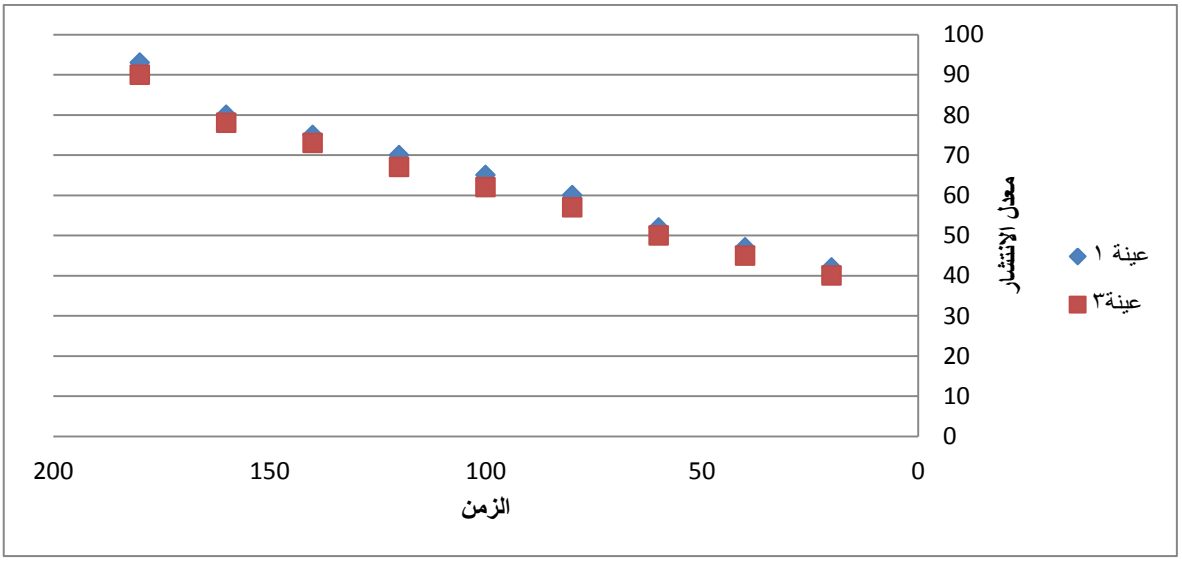
### 4-3-3-1 مرحلة انتشار القطرات

قمنا بمقارنة عينات متفقة بالتركيب النسيجي وهي سادة 1/1 ونوع حبر الذي استخدمناه بيغمنت ولكن تختلف بالبارامترات (معامل امتلاء، معامل تغطية، كثافة،) وقمنا بالتقاط صور مكبرة للعينات خلال فترات زمنية متفاوتة وتحديد معدل الانتشار خلال واحدة المساحة ($cm^2$) الصور العلوية عينة 1 الصور السفلية عينة 3. معدل الانتشار في العينة 1 أكبر من معدل انتشار العينة 3 ويعود ذلك لاختلاف البارامترات كمعامل التغطية ومعامل الامتلاء.



**الشكل (42-4): صور لعينات السادة بعد انتشار القطرات**

ويبين الشكل (43-4) مخطط النتائج في عينة السادة



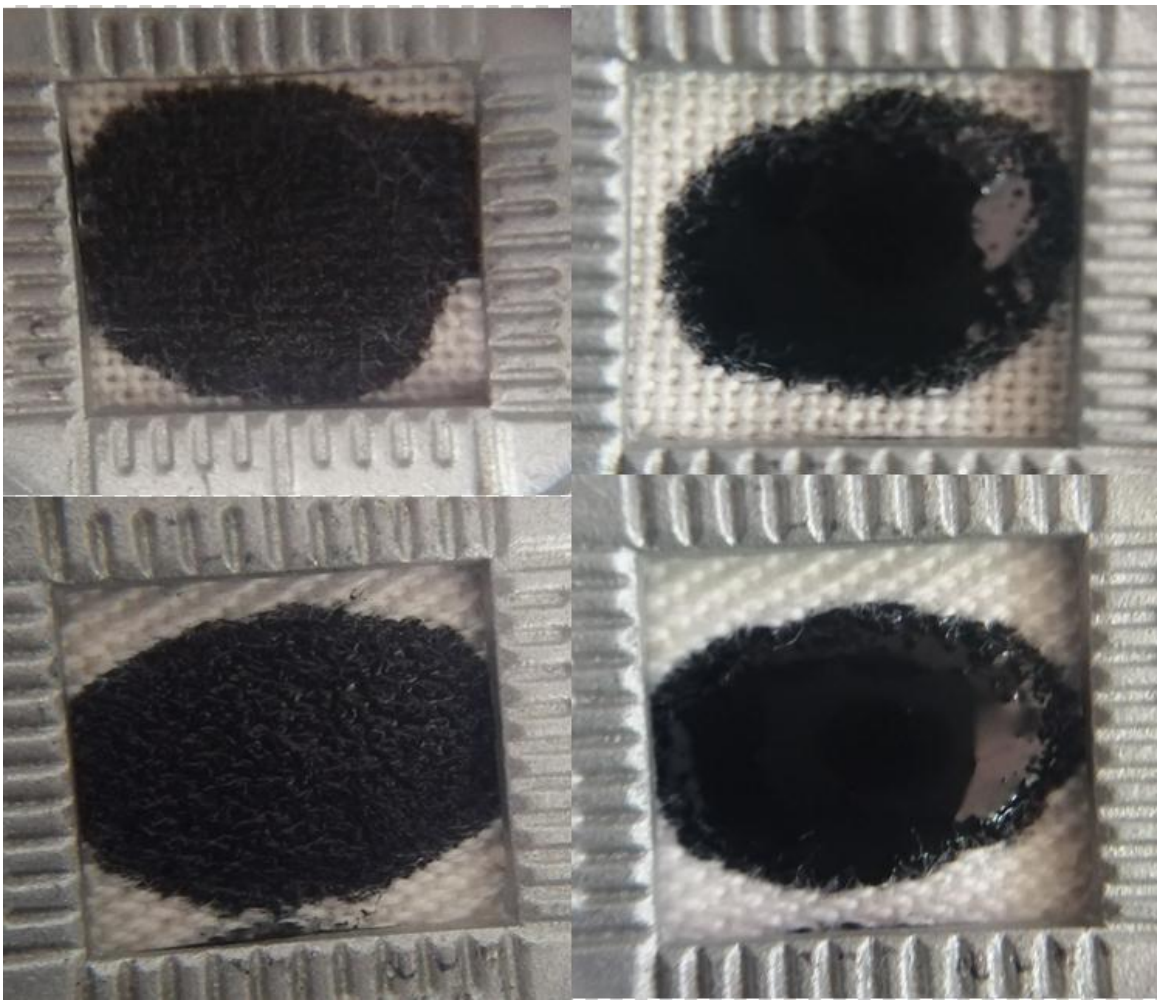

**الشكل(43-4): معدل انتشار الحبر مع الزمن.**

من خلال الصور الملتقطة للعينتين 3 ,1 في واحدة المساحة وخلال زمن دقيقة واحدة والصور الثانية خلال زمن ثلاث دقائق اتضح لنا أن معدل الانتشار في العينة 1 أكبر من معدل انتشار العينة 3 ويعود ذلك

- العينة 1 فيها معامل تغطية اكبر ومعامل امتلاء اكبر من العينة (3) وبالتالي نفاذية أقل فانتشار اسرع .

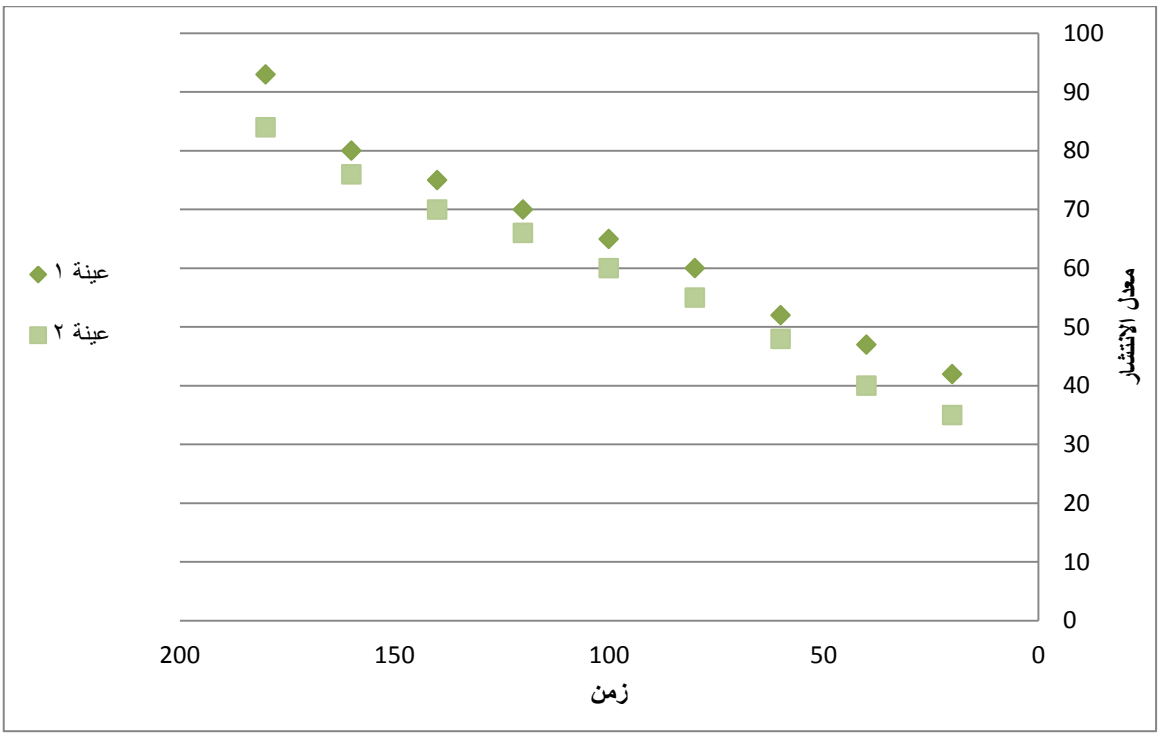
الشكل (43-4) يوضح معدل الانتشار خلال فترات زمنية متفاوتة.

استخدمنا عينات مختلفة بالتركيب النسيجي سادة1/1 ومبرد 1/2 وانتشار قطرات حبر من نوع بيغمنت وقمنا بالتقاط صور مكبرة للعينات خلال فترات زمنية متفاوتة وتحديد معدل الانتشار خلال واحدة المساحة ($cm^2$).



**الشكل (44-4): صور لعينات المبرد العلوية والسادة السفلية بعد انتشار القطرة.**

وكانت النتائج بالمخطط بالشكل (45-4)




**الشكل (45-4) معدل انتشار الحبر مع الزمن.**

من خلال الصور الملتقطة للعينتين 2, 1 في واحدة المساحة وخلال زمن دقيقة واحدة والصور الثانية خلال زمن ثلاث دقائق اتضح لنا أن معدل الانتشار في العينة 1 أكبر من معدل انتشار العينة 2 ويعود ذلك:

- عند مقارنة عينات مختلفة بالتركيب عينة 1 سادة (1/1) مع عينة 2 مبرد (1/2) تبين أن عينة السادة ذات قابلية امتصاص أكبر من عينة المبرد حيث لأن التركيب يؤثر على النفاذية للسوائل.

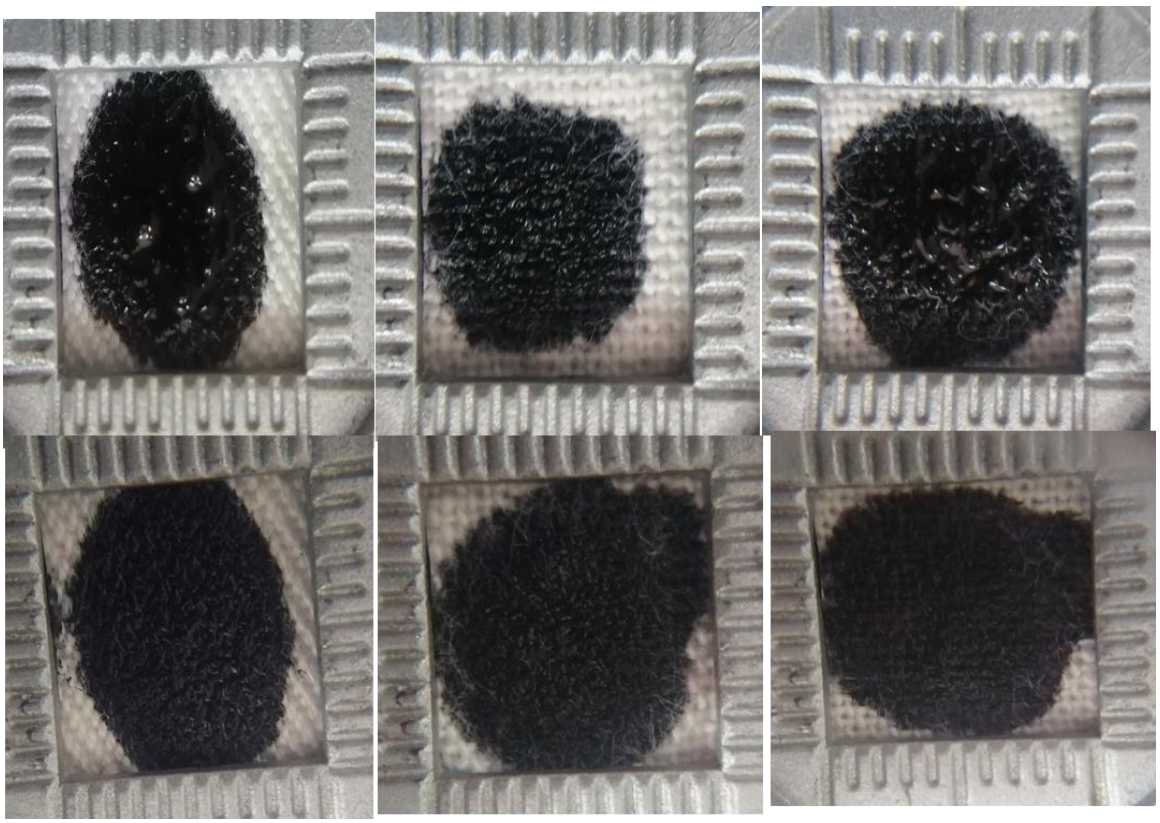
الشكل(45-4) يوضح معدل الانتشار خلل فترات زمنية متفاوتة.

قمنا بتكرار التجربة على القطع الباقية حيث يوجد قسم منها معالج:

بمحلول ألجينات الصوديوم $NaC_6H_7O_6$.

ومحلول الواقي (البفر).

وبنفس الخطوات من خلال صور مختلفة بفترة زمنية واحدة للعينات اتضح لنا فائدة المعالجة بالمحاليل السابقة واتضح مايلي:

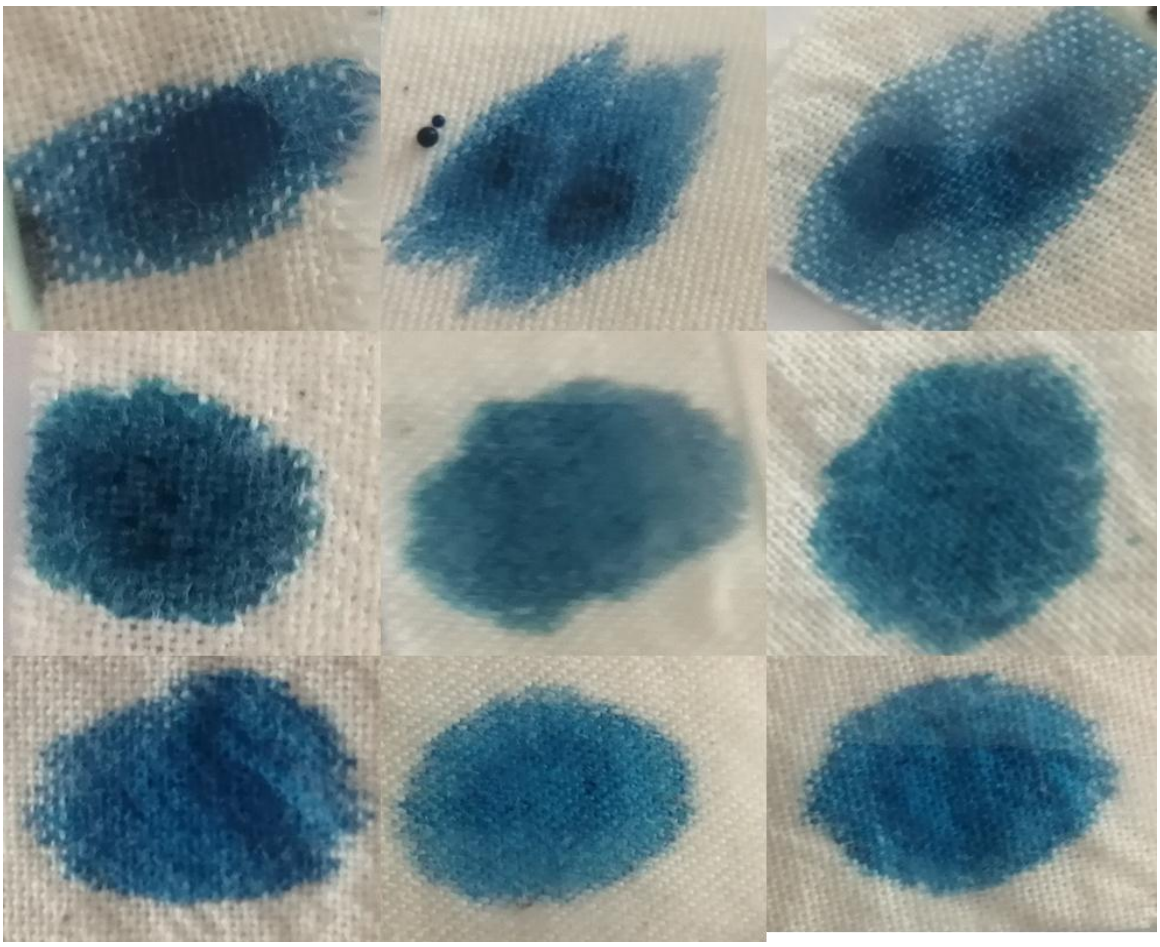


**الشكل (46-4): صور لعينات معالجة بالألجينات العلوية وعينات معالجة بالبفر السفلية.**

عند مقارنة العينات السابقة قبل اضافة محاليل وبعد الاضافة وبالصور الموجودة بالشكل(46-4) حيث كل عينة مقابل عينة معالجة بمحلول آخر تبين:

- عند اضافة محلول البفر زادت قابلية الامتصاص لدى لأقمشة الصور بالأسفل.
- عند اضافة محلول الجينات الصوديوم زاد تركيز الحبر على العينات الصور بالأعلى.

قمنا بتغير نوع الحبر وتكرار تجربة انتشار القطرات كما سبق واستخدمنا حبر سبليميشن نوع جامكو وكانت عملية المقارنة بالتقاط صور الشكل (47-4) خلال فترات زمنية متفاوتة وعينات معالجة بمحلول البفر ومحلول الألجينات ويبين الشكل (47-4) نتائج التجربة.



**الشكل (47-4): صور العينات المعالجة باستخدام حبر جامكو.**

- العينات دون معالجة: كانت سرعة انتشار بطيئة بمقدار 25% مقارنة بالعينات المعالجة وكانت سرعة الانتشار باتجاه السداء اسرع من الحدف، حيث عملية الانتشار عبارة عن نقطة كانت وبدأت تتفرع باتجاه السداء الصور بالصف الأول.
- العينات معالجة بالألجينات: كانت عملية الانتشار متوازنة باتجاهي السداء والحدف ومعدل الانتشار في عينة 1 كان أكبر بمعدل 15%، الصور بالصف الثاني.
- العينات معالجة بالبفر: كانت عملية الانتشار أكثر توازناً وكان بالاتجاهين سداء وحدف وكان الحبر يتمتع بتركيز دقة الحبر بنسبة 40%، الصور بالصف الثالث.

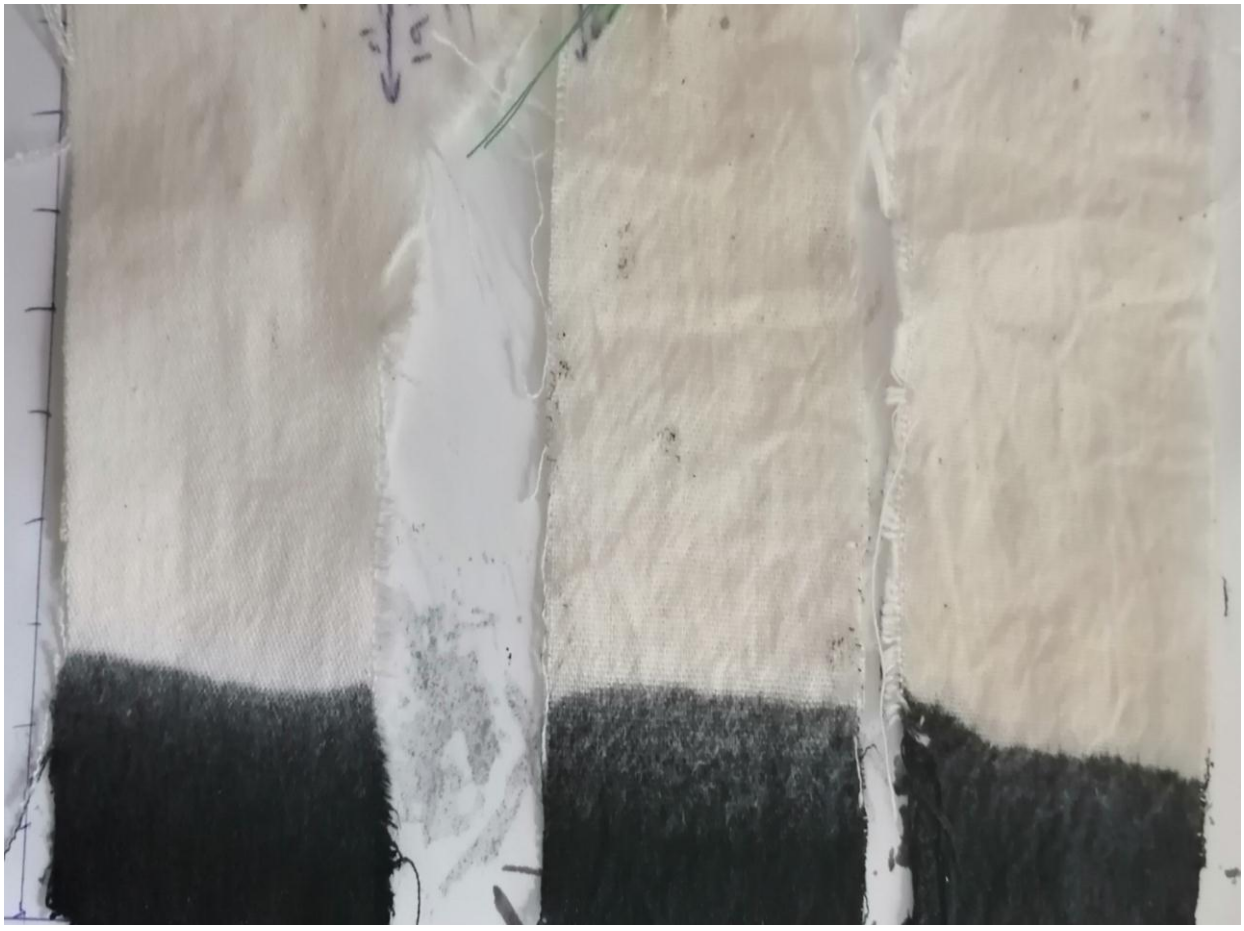
### 4-3-3-2 المرحلة الثانية الانتشار العمودي

في هذه المرحلة قمنا بتثبيت القطع بشكل عمودي وغمر الجزء السفلي منها داخل الحبر ومراقبة امتصاص الحبر بشكل عمودي وتم قياس الامتصاص العمودي بواحدة الطول

وبعد المقارنة بين العينات المتفقة بالتركيب النسيجي والمختلفة بالصور الموجودة بالشكل(48-4) أيضاً اتضح أن:

عينة السادة 1 كانت أكثر امتصاصاً من العينات الباقية بنسبة 10% ويعزى ذلك:

- الاختلاف بمعامل الامتلاء ومعامل التغطية وبالتالي التأثير على معدل النفاذية ومعدل الامتصاص.
- الاختلاف بالتركيب النسيجي كان له الأثر على معدل الامتصاص وذلك لتأثيره على النفاذية.



**الشكل (48-4): معدل الامتصاص العمودي للعينات بالإمتصاص العمودي.**

### 4-3-3-3 المرحلة الثالثة الطباعة

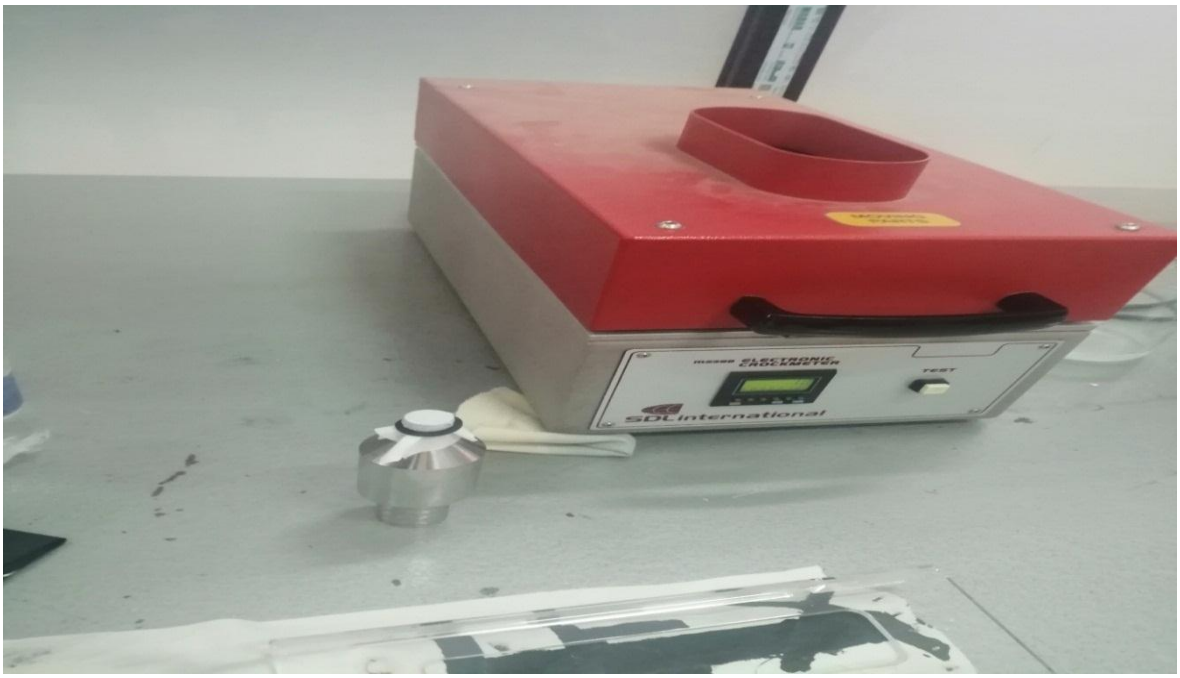
في هذه المرحلة تم طباعة خطوط وأحرف على العينات السابقة وباستخدام نوعي الحبر واجراء اختبارات على العينات المطبوعة.

- **اختبار الاحتكاك:**

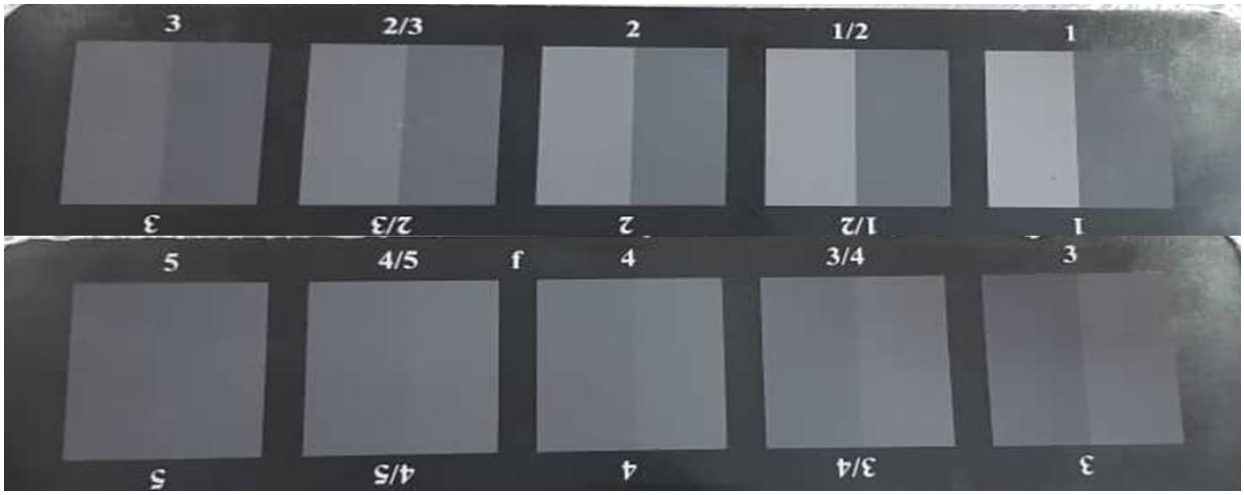
تم استخدم جهاز اختبار الاحتكاك للألوان الموجود في جامعة البعث كلية الهندسة البترولية والكيميائية قسم هندسة الغزل والنسيج، والجهاز هو (electronic crock meter M238B) (من انتاج شركة SDL) الشكل (49-4)

نضع العينة بأبعاد7.5*23 سم، ونختار عدد مرات الحك وتم اجراء الاختبار للعينات بشكل جاف وشكل رطب. تم تثبيت قماش الحك الرطب أو الجاف على رأس الحك.

واستخدام المقياس الرمادي لاختبار ثباتية الألوان للاحتكاك المؤلف من خمسة مقاييس وكل مقياس مؤلف من اثنين للقيم الوسطى، القيمة 5 مؤلفة من مقياسين لونهما أبيض بجانب بعضهما وتدل على عدم وجود اختلاف بين القطعة الملطخة والقطعة الأصلية وتتم مقارنتها مع المواصفة السورية رقم (2014/112).




**الشكل (49-4): جهاز اختبار الاحتكاك.**




**الشكل (50-4): المقياس الرمادي لاختبار ثباتية الألوان.**

الدرجات من 5-1 تمثل مستطيلات مقسومة لقسمين أبيض ورمادي الشكل (50-4).

وكانت نتائج الاختبار كمايلي:

**الجدول (8-4) نتائج اختبار الاحتكاك لحبر بيغمنت**

| العينة | جاف | رطب |
|---|---|---|
| 1 | 3 | 1/2 |
| 2 | 4 | 3 |
| 3 | 4/5 | 2/3 |

من الجدول (8) عينة 2413 أعلى قيمة في قيم المقياس حيث في حالة الاختبار الجاف كانت درجة التلطيخ خفيفة جداً وحالة الاختبار الرطب تلطيخ متوسط.

ويعود ذلك أن معامل الاحتكاك يكون أكبر بمرتين في الطريقة الجافة، هذا يعني أن جزءاً مهما من العمل الميكانيكي المبذول يؤدي لتلف المادة، نتيجة لذلك يكون مقدار جزيئات الأصبغة المنتزعة أكبر مقارنة بالاحتكاك الجاف.

**الجدول (9-4) نتائج اختبار الاحتكاك لحبر سبليميشن**

| العينة | جاف | رطب |
|---|---|---|
| 1 | 3/4 | 1 |
| 2 | 2/3 | 1 |
| 3 | 3/4 | 1 |

مقارنة العينات باختبار الاحتكاك مع المواصفة السورية رقم 2014/ 112 اختبار ثباتية الألوان للاحتكاك

تحتوي المواصفة على دلالات المقياس الرمادي ودلالاته

حبر بيغمنت العينة 3 افضل عينة في حالة اختبار جاف / رطب.

حبر سبليميشن العينة 3/1 أعطت أفضل النتائج بالجاف وكانت النتيجة واحدة في الرطب

وجدنا أن عينات القماش ذو التركيب السادة أعلى ثباتية للاحتكاك من المبرد حيث كان التلطيخ طفيف وفي حالة الرطب العينات جميعها متوافقة وهيي أقل من الجاف بسبب تلف المادة.

- **اختبار الثباتية على الغسيل**

تم اختبار الثباتية على الغسيل بوضع قطعتي قماش المراد اختبارها وقطعة بيضاء وتخاط القطعتين مع بعضها، ويحوي محلول الغسيل على( 5(g/l صابون وتتم عملية الغسيل في الدرجة 60 لمدة نصف ساعة وبإضافة (2(g/l كربونات الصوديوم وبعد الانتهاء منها تشطف العينة بالماء البارد لمدة عشر دقائق وتعصر وتجفف وتقارن العينة المغسولة مع الأصلية غير المغسولة ومع المقياس الرمادي المخصص لتقييم تغير اللون حسب المواصفة السورية رقم(89/1978).

يعطي المقياس خمس درجات كما يلي:

**الجدول (10-4): توصيف تغير اللون للعينة المصبوغة**

| الدرجة | ملاحظات |
|---|---|
| 5 | لاتغير في اللون بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول |
| 4 | تغير طفيف جداً بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول |
| 3 | تغير متوسط بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول |
| 2 | تغير واضح بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول |
| 1 | تغير كبير بين العينة المغسولة والقماش المصبوغ غير المغسول |

أما درجة التلطيخ على العينات البيضاء غير المصبوغة فتقدر بالمقياس الرمادي المخصص للتلطيخ، وتتم المقارنة بين قطع القماش الملطخة مع المقياس الرمادي الذي يأخذ التدريجات التالية:

**الجدول (11-4): توصيف تلطيخ العينة البيضاء المجاورة للعينة المصبوغة**

| الدرجة | ملاحظات |
|---|---|
| 5 | لا يحدث تلطيخ على العينة البيضاء الملتصقة بالقماش المصبوغ |
| 4 | تلطيخ طفيف على العينة البيضاء الملتصقة بالقماش المصبوغ |
| 3 | تلطيخ متوسط على العينة البيضاء الملتصقة بالقماش المصبوغ |
| 2 | تلطيخ غامق على العينة البيضاء الملتصقة بالقماش المصبوغ |
| 1 | تصبغ العينة البيضاء الملتصقة بالقماش المصبوغ بشكل كامل |

وكانت نتائج الاختبار كما هي مبينة في الجداول(12-4)(13-4):

تعرف العينة الملطخة: هي عينة من الصوف او القطن تكون مرافقة للعينة المطبوعة باختبار الغسيل وتقاس درجة التصبغ عليها بواسطة قيم المقياس

**الجدول (12-4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر بيغمنت**

| العينة | تغير لون العينة | تلطيخ العينة البيضاء |
|---|---|---|
| 1 | 3/5 | 4/5 |
| 2 | 4/5 | 4/5 |
| 3 | 3/5 | 4/5 |

**الجدول (13-4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر سبليميشن**

| العينة | تغير لون العينة | تلطيخ العينة البيضاء |
|---|---|---|
| 1 | 1/2 | 1/2 |
| 2 | 1/2 | 2/3 |
| 3 | 1/2 | 1/2 |

تم إعادة اختبار الثباتية على الغسيل وذلك بإستخدام محلول غسيل عبارة عن مسحوق غسيل اتوماتيك مكون من بروبورات الصوديوم وثلاثي فوسفات الصوديوم وكبريتات الصوديوم والكلور المركز، مسحوق (نورا) وتتم عملية الغسيل في الدرجة 60 لمدة نصف ساعة وبإضافة وبعد الانتهاء منها تشطف العينة بالماء البارد لمدة عشر دقائق وتعصر وتجفف وتقارن العينة المغسولة مع الأصلية غير المغسولة ومع المقياس الرمادي المخصص لتقييم تغير اللون حسب المواصفة السورية رقم(89/1974).

وكانت نتائج الاختبار كما هي مبينة في الجداول(14-4)(15-4):

**الجدول (14–4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر بيغمنت**

| العينة | تغير لون العينة | تلطيخ العينة البيضاء |
|---|---|---|
| 1 | 3/5 | 4/5 |
| 2 | 4/5 | 4/5 |
| 3 | 2/3 | 4/5 |

**الجدول (15–4) نتائج اختبار الثباتية على الغسيل لعينات حبر سبليميشن**

| العينة | تغير لون العينة | تلطيخ العينة البيضاء |
|---|---|---|
| 21 | 1/2 | 1/2 |
| 2 | 1/2 | 2/3 |
| 3 | 1/2 | 1/2 |

مقارنة العينات بعد اختبار الثباتية على الغسيل مع المواصفة السورية رقم (1978/ 89) اختبار ثباتية الألوان المقياس الرمادي لتحديد درجة التلطيخ حيث تحتوي على دلالات المقياس ويتضح من النتائج التجريبية نجد أن:

حبر بيغمنت العينة 1 درجة التلطيخ خفيفة جدا

حبر سبليمشن العينة 2 درجة التلطيخ غامقة

وتمت المقارنة مع المواصفة السورية رقم (88/2001) اختبار ثباتية الألوان المقياس الرمادي لتقييم التغير في اللون حيث تحوي على دلالات المقياس وكانت النتائج

حبر بيغمنت العينة 2 تغير طفيف جداً

حبر سبليمشن العينات جميعها نفس الدرجة.

ونجد عينة المبرد 2 تعطي أفضل قيمة في المقياسين وبالنسبة لنوعي الحبر المستخدم. بالنسبة للحبر أظهرت الاختبارات أن حبر بيغمنت أفضل حيث كانت قيمه أعلى وفعاليته أفضل.

ونجد عند تكرار اختبار الثباتية على الغسيل مع استخدام مسحوق غسيل اتوماتيك مكون من بروبورات الصوديوم وثلاثي فوسفات الصوديوم وكبريتات الصوديوم والكلور المركز مسحوق (نورا) وقمنا بالمقارنة مع المقياس الرمادي لتقييم تغير اللون وتحديد درجة التلطيخ والمقارنة مع المواصفات السورية القياسية السابقة كانت النتائج تشير الى أن مسحوق الغسيل يؤثر على ثباتية اللون وتكون القيم أقل من الحالة باستخدام الصابون حيث أن المواد الداخلة بتركيب المسحوق تؤدي لإزالة اللون وهذه المواد هي كربونات الصوديوم وجذورها مثل سيليكات الصوديوم( $Na_2Sio_3$ )، وكربوكسي ميتيل سيللوز CMC يساعد في تشتيت وتفتيت المركبات الزيتية ذات الصيغة العامة

$R-CH_2CO_2H$ ويمنع إعادتها لشكلها السابق على الأقمشة القطنية والسيللوزية.

# الفصل الخامس

## 5-النتائج والمقترحات

### 5-1- النتائج والمناقشة

خلص البحث إلى هذه النتائج والمقترحات على المستوى النظري والتطبيق العملي

- معدل امتصاص الرطوبة الزائدة للقماش القطني يمكن أن تصل إلى 25% ومعدل الإنتفاخ لإمتصاص الماء للقماش القطني يمكن تصل إلى 30% وأبعاد المسام في القماش $0.1251\pm0.0062(mm)$ and $\pm 0.0029(mm)$
- معادلة Lucas كانت ملائمة من أجل تقييم سلوك الإمتصاص للأقمشة.
- نسبة الامتصاص في اتجاه الحدف كانت مرتفعة مقارنة مع السداء، بشكل خاص في بداية عملية الامتصاص ومربع الامتصاص لديه علاقة متبادلة موجبة وحيدة مع الوقت في اتجاهات السداء والحدف.
- كتلة السائل الممتص في القماش لم يكن لها اختلاف هام في السداء والحدف.
- للتركيب النسيجي ونفاذية الهواء تأثيراً على الامتصاص.
- للفراغ الشعري وترتيب هذه الفراغات تأثير كبير على الإمتصاص، في حين كان لأحجام المسام تأثيراً أكبر فيما يتعلق بأداء نقل الامتصاص.
- عموماً قدّم حبر الصباغ جودة طباعة جيدة جدا. كان عرض الخطوط على معظم النسيج مشابهاً لعرض الخطوط على ورق نفث الحبر عالي الجودة.
- بشكل عام أعطت أقمشة القطن أفضل جودة للطباعة. قد يتم استخدام خيوط السليلوز مثل حرير الفسكوز على هذه المشاكل ويمكن أن يعطي جودة طباعة ممتازة بسبب طبيعتها المحبة للماء، حيث يمكن أن ينتشر الحبر بشكل أسرع قبل أن يتمكن من امتصاصه.

- من الناحية الاقتصادية التكلفة ثابتة بين النوعين من حيث الآلة والحبر والمعالجة أما التكاليف المتغيرة في الطباعة التقليدية تتمثل بالشبلونات التي تستخدم لمرة فتعتبر اضافية، الطباعة النافثة تحتاج لكمبيوتر ويعتبر تكاليف متغيرة.
- بالمقارنة تكاليف الطباعة التقليدية أكبر لذلك تحتاج لكمية من القماش المطبوع كبيرة ليتم تعويض التكاليف وتحقيق الربح.
- يتضح أنه في حالة الطباعة لكميات قليلة أقل من الف متر يجب استخدام الطباعة النافثة لتحقيق الربح المطلوب.
- معدل الانتشار في العينة 1 أكبر من معدل انتشار العينة 3 ويعود ذلك العينة 2411 فيها معامل تغطية اكبر ومعامل امتلاء أكبر من العينة (2) وبالتالي نفاذية أقل فانتشار اسرع .
- عند مقارنة عينات مختلفة بالتركيب عينة 1 سادة (1/1) مع عينة 2 مبرد (1/2) تبين أن عينة السادة ذات قابلية امتصاص اكبر من عينة المبرد حيث لأن التركيب يؤثر على النفاذية للسوائل.
- العينات دون معالجة: كانت سرعة انتشار بطيئة مقارنة بالعينات المعالجة وكانت سرعة الانتشار باتجاه السداء اسرع من الحدف، حيث عملية الانتشار عبارة عن نقطة كانت وبدأت تتفرع باتجاه السداء.
- العينات معالجة بالألجينات: كانت عملية الانتشار متوازنة باتجاهي السداء والحدف ومعدل الانتشار في عينة 1 كان أكبر.
- العينات معالجة بالبفر: كانت عملية الانتشار أكثر توازن وكان بالاتجاهين سداء وحدف وكان الحبر يتمتع بتركيز.
- حبر بيغمنت العينة 3 افضل عينة في حالة اختبار جاف / رطب.
- حبر سبليميشن العينة 3/1 أعطت أفضل النتائج بالجاف وكانت النتيجة واحدة في الرطب.
- عينات السادة أعلى ثباتية للاحتكاك من المبرد، حيث كان التلطيخ طفيف وفي حالة الرطب العينات جميعها متوافقة وهيي أقل من الجاف بسبب تلف المادة.
- حبر بيغمنت العينة 1 درجة التلطيخ خفيفة جدا.

- حبر سبليمشن العينة 2 درجة التلطيخ غامقة.
- حبر بيغمنت العينة 2 تغير طفيف جدا.
- حبر سبليمشن العينات جميعها نفس الدرجة.
- ونجد عينة المبرد 2 تعطي أفضل قيمة في المقياسين وبالنسبة لنوعي الحبر المستخدم. بالنسبة للحبر أظهرت الاختبارات أن حبر بيغمنت أفضل حيث كانت قيمه أعلى وفعاليته أفضل.
- أن مسحوق الغسيل يؤثر على ثباتية اللون وتكون القيم أقل من الحالة باستخدام الصابون حيث أن المواد الداخلة بتركيب المسحوق تؤدي لإزالة اللون وهذه المواد هي كربونات الصوديوم وجذورها مثل سيليكات الصوديوم( $Na_2Sio_3$ ) وكربوكسي ميتيل سيللوز CMC يساعد في تشتيت وتفتيت المركبات الزيتية ذات الصيغة العامة $R-CH_2CO_2H$ ويمنع إعادتها لشكلها السابق على الأقمشة القطنية والسيللوزية.

## 5-2 المقترحات

- استخدام طرق مراقبة وكاميرا تلسكوبية وأجهزة قياس مستوى السائل وذلك لإعطاء نتائج تناسب الاستخدام المطلوب.
- دراسة خواص وبارامترات للأقمشة النسيجية غير العوامل التي تم دراستها ودراسة تأثيرها على انتشار وامتصاص الحبر.
- استخدام ألوان اضافية من الحبر للحصول على تصاميم أعقد.

## 5-3 التوصيات

- العمل على استخدام هذه التكنولوجيا في الطباعة على المنتجات النسيجية اعتمادا على النتائج التجريبية.
- ضرورة القيام بمزيد من الدراسات التي تتعلق بلزوجة الحبر ومواصفاته ورأس النفث وتطويرهم.
- اجراء دراسات معمقة على المواد الكيميائية المستخدمة بمعالجة الأقمشة قبل وبعد الطباعة النافثة من حيث الثباتية على الاحتكاك والغسيل وتحديد مدى ايجابيتها.
- يفضل استخدام حبر بيغمنت على الأقمشة التي تتعرض لعمليات غسيل قليلة مثل البرادي.

# قائمة المراجع العلمية


1-Powell, N, (Dec.7 ,2016). Fabric Factors Impacting Digital Printing, NC State University.

2- Mhetre,S. (2009). Effect of fabric structure on liquid transport, Georgia Institute of Technology. NO.5.

3-Washburn, E. (2010). The Dynamics of Capillary Flow. Physical Reviews, 17: p. 273.

4-Nyoni, A. & Brook, D. (2006). Wicking mechanisms in yarns - the key to fabric wicking performance. Journal of the Textile Institute, 97: p. 119.

5. Perwuelz, A.,& Mondon, P. and Caze, C. (2000). Experimental Study of Capillary Flow in Yarns. Textile Research Journal, 70: p. 333.

9-Hamdoaoui, M. (2007). Dynamics of capillary rise in yarns: Influence of fiber and liquid characteristics. Applied polymer journal of science, 60: p.23

10- Bayramli, E. and Powell, R.L.(1991). *Experimental investigation of the axial impregnation of oriented fiber bundles by capillary forces.* Colloids and Surfaces, 56: p. 83,346.

11- Zhang, Y. et al., (2007). *Modeling of capillary flow in shaped polymer fiber bundles.* Journal of Materials Science, **42**: p. 8035.

12- Rajagopalan, D.,& Aneja, A.P. and Marchal, J.M.(2001). *Modeling capillary flow in complex geometries.* Textile Research Journal, **71**: p. 813.

13- Liu, T. & Choi K. f. and Li, Y. (2008). *Wicking in Twisted Yarns.* Journal of Colloid and Interface Science, **318**: p. 134.151

14- Wiener, J. and Dejlová, P. (2003). *Wicking and wetting in textiles.* AUTEX Research Journal, **3**: p. 64.

15-Kothari,V.Fanguiero,R. (2007). Moisture transmission through textiles. AUTEX Research Journal.

16-Hsieh,Y.L. (1994) Wetting Contact Angle Derivations of Cotton Assemblies of Varying Parameters. Textile Research Journal, **64**: p. 553.

17- Patel, N. and Lee, L.J.(1996). Modeling of void formation and removal in liquid composite molding. Part I: wettability analysis. Polymer Composites, **17**: p.96.

18-Zhu G,.&Militky ,J.&Wang ,Y.&Sundarlal,B,V,& Kremenakova ,D. (2015), Study on the Wicking Property of Cotton Fabric. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, NO. 23,VOL.2(110),P 137-140

19- Saricam ,C& Kalaoglu,F. (2014), Investigation of the Wicking and Drying Behaviour of Polyester Woven Fabrics. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, NO.,VOL.3(105),P.73-78.

20-Yoon, H.N& A. Buckley, (1992), Improved comfort polyester Transport properties and thermal comfort of polyester/cotton blend fabrics. Textile Research Journal ,NO.,VOL.54,P. 289

21-Fan, Q.,&al. (2003), Fabric Pretreatment and Digital Textile Print Quality. Journal of Imaging Science and Technology, NO. VOL.47,P. 40

22-Zhang,C.& Fang,K.(2009) , Surface physical–morphological and chemical changes leading to performance enhancement of atmospheric pressure plasma treated polyester fabrics for inkjet

printing. Applied Surface Science, VOL.255, no . P.7561–7567.

23-Zundong, L.& Kuanjun, F.& Hongguo, G. (6,2016), Effect of cotton fabric pretreatment on drop spreading and colour performance of reactive dye inks, Society of Dyers and Colourists, Color. Technol, vol.132, No 407–413.

24-Xingyu ,L . (27/5/2017), Key Material Factors of Digital Printing on Textiles. Case: Pigment on Woven Polyester. Fiber and Polymer Science.

25-http// www.adslgate.com/dsl/showthread.htm.

Saad, H, (14/3/2012), Ink used for printing, www.adslgate.com/dsl/showthread.

26- Mhetre,S. (2009). Effect of fabric structure on liquid transport, Georgia Institute of Technology. NO.5.

27-Behera ,BK. Kremenakova, D. Militky, J. Mishra ,R . (2012), Modeling of woven fabrics geometry and properties.

28-Heungsup, P. Wallace, W. (2006), Image Quality of InkJet Printing on Polyester Fabrics. Textile Research Journal· NO.9.

29-Soleimani-Gorgani, A. and Shakib, Prog, N. (7,2014), Color Colorants Coat.

30- www.nptel.ac.in/courses
Mukhodadhyay, S. (25/8/2016), Fabric manufacturing , iit delhi.
31- Sawhney, A, (6, June, 2007), AATCC Review, Vol. 7, No.9, p42-46.
32-Korpivaara, P, Rytkönen, U, (3/5/2017), Digital Inkjet Textile Printing, Savonia University of Applied Science.
33-www.hzfyprint.com
M, Ar, (26/6/2018), the diffrence between traditional printing with digital printing, www.hzfyprint.com
34-www.joyful-printing.net
(24/8/2018), Digital printing, WWW.joyful-printing.net.
35-MHETER,S.&PARACHURU,K.&CARR,W. (5,2010), SPREADING BEHAVIOR OF INK JET DROPS ON TEXTILE YARNS AND FABRICS AND ITS EFFECT ONPRINTING QUALITY. Journal of the Textile Institute. Vol.101, No. P.423_430.

## المراجع العربية

36–قدار، طاهر، (2018)، المواد الأولية النسيجية الطبيعية، مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة دمشق.

37– الرفاعي، بلال. (٢٠١٦)، كيمياء وتقنيات الصباغة والطباعة النسيجية، جامعة دمشق، كلية العلوم.

38– نصر، سلمان. & سفور، زياد. & عثمان، ضفاف. (2011) تقانة الصباغة، منشورات جامعة البعث.

39–المواصفات القياسية السورية، 88، (2001) اختبار ثباتية الألوان المقياس الرمادي لتقييم التغير في اللون.

40– المواصفات القياسية السورية، 112، (2014) اختبار ثباتية الألوان للاحتكاك.

41– المواصفات القياسية السورية، 89، (1978) اختبار ثباتية الألوان المقياس الرمادي لتحديد درجة التلطيخ.

42– محمد، ريهام. & القصبي، صباح. و الصعيدي، هناء. (2010) تأثير اختلاف التراكيب النسيجية مع الصباغة، مجلة علوم وفنون.

# The effect of the fabric structure and properties to improve the efficiency of jet printing


## Abstract

The purpose of this research is to identify the best types of textile fabrics suitable for ink jet printing and to study the wicking behavior of ink drops of two different types within the textile structure.
The aim of this study is to know the parameters of the fabric (fullness factor, cover factor, density, weave) and its effect on ink flow, spread within the fabric and thus improve the efficiency of ink jet printing.
The importance of this research lies in overcoming the barriers in the traditional printing process and finding a solution using ink jet printing because of its high productivity, better quality and fast product delivery.
Through research, Samples were chosen from Al-Dibs Company. These samples were divided into different textile composition and same weave samples, but differ in parameters , selection of two types of ink ,study the behavior of spreading ink drops on the samples before and after chemicals treatment ,study fabrics absorption of ink by vertical spreading ,printing on samples ,wash and friction tests to ensure color stability. After obtaining the results by microscopic images, they were compared with the Syrian specifications for color change and staining. The study concluded that the samples of the plain are more absorbent for the two types of ink than the sample of the twill and the sample of the plain with a parameter of fullness and cover factor of the spreading and absorbing of the ink is greater, and the samples which were treated with Buffer solution increase their absorption of ink and the samples which were treated with sodium alginate solution increases the concentration of ink in them.



Key words: ink jet printing cover and fullness factor, wicking, weave.

Syrian Arab Republic

Damascus University
Mechanical and Electrical Engineering
Mechanical Engineering of Textile Industries
and Their Technology Department

# THE EFFECT OF THE FABRIC STRUCTURE AND PROPERTIES TO IMPROVE THE EFFINCIENCY OF JET PRINTING

Thesis Prepared to Obtain a Master Degree in Weaving Technology

Prepared by

Eng. Ali Mahmoud Mahmoud

Supervised by

Prof. Dr. Eng. Taher Kaddar

**Academic Year**

2019-2020