مدى استجابة التركيب البنائي للخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها لتأثير العمليات التحضيرية الأولية

The Responsiveness Rate of Compact Cotton Yarns Structure to Influence Initial Preparatory Processes

د/ عمرو حمدي أحمد الليثي

أستاذ مساعد بقسم التعليم الفني والصناعي (شعبة الصناعات النسيجية)- كلية التربية- جامعة حلوان، amrohamdy221@hotmail.com

ملخص البحث: Abstract

تم استخدام قطن جيزة (94) وهو صنف جديد من القطن المصري طويل التيلة Long Staple Category في إنتاج ثلاثة خيوط بأسلوب الغزل المدمج المسرح (Z) باستخدام سلندر أمامي مجوف Compact Spinning with Air-Guide Element هي : $^{S}1/16$، $^{S}1/20$، $^{S}1/30$ قطن إنجليزي بمعامل برم (3,8)، كما تم إنتاج ثلاث خيوط أخرى بأسلوب الغزل المدمج الممشط (Z) باستخدام سلندر أمامي مجوف هي : $^{S}1/50$، $^{S}1/70$، $^{S}1/80$ قطن إنجليزي بمعامل برم (3,8). ثم تم إجراء عملية الغليان في قلوي Kier Boiling or Scouring باستخدام محلول قلوي ساخن من هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية Caustic Soda) تركيز 20% للخيوط المسرحة وتركيز 32,5% للخيوط الممشطة في حمام منفصل لكلا منهما ثم عمليتي العصر والتجفيف، ثم إجراء عملية التبيض الكامل Bleaching باستخدام فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين Hydrogen Peroxide Bleaching) تركيز 50% في حمام منفصل لكلا منهما ثم عمليتي العصر والتجفيف. ثم تم إجراء الاختبارات المعملية قبل إجراء العمليات التحضيرية الأولية للخيوط (خام) وبعد إجراء كلا من عمليتي الغليان في قلوي والتبيض الكامل والعصر والتجفيف لكلا منهما بـ 12 ~ 24 ساعة وهي : نمرة الخيط^{S}، قوة شد واستطالة الخيط، التشعير في الخيط، العيوب في الخيط IPI وهي مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، والأماكن السميكة، والعُقد Neps/ 1000 متر)، نسبة الرطوبة، عدد البرمات/ البوصة T.P.I، ومن ثم مقارنة نتائج الاختبارات السابقة قبل إجراء العمليات التحضيرية الأولية للخيوط (خام) وبعد إجراءها للوقوف على مدى استجابة التركيب البنائي للخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج باستخدام سلندر أمامي مجوف بنوعيها (المسرح، الممشط) لتأثير العمليات التحضيرية الأولية، كذلك مدى الاختلاف الحادث في كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط المنتجة بعد عمليتي المعالجة، **وقد توصل البحث إلى أن** : هناك استجابة فائقة للتركيب البنائي للخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج باستخدام سلندر أمامي مجوف بنوعيها لتأثير عمليتي (الغليان في قلوي، التبيض الكامل)، كما **توصل البحث** أيضا : بالتحليل والتقييم والمقارنة إلى وجود تأثيرات إيجابية واضحة تماماً لعمليتي (الغليان في قلوي، التبيض الكامل) تُحسن وتطور كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط المنتجة بصورة كبيرة جداً.

كلمات دالة: Keywords

الغزل المدمج Compact Spinning
الخيوط القطنية المدمجة المسرحة Compact Carded Cotton Yarns
الخيوط القطنية المدمجة الممشطة Compact Combed Cotton Yarns
العمليات التحضيرية للخيوط Yarn initial preparatory processes
الغليان في قلوي Kier Boiling or Scouring
التبيض Bleaching

Paper received 13th August 2022, Accepted 25th September 2022, Published 1st of November 2022

المقدمة: Introduction

الاتجاه الحالي للدولة المصرية هو الارتقاء بالصناعة المحلية نحو العالمية بصورة عامة، وبصورة خاصة في مجال إنتاج الغزول من خلال استخدام أحدث أساليب غزل الخيوط القطنية بنوعيها (المسرح، الممشط) وهو: **الغزل المدمج Compact Spinning** لتحسين كلا من الخواص الفيزيقية والميكانيكية للخيوط القطنية بما يتناسب مع طبيعة الأسواق العالمية لزيادة القدرات التنافسية في جميع المنتجات النسيجية والتي تسعى إلى تحقيق التنوع في كلا من المظهر الجمالي وفي جوهرها (الأداء الوظيفي) على حد سواء، "ويُعد القطن المصري أحد أهم وأفضل الشعيرات النسيجية النباتية (البذرية) Seed Fibers وحيدة الخلية والتي تتركب أساساً من مادة السليلوز بنسبة تتراوح من 82% : 96% في صورة وحدات وسلاسل تترتب مع بعضها البعض في شكل حزم وأثناء هذا الترتيب تظهر كلا من المناطق المتبلرة Crystalline Regions والمناطق غير المتبلرة Amorphous Regions، فهو أكثر الشعيرات الطبيعية استعمالاً في جميع أنواع الأقمشة من الشعبي منها إلى أفخر أنواع الملابس الخارجية، **وذلك للعديد من المزايا التي تتلخص في:** تحقيق كل أسباب الراحة الحرارية والحركية للمستخدم Comfort Wear من خلال خواص صحية وفسيولوجية متميزة **أهمها** : انعدام الكهرباء الاستاتيكية المتولدة من الاحتكاك مما يزيد من خواصه الصحية وذلك لقدرته على امتصاص الرطوبة، هذا بالإضافة إلى استخدامه في الأغراض التي تتطلب متانة ومرونة ومقاومة استهلاك وتمزق عالية كما في الأقمشة الصناعية والتي تلزم لعمل الفلاتر والسيور وإطارات السيارات" [1]. إلا أن الخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها مازالت تفتقد للعديد من الخواص الهامة التي تجعلها منافساً قوياً للخيوط التركيبية (المُخلقة) Synthetic Fibers منها : اللمعان ومقاومتها الضعيفة للتجعد والكرمشة، وعدم ثبات ألوانها وقصر عمرها الافتراضي، واحتياجها الدائم للكي مما يؤدي إلى ضعف مرونة ونعومة الأقمشة، ولكن يمكن للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها اكتساب مثل هذه الخصائص من خلال بعض العمليات التحضيرية الأولية التي تزود الخيوط وبالتالي الأقمشة بخواص مظهرية عالية، وبذلك يتحقق كلا من الجانب الجمالي بالإضافة إلى الجانب الوظيفي الصحي للأقمشة في آن واحد.

فعلى الرغم من أن الغزل المدمج للخيوط القطنية بنوعيها أعطى تحسن واضح في تركيب الخيط الناتج من حيث التوازي ومساهمة جميع الشعيرات في تكوين الخيط، إلا أن الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها مازالت تحتوي على نسباً ليست بالقليلة من التشعير Hairiness، والعيوب IPI والتي تتمثل في مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، الأماكن السميكة، والعُقد Neps) مما يتسبب في التأثير بالسلب على مظهرية الخيوط وإن كانت تقل عن مثيلتها المنتجة بأسلوب الغزل الحلقي، **وعموماً فإن الغرض الأساسي للعمليات التحضيرية الأولية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها يتمثل في:** إعداد الخيوط وبالتالي الأقمشة لتكون جذابة وذو مظهرية فائقة من خلال إكساب الخيوط خواص جديدة تجعلها تتفوق على نظيرتها من الخيوط التركيبية لتصبح منافساً قوياً لها في مجال الملابس الخارجية والمفروشات المنزلية من حيث : اللمعان وعمق وثبات الألوان، والاحتفاظ بمظهرها، وزيادة مقاومتها للتجعد والكرمشة، وزيادة العمر الافتراضي، وتُعد عمليتي **الغليان في القلوي Kier Boiling or Scouring** ثم **التبيض الكامل Bleaching** للخيوط القطنية

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها أحد أهم العمليات التكنولوجية التي كانت تجرى على الأقمشة القطنية وأصبحت تجرى الآن على الخيوط بما يتناسب مع طبيعة أقمشة متفردة في خواصها المختلفة تناسب أسواق المنتجات النسيجية الراقية. فالخيوط بتركيبها البنائي هي الوحدات البنائية للأقمشة وخواص الأقمشة تعتمد على طبيعة التركيب البنائي وخواص الخيوط المنتجة منها، وحتى نُحسن ونطور من كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للأقمشة بديلاً عن عمليات التجهيز النهائي لها تظهر أهمية عمليتي (الغليان في القلوي، التبيض الكامل) في ظهور المنتج النهائي بالصورة الجمالية والمظهرية المرغوبة مع الاحتفاظ بخواصه الطبيعية الصحية وذلك باستخدام المعالجات الكيميائية المختلفة وتقنيات الأجهزة الحديثة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

1- تفتقد الخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها لكلا من الخواص الجمالية والوظيفية المطلوبة في الخيوط المُصنعة من أكثر أساليب الغزل الحديثة تحقيقاً لها. مما يسيء إلى مظهرية وانتظامية الخيوط وبالتالي الأقمشة خاصة بعد عمليات التجهيز النهائي، أما من الناحية الوظيفية فهذه العيوب IPI تضعف كلاً من الخواص الفيزيقية والميكانيكية للخيوط مما يؤدي لقصر العمر الافتراضي للأقمشة، وتزداد مثل هذه العيوب بصورة واضحة تماماً خاصة مع تدني جودة رتب القطن الحالية.

2- تحسين وتطوير أداء المنتج النهائي جمالياً ووظيفياً لما تتعرض له الأقمشة القطنية من منافسة قوية من الشعيرات التركيبية (المُخلقة)، والتي تمتاز بالعديد من الصفات المرغوبة كالمظهرية العالية واللمعان ومقاومة التجعد والكرمشة وقوة الشد وثبات الألوان والتي تفتقدها الأقمشة القطنية.

3- استخدام مواد مرفوضة صحياً وبيئياً في عمليات التجهيز النهائي للأقمشة القطنية لتحقيق المظهرية العالية واللمعان والإقلال من الانكماش وسرعة الجفاف فيما يعرف بـ "تجهيزات العناية السهلة"، وهي مواد مسرطنة من الدرجة الأولى لاحتوائها على نسبة من مادة الفورمالدهيد Low Formaldehyde الذي يسبب التهابات جلدية (انخفاض الخواص الصحية لها، وتلوث البيئة) من جانب، كما أن استخدام هذه المواد يؤدي إلى تدهور كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للأقمشة من جانب آخر.

أهداف البحث: Research Objectives

1- دراسة مدى استجابة التركيب البنائي للخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها لتأثير العمليات التحضرية الأولية (الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل).

2- تحقيق الراحة الفسيولوجية للجسم من خلال كلا من الخواص الجمالية والوظيفية بما يتناسب مع طبيعة الأداء الجمالي والوظيفي للملابس الخارجية والمفروشات المنزلية باستخدام مواد آمنة صحياً وبيئياً. مما يقلل من تأثير المواد الضارة في الأقمشة، وينقص من مقدار التلوث البيئي.

3- إنتاج نوعية من الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها خالية تماماً من عيوب الشعيرات الطبيعية بأساليب آمنة صحياً وبيئياً، وبالتالي الحصول على خواص مرغوبة بأعلى جودة وبأقل تكلفة. مما يفتح المجال لتحقيق خواص جديدة ومرغوبة باستخدام العديد من العمليات التحضرية الأولية للخيوط المنتجة بأساليب غزل مختلفة سواء أكانت قطنية أو مخلوطة أو صناعية.

أهمية البحث: Research Significance

1- التحليل والتقييم والمقارنة بين كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها قبل إجراء العمليات التحضيرية الأولية للخيوط (خام)، وبعد إجراءها للوقوف على مدى الاختلاف الحادث في خواص الخيوط.

2- الحصول على خيوط قطنية مدمجة بنوعيها تتفوق على كلا من الخيوط غير المعالجة والخيوط التركيبية باستخدام مواد آمنة صحياً وبيئياً وخالية تماماً من مادة الفورمالدهيد، مع الحفاظ على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط بعد عملية المعالجة، وبالتالي ليس هناك أي تأثير ضار على صحة المستخدم النهائي أو البيئة مما يحقق كلا من الأداء الجمالي والوظيفي للمنتج النهائي، ويسهم بصورة كبيرة في العملية التسويقية.

3- خلو المراحل التالية سواء أكانت نسيج أو تريكو من الزغبار الذي له تأثير سيئ على صحة الإنسان والبيئة.

فروض البحث: Research Hypothesis

يفترض البحث أن : التركيب البنائي للخيوط القطنية المنتجة بأسلوب الغزل المدمج بنوعيها يستجيب بصورة كبيرة لتأثير العمليات التحضيرية الأولية للخيوط (الغليان في قلوي ثم التبيض الكامل). مما يُحسن ويطور كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط المعالجة، ويجعلها تتفوق بصورة غير مسبوقة على كلا من الخيوط غير المعالجة والخيوط التركيبية وبالتالي الأقمشة.

منهج البحث: Research Methodology

يتبع البحث المنهج التجريبي التحليلي.

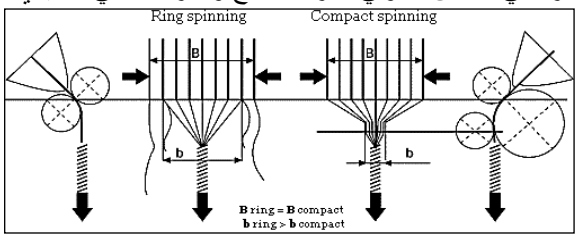
حدود البحث: Research Delimitations

إنتاج ثلاثة خيوط قطنية مسرحة، وثلاثة خيوط قطنية أخرى ممشطة بأسلوب الغزل المدمج (Z) باستخدام سلندر أمامي مجوف، ثم إجراء كلا من عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل لكلا منهما في حمام منفصل على هيئة كون رخو Soft Cone منخفض الكثافة للوقوف على مدى استجابة التركيب البنائي للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها لتأثير العمليات التحضيرية الأولية.

1ـ الإطار النظري: Theoretical Framework

1-1 الغزل المدمج Compact Spinning :

يُعد أسلوب الغزل المدمج جيل جديد من أساليب الغزل الحديثة التي ساعدت على إنتاج خيوط قطنية (مسرحة، ممشطة) بجودة عالية نظراً لتحسين ترتيب الشعيرات بالخيط الناتج، وتعتمد الفكرة الأساسية لأسلوب الغزل المدمج على: إحكام السيطرة علي الشعيرات الخارجة من جهاز السحب وتوجيهها جهة محور الخصلة وضغطها بضم الشعيرات مع بعضها عن طريق تعريضها لعملية شفط هواء بأربعة أساليب تختلف طبقا للشركة المُصنعة للماكينة، وقد أدي ذلك إلي تقليل حجم مثلث الغزل بدرجة كبيرة حتى تلاشى نهائياً في بعض التصميمات واختفاء ظاهرة شرود الشعيرات بعيداً عن محور الخيط بدرجة كبيرة جداً [8]، [14]، ويوضح الشكل (1) الفرق بين حجم مثلث الغزل في كلا من أسلوبي الغزل المدمج والغزل الحلقي التقليدي.



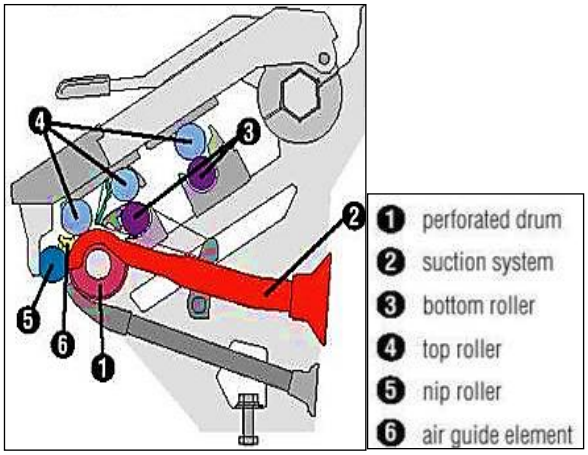
شكل (1) الفرق بين حجم مثلث الغزل في كلا من الغزل المدمج والغزل الحلقي التقليدي [16]

2-1 أساليب الغزل المدمج Compact Spinning Methods :

1- الغزل المدمج باستخدام سلندر أمامي مجوف Rieter Compact Spinning :

يعتمد هذا الأسلوب على استخدام سلندر أمامي سفلي مثقب ومجوف ويتم عمل شفط هوائي خلال محور هذا السلندر في اتجاه الشعيرات

المسحوبة لإحكام السيطرة على حركة الشعيرات ودمجها وترتيبها في اتجاه محور الخيط، وقد ساعد هذا الأسلوب شكل (2) وهو من تصميم شركة Rieter السويسرية على تقليل حجم مثلث الغزل إلى أقل درجة ممكنه، وبالتالي أمكن إدخال البرمات مباشرة على الشعيرات الخارجة من جهاز السحب بطريقة إيجابية، ومساهمة جميع الشعيرات الطويلة والقصيرة في تركيب الخيط، تَحسن واضح في مظهرية الخيط الناتج بدرجة كبيرة.



شكل (2) الغزل المدمج باستخدام سلندر أمامي مجوف من تصميم شركة Rieter السويسرية [16]

2- الغزل المدمج باستخدام سير علوي بثقوب في المنتصف Zinser Compact Spinning :

يعتمد هذا الأسلوب على استخدام نظام سحب 4/4 مزود بسير (بنطلون) إضافي علوي أمامي به ثقوب في المنتصف على طول محيط السير ومُعرض لشفط هواء من داخل هذا السير، وذلك لتوجيه الشعيرات وترتيبها ودمجها جهة محور الشعيرات المسحوبة لتكوين الخيط شكل (3) وهو من تصميم شركة Zinser الألمانية.

شكل (3) الغزل المدمج باستخدام سير إضافي علوي به ثقوب في المنتصف من تصميم شركة Zinser الألمانية [17]

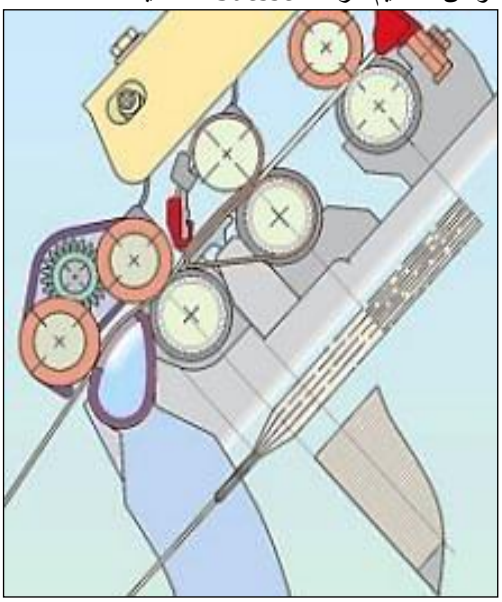
3- الغزل المدمج باستخدام سير سفلي بثقوب في المنتصف MAL Compact Spinning:

يعتمد هذا الأسلوب على استخدام نظام سحب 4/4 مزود بسير (بنطلون) إضافي سفلي أمامي به ثقوب في المنتصف على طول محيط السير ومُعرض لشفط هواء من داخل هذا السير، لإحكام السيطرة على الشعيرات المسحوبة وتوجيهها جهة محور الخيط شكل (4) وهو من تصميم شركة MAL الألمانية.

شكل (4) الغزل المدمج باستخدام سير إضافي سفلي به ثقوب في المنتصف من تصميم شركة MAL الألمانية [18]

4- الغزل المدمج باستخدام ماسورة مجوفة ذات مقطع بيضاوي عليها سير من نسيج شبكي Suessen Compact Spinning :

يعتمد هذا الأسلوب على استخدام دليل للسير السفلي على هيئة ماسورة بيضاوية مجوفة بها شق طولي مائل جهة الشعيرات ومركب عليها سير أمامي من نسيج شبكي يسمح بشفط الهواء، لإحكام السيطرة على الشعيرات المارة بجهاز السحب وتقليل عرضها ودمجها جهة محور الشعيرات المارة مما ساعد على اختفاء مثلث الغزل وإتمام برم الشعيرات الخارجة من السلندر الأمامي العلوي بطريقة إيجابية، وقد أدى ذلك إلى إنتاج خيوط ناعمة الملمس وذات مظهرية جيدة [2] شكل (5) وهو من تصميم شركة Suessen الألمانية.



شكل (5) الغزل المدمج باستخدام ماسورة مجوفة ذات مقطع بيضاوي عليها سير من نسيج شبكي من تصميم شركة Suessen الألمانية [15]

3-1 خواص خيوط الغزل المدمج Compact Yarns Properties :

1- أعطى أسلوب الغزل المدمج تَحسن واضح في تركيب الخيط من حيث التوازي ومساهمة جميع الشعيرات في تركيب الخيط مما ساعد على زيادة قوة شد الخيط بنوعيه.
2- انخفاض قيم تشعير الخيوط المدمجة بنوعيها حتى أعطت ملمس ناعم ولامع مما أدى إلى الاستغناء عن عملية الحريق Gassing Process في العديد من المواصفات للخيوط المزوية مع زيادة مقاومة الخيوط للاحتكاك.
3- انخفاض العيوب IPI في الخيوط المدمجة بنوعيها والتي تتمثل في مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، والأماكن السميكة، والعُقد Neps)، وبالتالي زيادة انتظامية الخيوط المدمجة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

4- في حالة إنتاج الخيوط متوسطة النمرة أمكن الاستغناء عن مرحلة التمشيط وإنتاج خيوط مسرحة بأسلوب الغزل المدمج بمواصفات تقارب مواصفات الخيوط الممشطة المنتجة بأسلوب الغزل الحلقي مما ساعد على زيادة اقتصاديات التشغيل.

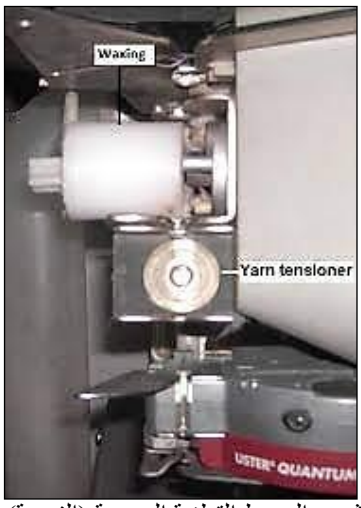
5- تقليل نسب عوادم مرحلة التسريح، والتمشيط Noil لمشاركة جميع الشعيرات في تركيب الخيط، وزيادة نسبة انتفاع مرحلة الغزل المدمج لزيادة قوى السحب وسرعة المرادن مع انخفاض عدد القطوع، وكذا زيادة نسبة انتفاع المراحل التي تلي مرحلة الغزل المدمج Post-Spinning مما يقلل من التكلفة النهائية [5]، [19].

4-1 العمليات التحضيرية الأولية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها Compact Cotton Yarns (Carded, Combed) Initial Preparatory :

تنتج الخيوط القطنية بنوعيها بأسلوب الغزل المدمج بحالتها الخام أي بما تحتويه من مكونات طبيعية موجودة أصلا في الخام كالمواد الشمعية، والتي تتواجد في سطح الشعيرات القطنية والتي تلعب دوراً هاماً في تقليل معدل الاحتكاك بين الشعيرات وبعضها البعض ومع أجزاء الماكينات أثناء مراحل الإنتاج المختلفة وصولاً إلى مرحلة الغزل المدمج، ولكن يتوقف دور هذه المواد بعد مرحلة التدوير Winding Process ويصبح من الضروري إزالتها لأنها تعتبر عائق في عمليات الصباغة والتجهيز النهائي خاصة في حالة إنتاج الأقمشة ذات الجودة العالية فطبيعتها العازلة تمثل كمواد عزل تؤثر بالسلب على قدرة امتصاص الخيوط لمحاليل الصباغة والتجهيز لذلك يجب التخلص منها بعد مرحلة التدوير مباشرة، هذا بالإضافة إلي المواد البروتينية والبكتينية والراتنجية والشوائب والتي لا تؤثر إزالتها إطلاقا على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط، لذا تحتاج الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها قبل صباغتها وتجهيزها إلى عدة عمليات تحضيرية أولية والتي يجب أن تتم بكفاءة عالية لتلافي ظهور العيوب في المنتج النهائي [4]، وتتم أحدى هذه العمليات أو بعضها طبقا لطبيعة المنتج النهائي والتي تنعكس بصورة مباشرة على طلبات العميل، **ويمكن حصر كافة العمليات التحضيرية الأولية التي تجرى على الخيوط القطنية المدمجة (الفردية) بنوعيها كالآتي :**

1- عملية التشميع Waxing Process :

يتم تشميع الخيوط القطنية المدمجة (الفردية) بنوعيها على مردن ماكينة التدوير Winding M/C شكل (6)، بعد إزالة العيوب منها واجراء عملية اللحام وقبل الرص مباشرة على الكون، وترجع أهمية عملية تشميع الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها في : زيادة اكتساب الخيوط ملمس ناعم مما يقلل من معدل الاحتكاك بالمراحل التالية خاصة التريكو الدائري مع زيادة قوة شد الخيط، وبصفة عامة تتحدد كمية الشمع بنسبة تتراوح بين 0,5 : 1,5 جم/ كجم خيط، ويصل معامل احتكاك الخيط الذي تم تشميعه حوالي 40 : 50% عن الخيوط بدون تشميع، ولابد أن يكون هناك توافق حركي بين جهاز التشميع وجهاز الشد في مردن التدوير وفي حالة تشغيل مستمرة مع المردن حتى يتم تشميع الخيوط بدرجة متساوية وبالنسبة المطلوبة، ويتم التحكم في هذه النسبة بتقليل أو بزيادة قوة الضغط على طبق الشمع سواء بالسوست أو بضغط الهواء حسب نوعية جهاز التشميع بمردن التدوير.



شكل (6) تشميع الخيوط القطنية المدمجة (الفردية) بنوعيها في مرحلة التدوير

2- عملية التثبيت الحراري (التبخير بالأوتوكلاف) Thermal Fixing Process (Steaming Autoclave) :

ينشأ نتيجة لمراحل التصنيع المختلفة نوعاً من التوتر وعدم ثبات للخيوط خاصة الطبيعة منها مما يتسبب في ظهور العديد من العيوب والاختلافات سواء في النمرة أو الوزن أو عدد البرمات/ وحدة القياس أو الملمس أو اللون أو المظهر السطحي، ولإزالة التوتر القائم وتثبيتها على الشكل والمواصفات المطلوبة تجرى عملية التثبيت الحراري (التبخير بالأوتوكلاف) شكل (7)، **وتتنوع برامج التثبيت الحراري بالأوتوكلاف للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها طبقا لطبيعة المنتج النهائي كالآتي:**

- **البرنامج الأول 1st Cycle:** يستخدم أسلوب التسخين التدريجي فيتم رفع درجة الحرارة تدريجياً حتى 95°م طبقاً لعدد البرمات/ وحدة القياس وطبيعة خامة الخيط ثم تثبت درجة الحرارة لزمن معين ثم تجرى عملية التبريد.

(Pre-heating, Holding time, Cooling).

- **البرنامج الثاني 2nd Cycle:** وفيه تجرى عملية تفريغ هوائي للأتوكلاف ثم يتبعها عملية تسخين ثم تفريغ هوائي ثم تسخين ثم عملية تبريد حيث ترفع درجة الحرارة إلى 95°م تحت ضغط (-1 : +2 بار).

(Vacuum, Heating, Vacuum, Heating, Cooling).

- **البرنامج الثالث 3th Cycle:** وفيه تجرى عملية تفريغ هوائي ثم تسخين إلى درجة حرارة 130°م ثم عملية تفريغ هوائي يتبعها عملية تسخين ترفع فيها درجة الحرارة إلى 160°م ثم عملية تبريد بحيث تتم العملية تحت ضغط (-1 : +5 بار).

(Vacuum, Heating, Staggered and Successive).

وفي جميع البرامج السابقة يراعى: تغطية عبوات الخيوط حتى لا يتساقط البخار المكثف عليها، كما تزود ماكينة التثبيت الحراري بالأوتوكلاف بجهاز لتنظيم درجة حرارة البخار لضمان انتظامية البخار حول عبوات الخيوط السفلية والعلوية على عربات التغذية. حيث يقوم هذا الجهاز بعمل تحريك ودوران للبخار داخل ماكينة التثبيت الحراري لتنظيم درجة حرارة البخار المحيط بعبوات الخيوط إذ أنه في حالة عدم وجود هذا الجهاز أي عدم دوران البخار فإن طبقات البخار المحملة بدرجات الحرارة تزداد تدريجياً من أسفل إلى أعلى بحيث تتعرض عبوات الخيوط الموجودة بأسفل عربات التغذية لدرجات حرارة غير كافية بينما تتعرض عبوات الخيوط بأعلى عربات التغذية إلى درجات حرارة مرتفعة، وبالتالي سيكون هناك اختلافات واضحة في عملية المعالجة خاصة في حالة الخيوط الرفيعة، كما يصنع سقف ماكينة التثبيت الحراري بالأوتوكلاف بجدار مزدوج لمنع تكثيف البخار وتساقط قطرات الماء على عبوات الخيوط، كما يضمن الجدار المزدوج انتظامية توزيع البخار وتخفيض درجة

الحرارة حتى لا تتعرض الخيوط إلى ما يعرف بالصدمة الحرارية عند تعرضها لدرجة حرارة عالية مباشرة مما يسبب اختلاف عالي في كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط بعد عملية المعالجة [3].

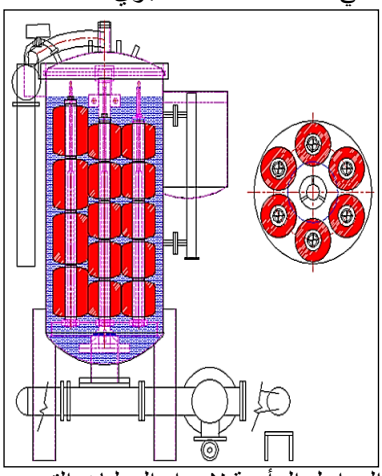
شكل (7) التثبيت الحراري (التبخير بالأوتوكلاف) للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها

3- عملية الغليان في قلوي Kier Boiling or Scouring Process :

الغرض الأساسي منها: هو التخلص من المواد الشمعية والدهنية والبكتينية والبروتينية والزيوت الموجودة في الغلاف الخارجي لشعيرات القطن ويسمى "بالغلاف الكيوتيني"، بالإضافة إلى بعض الشوائب الأخرى كقشور البذور التي تكون عالقة بالخيوط القطنية وتقف حائلا أمام نشاط محاليل التجهيز التالية، ويستدعي الأمر عند عدم إزالتها بصفة نهائية إضافة كميات أكبر من محاليل التجهيز والتي يكون لها تأثير ضار على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط علاوة على زيادة التكاليف [4]، **وأثناء عملية غلي الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها في القلوي سواء (هيدروكسيد الصوديوم NaoH أو هيدروكسيد الكالسيوم CaoH) يحدث ما يأتي :**

- تتحول المواد الشمعية إلى مستحلبات تميل للمزج بالماء أكثر من ميلها للاتحاد بالسليلوز، وذلك في وجود بعض المنظفات الصناعية حتى يسهل التخلص منها بالماء الساخن.
- تتحول المواد الدهنية تحولاً جزئياً إلى صابون Saponification يسهل استحلابه والتخلص منه بعمليات الغسيل العادية، ويتحول جزء منها إلى مواد مستحلبة Emulsions.
- تتحول المواد البروتينية والنيتروجينية والراتنجية إلى أحماض أمينية سهلة الذوبان في الماء يسهل إزالتها بالغسيل العادي.
- تذوب المواد البكتينية وتتحول إلى أملاح صوديوم لاحتوائها على مجموعة الكربوكسيل، وبالتالي يمكن التخلص منها بسهولة في الماء الساخن.
- تتحلل بقايا قشور بذرة القطن وبقايا أورق الأشجار وتذوب بسهولة في محلول القلوي.
- التخلص من أي أوساخ أو أتربة عالقة بالخيوط أثناء عمليات الغزل المدمج والتدوير بقوة تنظيف القلوي والصابون المتكون بأقل تأثير على السليلوز، وغالبا تضاف مواد مساعدة للنشاط السطحي لزيادة قدرة امتصاص الخيوط للمحلول، وتقليل التوتر السطحي وزيادة القدرة على التنظيف ومنع ترسب الشوائب على الخيوط مرة أخرى [7].

وتستخدم المراجل Kier Boilers بنوعيها (الرأسية، الأفقية)، والمراجل الرأسية Vertical Kiers Boiling شكل (8) هي الأشهر لإجراء العمليات التحضيرية الأولية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها على هيئة كون رخو منخفض الكثافة Soft Cone **فالمراجل:** عبارة عن وعاء كبير مصنوع من الصلب ومبطن من الداخل لمنع حدوث أي أضرار بالخيوط يسع من 2/1 طن حتى (5) طن من الخيوط، **وتتم عملية الغليان في القلوي بإحدى الطريقتين: غليان تحت ضغط جوي** يصل إلى حوالي 40 رطل/ البوصة المربعة ودرجة حرارة 140°م وتمتاز هذه الطريقة في الحصول على درجة إزالة عالية للشوائب الموجودة في الخيوط ومنع تكوين أكسيد السليلوز لعدم وجود الأكسجين الجوي أو **غليان بدون ضغط جوي** للخيوط القطنية المخلوطة أو التي لا تتحمل الضغط الجوي [6].



شكل (8) المراجل الرأسية لإجراء العمليات التحضيرية الأولية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها على هيئة كون رخو Soft Cone

4- عملية التبيض Bleaching Process:

تعتبر عملية التبيض أحد أهم العمليات التحضيرية الأولية التي تُجرى على الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها، فهي الخطوة الثانية للمعالجة الكيميائية لإزالة اللون الطبيعي للخيوط القطنية الخام والذي لم يُزال بفعل عملية الغليان في القلوي مع إكسابها بياضاً ناصعاً لا يزول ولا يتحول إلى اللون الأصفر بمرور الوقت مع تحسين كلا من خواصها الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط وبالتالي الأقمشة. فمن المفترض بعد عملية الغليان في قلوي ثم الغسيل نكون قد تخلصنا نهائياً من جميع الشوائب إلا أنه مازالت توجد نسبة كبيرة من بقايا المواد الشمعية والبكتينية والبروتينية والتي يمكن تحللها إلى مواد بسيطة تذوب في الماء أو إلى مواد أخرى لا لون لها وذلك بتأثير إما **المواد المؤكسدة Oxidizing Agents** أو **المواد المختزلة Reducing Agents** والتي أطلق عليها اسم: **مواد التبيض Bleaching Agents** والتي تقوم إما بتأكسد أو باختزال لون المادة الخام، وكذلك المواد الشمعية والبكتينية والبروتينية والشوائب إلى أحماض عضوية فهي مواد غنية بالأكسجين النشط ولكنها تفقده بسهولة فهي بذلك **تؤكسد** المواد الأخرى وتزيلها من الخامة المراد تبيضها **وأهمها**: فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) والبياض الناتج من استخدام المواد المؤكسدة بياض ثابت لا يتغير بمرور الوقت لأنه عند تفاعل الأكسجين مع المواد الأخرى ينتج مواد بسيطة عديمة اللون تذوب في الماء من السهل التخلص منها، أو **تختزل** المواد الأخرى **وأهمها**: ثاني أكسيد الكبريت SO_2[4].

ويمكن تقسيم عملية تبيض الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها إلى نوعين أساسين : تبيض كامل Full-Bleaching : للحصول على أقصى درجة ممكنه من البياض للخيوط مع التخلص من أكبر كمية ممكنه من الشوائب ويتم للخيوط البيضاء أو الخيوط التي ستصبغ بألوان فاتحة، **تبيض نصفي Semi-Bleaching**: يتم للخيوط التي ستصبغ بألوان متوسطة، ولهذا فإن درجة البياض ليست ضرورية، **ويُعد فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين Hydrogen Peroxide Bleaching)** أحد أهم المواد المؤكسدة القوية لتبيض الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها فهو سائل ليس له لون أو رائحة لزج يميل إلى اللون الأزرق الباهت عندما يكون نقياً وحمضاً ضعيفاً يلزم لتفككه وسطاً قلوياً، فهو ثابت في الوسط الحمضي، ومتوسط الثبات في الوسط المتعادل، وغير ثابت في الوسط القلوي لذا فله قدرة أكسدة منخفضة مقارنة بالمواد المؤكسدة الأخرى. فالخيوط القطنية تعالج بفوق أكسيد الأيدروجين (ماء الأكسجين) في وسط قلوي بإضافة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

هيدروكسيد الصوديوم وعامل منظم لتحلله مثل : سيليكات الصوديوم وعند تحلله عند درجة 50°م يعطي أكسجين نشط وماء بسهولة مع توليد حرارة على **النحو الآتي**:

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

ويباع فوق أكسيد الأيدروجين (ماء الأكسجين) على هيئة محلول تركيزه 30 ~ 50%، ويتحلل في وسط قلوي فالمحلول 30% حجم يعطي قدر حجمه ثلاثون مرة عند تحلله، **ويتفكك فوق أكسيد الأيدروجين في حمام التبيض بتأثير ثلاثة عوامل أساسية هي**: **القلوية Alkalinity، درجة الحرارة Temperature، الإضافات المثبتة Stabilizing Agent** ولذلك فإن الظروف المثلى للتبيض بفوق أكسيد الأيدروجين تتم بتنشيط حمام التبيض بإضافة القلوي لأن في الوسط المتعادل أو القلوي الضعيف لا تتم عملية التبيض وتتلف الشعيرات، ويلاحظ أن القلوية العالية تساعد على إزالة كافة الشوائب الموجودة في الخيوط، ولهذا السبب يمكن أن تتم عملية الغليان في القلوي والتبيض الكامل في مرحلة واحدة، وأفضل أس هيدروجيني لإتمام العملية بنجاح 10,5 ~ PH = 12، أما درجة حرارة تكون عند 70 ~ 95°م لمدة 1 ~ 2 ساعة، أما الإضافات المثبتة فتضاف سيليكات الصوديوم حتى يتم تفكك فوق أكسيد الأيدروجين بالتدريج وبالتالي لا يحدث تلف للشعيرات [7].

وقد حظى تبيض الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بفوق أكسيد الأيدروجين (ماء الأكسجين) برواج كبير للعديد من المميزات: لكونه مادة قوية لتبيض الخيوط القطنية المدمجة الخام بنوعيها، وكذا التخلص من كافة الشوائب وإعطاء بياضاً ناصعاً وثابتاً مع المحافظة على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط فلا تعود الخيوط المعالجة به إلى الاصفرار، عدم إطلاقه أي غازات سامة أو ضارة وبالتالي لا يؤثر على صحة الانسان والبيئة والماكينات، إمكانية دمج بعض العمليات الأخرى كالغليان في القلوي والمرسرة في حمام واحد، إمكانية تبيض الخيوط التي سبق صباغتها فماء الأكسجين لا يؤثر على لون أو ثبات الخيوط المصبوغة، بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى عمليات تالية بعد عملية التبيض لأن منتجات التحلل هي الأكسجين والماء الأمنه لمعظم الصبغات. **إلا أن من مساوئ التبيض بفوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين)**: أنه خطر على الخيوط إذا استعمل في وسط حمضي أو متعادل حيث يحلل السليلوز إلى أكاسيده التي تؤثر سلبياً على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها، عدم الثبات في المحاليل مرتفعة القلوية واستخدام سيليكات الصوديوم كمثبت لقلوية الوسط (بحيث تكون نسبة أكسيد السيلكون : أكسيد الصوديوم 1 : 1,2) حتى لا تترسب السيليكات على الماكينات أو الخيوط المعالجة والتي لا يتم ازالتها بالطرق الكيميائية مما يؤدي إلى تشوه الخيوط وزيادة صلابتها وخشونة ملمسها [6].

5- عملية المرسرة (التحرير) Mercerization Process:

عملية المرسرة أو يطلق عليها (التحرير) أحد أهم العمليات التحضيرية التي تجرى على الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها فهي تُكسب الخيوط القطنية لمعاناً شبيهاً بلمعان الحرير الطبيعي Silk Luster اكتشفها John Mercer، وهي العملية التي يتم فيها معالجة الخيوط السليلوزية Cellulosic Yarns فقط بمحلول قلوي بارد أو ساخن من هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية Caustic Soda) أو هيدروكسيد البوتاسيوم KOH أو هيدروكسيد الليثيوم LiOH أو الأمونيا NH_3 **فالعامل الأساسي في عملية المرسرة هو**: تغير كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط المعالجة لتحسين المظهرية واللمعان، فالمحلول القلوي يُحدث انتفاخ Swelling لشعيرات القطن وتكسير للروابط الهيدروجينية مما يُضعف من قوى فاندر فاس Vander Waal Forces بين السلاسل الجزيئية وبعضها البعض، ويُحدث تمدد للسلاسل الجزيئية ويُعيد ترتيبها وتوجيهها مرة أخرى، ثم تغسل بالماء لإزالة أثار القلويات ثم معادلة أثار القلوي باستخدام (حمض الكبريتيك المخفف أو حمض الخليك المخفف بتركيز 5 جم/ لتر) ثم تغسل بالماء للمرة الثانية ثم الغسيل النهائي للتخلص من كافة محاليل التجهيز المتبقية ثم العصر والتجفيف، وبذلك تُشكل السلاسل الجزيئية روبط جديدة في الحالة المعاد تنظيمها وتصبح الشعيرات ذات مقطع دائري وسطح ناعم وذو لمعان وبريق مميز يشبه لمعان الحرير الطبيعي نتيجة لإزالة كافة التجعدات من سطح الشعيرات، وكذا فك التواءات الشعيرات ويحدث ذلك عند وضع الخيوط تحت تأثير شدد عند إجراء عملية المرسرة، وبدون إحداث شدد فإن الشعيرات يحدث لها انتفاخ فقط، والقطاع العرضي يصبح أكثر سُمكا ويقل أطوال الخيوط بصورة كبيرة جداً وتصبح أكثر مطاطية Stretch، **وبالتالي فإن هناك أربعة عوامل رئيسية لابد وأن تأخذ في الاعتبار عند إجراء عملية المرسرة للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها وهي**: تركيز المحلول القلوي، زمن المعالجة، درجة الحرارة أثناء المعالجة، الشدد الواقع على الخيوط أثناء المعالجة [20]، [6]، [7] **بالإضافة إلى:** التركيب البنائي للخيوط (أسلوب الغزل)، النمرة، معامل برم الخيوط.

2- التجارب العملية والاختبارات المعملية Experimental Work and Testing :

1-2 التجارب العملية Experimental Work:

تم استخدام قطن جيزة (94) وهو صنف جديد من القطن المصري طويل التيلة Long Staple Category في إنتاج ثلاثة خيوط بأسلوب الغزل المدمج المسرح (Z) باستخدام سلندر أمامي مجوف Compact Spinning with Air-Guide Element هي : $^{S}1/16$، $^{S}1/20$، $^{S}1/30$ قطن إنجليزي بمعامل برم (3,8)، كما تم إنتاج ثلاث خيوط أخرى بأسلوب الغزل المدمج الممشط (Z) باستخدام سلندر أمامي مجوف هي : $^{S}1/50$، $^{S}1/70$، $^{S}1/80$ قطن إنجليزي بمعامل برم (3,8)، ثم تم رص كلا منها على كون بلاستيكي مثقب في مرحلة التدوير Winding Process تحت شدد منخفض ليصبح كون رخو منخفض الكثافة Soft Cone ليسهل تغلغل محاليل المعالجة خلال الخيوط. ثم تم إجراء كلا من عملية الغليان في قلوي Kier Boiling or Scouring باستخدام محلول قلوي ساخن من هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية Caustic Soda) تركيز 20% للخيوط المسرحة وتركيز 32,5% للخيوط الممشطة، ثم عملية التبيض الكامل Bleaching باستخدام فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% لكلا منهما في حمام منفصل، **وكانت المواصفات الفنية للمرجل الرأسي المستخدم من تصنيع شركة GALVANIN الإيطالية، ويتسع لـ 720 كونة، وزن الكونة واحد كيلو جرام، سعة المرجل 1850 لتر كالآتي :**

1-1-2 عملية الغليان في القلوي Kier Boiling or Scouring Process :

1- تم رص الكون على الحامل المستدير (الشمعدان) بصورة أوتوماتيكية باستخدام الروافع الهيدروليكية Robots تمهيداً لعملية الغمر داخل المرجل الرأسي الممتلئ بالماء ليتم غلي الخيوط تحت ضغط 2 ~ 3 جوي ودرجة حرارة 100°م لمدة 15 دقيقة، ويتم إضافة 12 لتر زيت صابون تركيز 1% كمادة مساعدة على الابتلال وهو من المنظفات الصناعية التي تستخدم لزيادة قدرة الخيوط على امتصاص محاليل التجهيز بسهولة وبصورة متجانسة وتقليل قوى التوتر السطحي بين الماء والخيوط، كما أن له القدرة على تشتيت المواد الشمعية والدهنية وإفقادها القدرة على الالتصاق بالخيوط والتخلص منها أثناء عمليات الغسيل المتكررة.

2- ثم تم إضافة 12 لتر هيدروكسيد الصوديوم NaOH (صودا كاوية) تركيز 20% للخيوط المسرحة، وتركيز 32,5% للخيوط الممشطة من أسفل المرجل إلى أعلى لطرد الاكسجين تدريجياً لكلا منهما في حمام منفصل، كما تم إضافة سلفيت الصوديوم $NaHSO_4$ بتركيز4% كعامل مختزل يعمل أيضا على طرد الأكسجين وحماية الخيوط من الأكسدة بسبب القلوية العالية ودرجة الحرارة العالية للمحلول، ومنع تكوين أكسيد السليلوز لما له من تأثير ضار على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط.

3- ثم تم إضافة سيليكات الصوديوم بتركيز 0,6% والتي تعمل على تجميع الشوائب وترسيبها حتى لا تلتصق بالخيوط، وبالتالي يسهل التخلص منها أثناء عمليات الغسيل المتكررة.

4- ثم أغلق المرجل وبدأ تمرير محلول الصودا الكاوية الساخن من أعلى إلى أسفل بواسطة مجموعة من الطلمبات، حيث يتم تسخين المحلول باستخدام سخان متصل بالطلمبات من درجة حرارة 25°م إلى درجة الحرارة إلى 60°م لمدة نصف ساعة ثم ترفع إلى 135°م لمدة نصف ساعة أخرى.
5- ثم تم تفريغ المحلول وغسيل الخيوط للمرة الأولى بحمض الخليك Acetic Acid تركيز 5 جم/ لتر لمدة نصف ساعة بماء ساخن عدة مرات درجة حرارته 80°م لمعادلة أثار القلوي حتى لا تتلف الخيوط باستمرار تعرضها لتأثير محلول الصودا الكاوية، ثم تم غسيل الخيوط غسيل نهائي بماء بارد لمدة نصف ساعة أخرى للتخلص من كافة محاليل التجهيز المتبقية.
6- ثم تم إضافة 12 لتر من مادة الليومين Ni تركيز 1% كمادة تطرية Softening Agent لإكساب الخيوط قدراً كبيراً من النعومة والمرونة لتعويض ما فقدته من مواد تطرية طبيعية لمدة نصف ساعة تقريباً.
7- ثم تم فتح المرجل لإخراج الشمعدان حامل الكون بصورة أوتوماتيكية باستخدام الروافع الهيدروليكية Robots ليتم إدخالها إلى جهاز العصر والذي يعمل بطريقة الطرد المركزية ليتم تخليص الخيوط من أكبر قدر من الماء العالق بها لمدة ساعة تقريباً تمهيداً لتجفيفها، ثم ترسل إلى فرن التجفيف (عبارة عن سير متحرك) ليتم إزالة الماء العالق بالخيوط مع المحافظة على نسبة الرطوبة الطبيعية 8% في درجة حرارة 90°م لمدة ساعة ونصف تقريباً لتكون الخيوط صالحة للاستخدام في المراحل التالية، ولتجانس تجفيف الخيوط بعد عملية الغليان في القلوي تترك لمدة من 12 ~ 24 ساعة قبل إجراء أي عمليات تحضيرية تالية.

2-1-2 التبيض الكامل Bleaching :

1- تم رص الكون على الحامل المستدير (الشمعدان) بصورة أوتوماتيكية باستخدام الروافع الهيدروليكية Robots تمهيداً لعملية الغمر داخل المرجل الرأسي الممتلئ بالماء ليتم غلي الخيوط تحت ضغط 2 ~ 3 جوي ودرجة حرارة 100°م لمدة 15 دقيقة، وتم إضافة 12 لتر زيت صابون تركيز 1% كمادة مساعدة على الابتلال وهو من المنظفات الصناعية التي تستخدم لزيادة قدرة الخيوط على امتصاص محاليل التجهيز بسهولة وبصورة متجانسة وتقليل قوى التوتر السطحي بين الماء والخيوط، كما أن له القدرة على تشتيت المواد الشمعية والدهنية وإفقادها القدرة على الالتصاق بالخيوط والتخلص منها أثناء عمليات الغسيل المتكررة.
2- ثم تم إضافة 7 لتر فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء أكسجين) تركيز 50% للخيوط المسرحة، 10 لتر فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء أكسجين) تركيز 50% للخيوط الممشطة والذي يعتبر مادة التبيض للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها، كما تم إضافة 12 لتر صودا كاوية تركيز 20% للخيوط المسرحة، وتركيز 32,5% للخيوط الممشطة في درجة حرارة 25°م لتنشيط تحلل ماء الأكسجين وتكوين الأكسجين النشط ومنع تكوين الأكسجين الجزيئي (أكسجين غير نشط للتبيض) لكلا منهما في حمام منفصل.
3- ثم تم إضافة سيليكات الصوديوم بتركيز 0,6% والتي تعمل على تجميع الشوائب وترسيبها حتى لا تلتصق بالخيوط، وبالتالي يسهل التخلص منها أثناء عمليات الغسيل المتكررة.
4- ثم أغلق المرجل وبدأ تمرير المحلول من أعلى إلى أسفل والعكس بواسطة مجموعة من الطلمبات، ثم يتم رفع درجة حرارة المحلول باستخدام سخان متصل بالطلمبات إلى 60°م لمدة نصف ساعة ثم ترفع إلى 90°م لمدة ساعة أخرى.
5- ثم تم تفريغ المحلول وغسيل الخيوط للمرة الأولى بحمض الخليك Acetic Acid تركيز 5 جم/ لتر لمدة نصف ساعة بماء ساخن عدة مرات درجة حرارته 80°م لمعادلة أثار القلوي حتى لا تتلف الخيوط بسبب القلوية العالية للمحلول، ثم غسيل الخيوط غسيل نهائي بماء بارد لمدة نصف ساعة أخرى للتخلص من كافة محاليل التجهيز المتبقية.
6- ثم تم إضافة 12 لتر من مادة الليومين Ni تركيز 1% كمادة تطرية Softening Agent لإكساب الخيوط قدراً كبيراً من النعومة والمرونة لتعويض ما فقدته من مواد تطرية طبيعية لمدة نصف ساعة تقريباً.
7- ثم تم فتح المرجل لإخراج الشمعدان حامل الكون بصورة أوتوماتيكية باستخدام الروافع الهيدروليكية Robots ليتم إدخالها إلى جهاز العصر والذي يعمل بطريقة الطرد المركزية ليتم تخليص الخيوط من أكبر قدر من الماء العالق بها لمدة ساعة تقريباً تمهيداً لتجفيفها، ثم ترسل إلى فرن التجفيف (عبارة عن سير متحرك) ليتم إزالة الماء العالق بالخيوط مع المحافظة على نسبة الرطوبة الطبيعية 8% في درجة حرارة 90°م لمدة ساعة ونصف تقريباً لتكون الخيوط صالحة للاستخدام في المراحل التالية، ولتجانس تجفيف الخيوط بعد عملية التبيض الكامل تترك لمدة من 12 ~ 24 ساعة قبل إجراء أي عمليات تحضيرية تالية أو تظل بلونها الأبيض الناصع.

2-2 نتائج اختبارات الخيوط Yarn Testing Results:

تمت جميع الاختبارات المعملية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها قبل وبعد إجراء عملية الغليان في القلوي والعصر والتجفيف بـ 12 ~ 24 ساعة، وبعد إجراء عملية التبيض الكامل والعصر والتجفيف بـ 12 ~ 24 ساعة في الجو القياسي للمعمل في (درجة حرارة 20 ±2، ورطوبة نسبية 65% ±2) طبقا للمواصفات القياسية الأمريكية وهي : نمرة الخيطASTM, D-1907 S[9]، قوة شد واستطالة الخيط ASTM, D-2256[12]، التشعير في الخيط، العيوب في الخيط IPI وتشمل مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، والأماكن السميكة، والعُقد 1000/Neps متر) ASTM, D-1425[10] باستخدام جهاز Uster Evenness Tester- 5، نسبة الرطوبة في الخيط ASTM, D-2495[13]، عدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط ASTM, D-1423[11] باستخدام جهاز تحديد عدد البرمات Uster ZWEIGLE TWIST TESTER طبقا للمواصفة القياسية الأمريكية كالآتي:

2-2-1 الخيوط القطنية المدمجة المسرحةCompact Carded Cotton Yarns:

جدول (1) نتائج اختبارات الخيوط القطنية المدمجة المسرحة قبل وبعد إجراء عملية الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيز 20%، وبعد التبيض الكامل باستخدام فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 تركيز 50%.

الخيوط المنتجة / الاختبارات المعملية	1/16 S قطن انجليزي T.P.I 15.2			1/20 S قطن انجليزي T.P.I 17			1/30 S قطن انجليزي T.P.I 21		
	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل
نمرة الخيط الفعلية s	16.2	17.75	18.4	20.2	21.6	22.25	30.3	31.55	32.15
قوة الشد CN/TEX	24.4	24.95	26.8	24.1	24.65	26.2	23.8	24.25	25.7
نسبة الاستطالة %	6.8	6.0	7.35	6.4	5.35	7.15	5.5	4.75	6.8

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

2.02	3.25	4.4	2.4	3.65	5.4	2.9	4.0	5.9	قيم التشعير
0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	الأماكن الرفيعة -50%
3.0	7.03	15.1	2.75	5.9	7.4	2.02	4.3	6.2	الأماكن السميكة +50%
4.1	9.3	23.0	2.45	4.3	7.7	1.95	3.65	6.6	العُقد +200%
7.1	16.43	38.4	5.2	10.2	15.1	3.97	7.95	12.8	العيوبIPI
5.5	4.35	4.7	6.7	5.4	5.9	7.35	5.95	6.5	نسبة الرطوبة %
17.5	19.25	21.0	14.0	15.85	17.0	13.0	14.9	15.2	عدد البرمات/ البوصة T.P.I

2-2-2 الخيوط القطنية المدمجة الممشطة Compact Combed Cotton Yarns:

جدول (2) نتائج اختبارات الخيوط القطنية المدمجة الممشطة قبل وبعد إجراء عملية الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيز 32,5%، وبعد التبيض الكامل باستخدام فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 تركيز 50%.

الخيوط المنتجة / الاختبارات المعملية	^{S}1/50 قطن انجليزي T.P.I 27			^{S}1/70 قطن انجليزي T.P.I 32			^{S}1/80 قطن انجليزي T.P.I 34		
	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل	خام	بعد الغليان في القلوي	بعد التبيض الكامل
نمرة الخيط الفعليةs	51.0	52.02	53.5	71.0	72.01	73.35	80.2	81.05	82.3
قوة الشد CN/TEX	27.4	28.25	29.85	26.7	27.35	28.6	23.5	24.45	26.7
نسبة الاستطالة %	5.4	5.15	6.1	4.9	4.7	5.8	4.5	4.15	5.3
قيم التشعير	3.3	2.25	1.15	3.2	2.0	1.02	3.0	1.8	0.7
الأماكن الرفيعة -50%	0.5	0.03	0.01	1.5	1.1	0.6	3.5	2.1	1.0
الأماكن السميكة +50%	8.5	6.1	3.2	10.0	7.0	3.6	16.0	10.02	4.03
العُقد +200%	23.0	15.1	8.1	35.0	19.2	9.3	58.0	23.5	10.1
العيوبIPI	32.0	21.23	11.31	46.5	27.3	13.5	77.5	35.62	15.13
نسبة الرطوبة %	5.7	5.15	7.25	4.7	4.2	6.05	4.4	3.9	5.65
عدد البرمات/ البوصة T.P.I	27.0	25.2	22.1	32.1	30.15	27.0	33.85	32.25	29.2

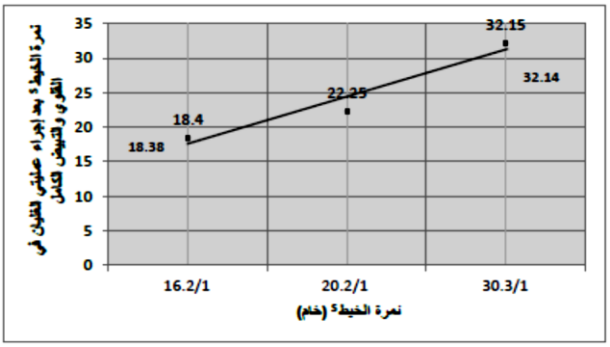
3- النتائج والمناقشة Results& Discussion :

3-1 الخيوط القطنية المدمجة المسرحة Compact Carded Cotton Yarns:

3-1-1 العلاقة بين نمرة الخيط^S الخام، ونمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل:

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^S (خام)، ونمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% كما في الشكل (9)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.999)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه: كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زاد قطر الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قل قطر الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 2.5635 + 0.9762\ X$$

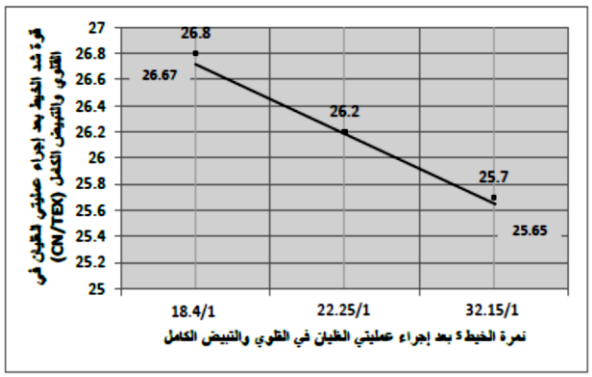


شكل (9) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S (خام) ونمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل

3-1-2 العلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وقوة شد الخيط (CN/TEX):

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وقوة شد الخيط كما في الشكل (10)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.955)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه: كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت قوة شد الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت قوة شد الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 28.033 - 0.0741\ X$$

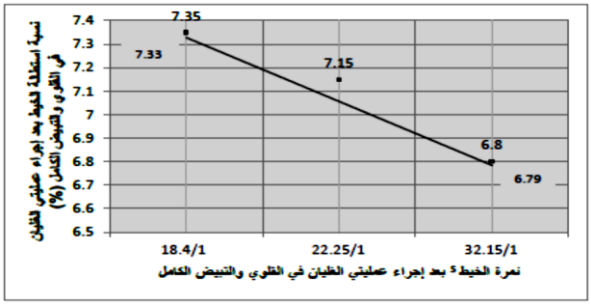


شكل (10) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وقوة شد الخيط (CN/TEX)

3-1-3 العلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة استطالة الخيط (%) :

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% ونسبة استطالة الخيط كما في الشكل (11)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.996)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه: كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت نسبة استطالة الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت نسبة استطالة الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت :**

Y = 8.0483 – 0.0391 X

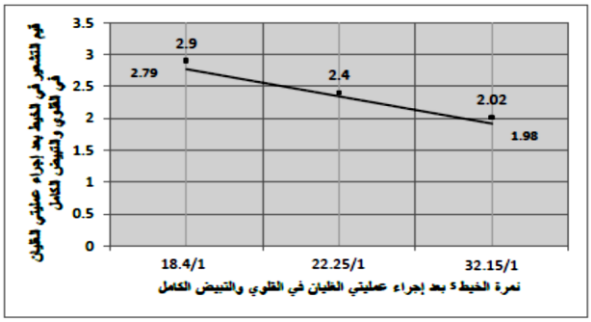


شكل (11) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة استطالة الخيط (%)

4-1-3 العلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وقيم التشعير في الخيط:

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وقيم التشعير في الخيط كما في الشكل (12)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.947)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت قيم التشعير في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت قيم التشعير في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت :**

Y = 3.8697 - 0.0589 X

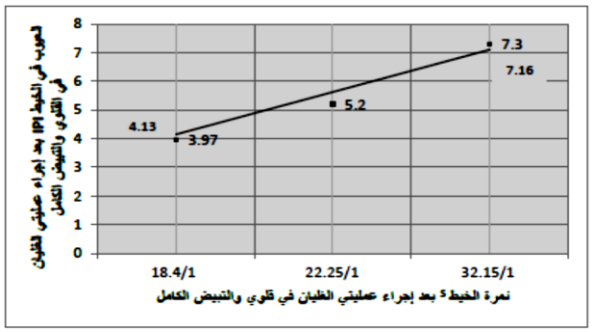


شكل (12) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وقيم التشعير في الخيط

5-1-3 العلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل والعيوب في الخيط IPI :

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% والعيوب في الخيط IPI وهي مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، والأماكن السميكة، والعُقد Neps/ 1000 متر) كما في الشكل (13)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.992)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زادت العيوب في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قلت العيوب في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت :**

Y = 0.0713 + 0.2206 X

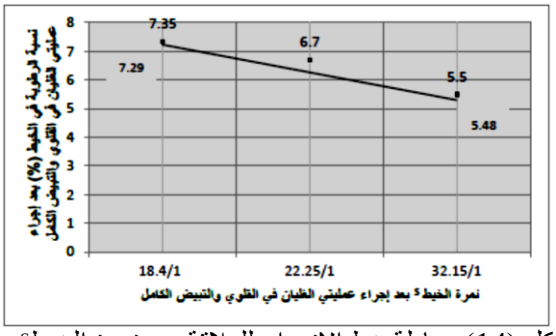


شكل (13) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل والعيوب في الخيط IPI.

6-1-3 العلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة الرطوبة في الخيط (%):

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% ونسبة الرطوبة في الخيط كما في الشكل (14)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.997)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت نسبة الرطوبة في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت نسبة الرطوبة في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت :**

Y = 9.7174 - 0.1319 X



شكل (14) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة الرطوبة في الخيط (%).

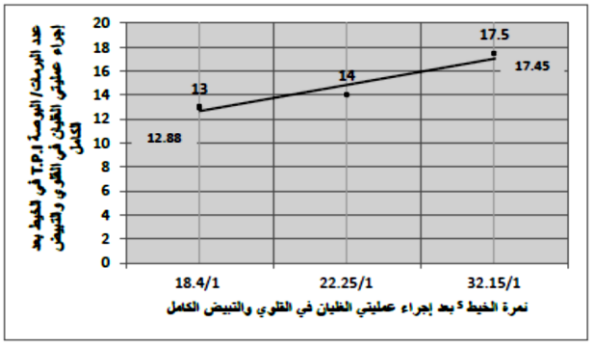
7-1-3 العلاقة بين نمرة الخيط^s بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وعدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط:

من الجدول (1) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 20% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وعدد البرمات/ البوصة T.P.I كما في الشكل (15)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.998)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زاد انتظام البرمات/ البوصة في الخيط (قل الفقد في عدد البرمات/ البوصة) بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قل انتظام البرمات/ البوصة (زاد الفقد في عدد البرمات/ البوصة) في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 6.7651 + 0.3325\ X$$



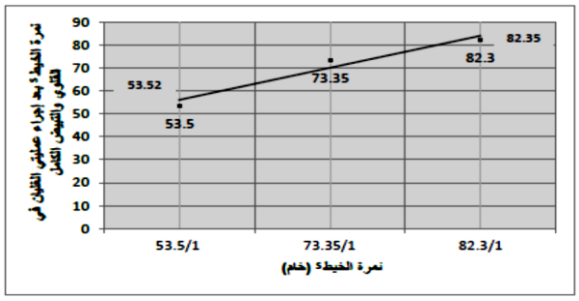
شكل (15) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^{S} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وعدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط.

2-3 الخيوط القطنية المدمجة الممشطة Compact Combed Cotton Yarns :

1-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^{s} الخام ونمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل:

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^{s} (خام)، ونمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% كما في الشكل (16)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.999)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زاد قطر الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قل قطر الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 3.1725 + 0.9873\ X$$

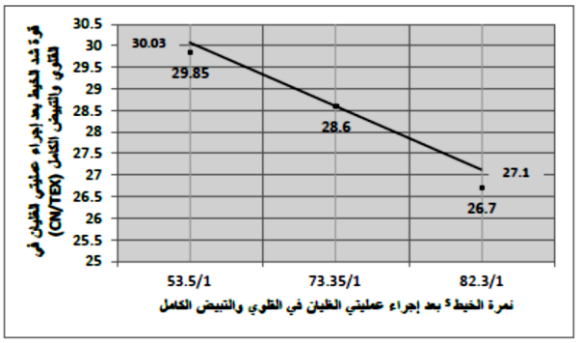


شكل (16) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^{S} الخام ونمرة الخيط^{S} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل

2-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وقوة شد الخيط (CN/TEX) :

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وقوة شد الخيط كما في الشكل (17)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.945)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت قوة شد الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت قوة شد الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 35.472 - 0.1017\ X$$

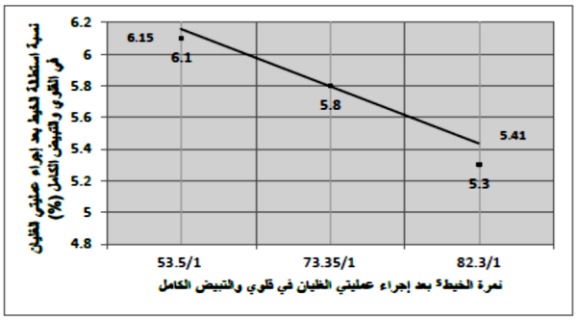


شكل (17) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^{S} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وقوة شد الخيط (CN/TEX)

3-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل ونسبة استطالة الخيط (%):

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% ونسبة استطالة الخيط كما في الشكل (18)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.936)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت نسبة استطالة الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت نسبة استطالة الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل، وهذا الارتباط قوي، **وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

$$Y = 7.5234 - 0.0257\ X$$



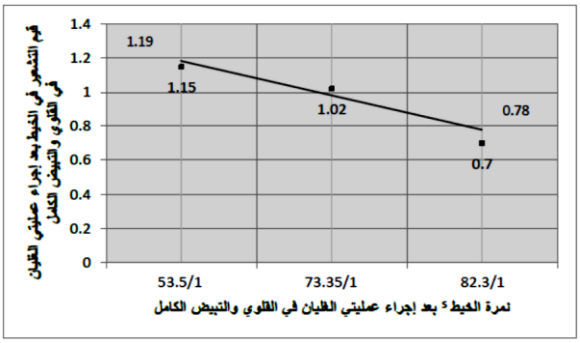
شكل (18) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^{S} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل ونسبة استطالة الخيط (%)

4-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبيض الكامل وقيم التشعير في الخيط:

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^{s} بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5%

والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وقيم التشعير في الخيط كما في الشكل (19)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.899)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت قيم التشعير في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت قيم التشعير في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

Y = 1.941 - 0.0141 X

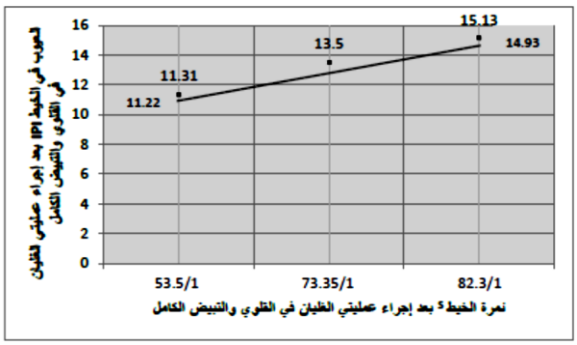


شكل (19) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وقيم التشعير في الخيط

5-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل والعيوب في الخيط IPI :

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% والعيوب في الخيط IPI وهي مجموع كلا من (الأماكن الرفيعة، والأماكن السميكة، والعُقد Neps/ 1000 متر) كما في الشكل (20)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.991)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زادت العيوب في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قلت العيوب في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

Y = 4.3244 + 0.1289 X

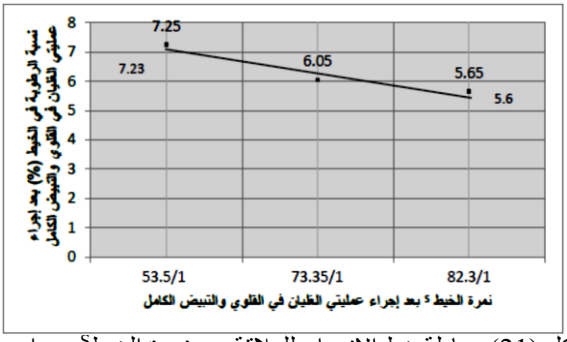


شكل (20) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل والعيوب في الخيط IPI

6-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة الرطوبة في الخيط (%) :

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% ونسبة الرطوبة في الخيط كما في الشكل (21)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= - 0.998)**، وهذا الارتباط **سالب (عكسي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما قلت نسبة الرطوبة الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما زادت نسبة الرطوبة في الخيط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

Y = 10.246 - 0.0564 X

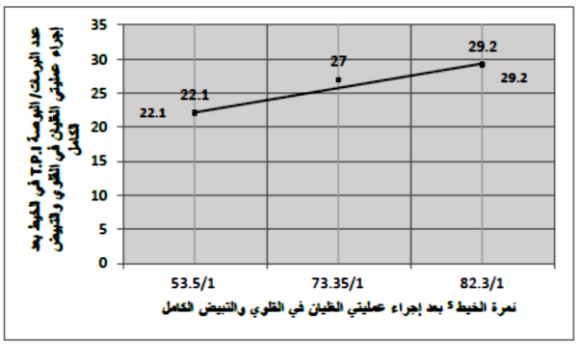


شكل (21) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل ونسبة الرطوبة في الخيط (%)

7-2-3 العلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وعدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط:

من الجدول (2) تم استخراج معامل الارتباط Correlation Coefficient ثم معادلة خط الانحدار Liner Regression للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام هيدروكسيد الصوديوم NaOH (الصودا الكاوية) تركيز 32,5% والتبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين) تركيز 50% وعدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط كما في الشكل (22)، وقد وجد أن معامل الارتباط **(R= 0.999)**، وهذا الارتباط **موجب (طردي)** بمعنى أنه : كلما كانت نمرة الخيط رفيعة كلما زاد انتظام البرمات/ البوصة في الخيط (قل الفقد في عدد البرمات/ البوصة) بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، والعكس كلما كانت نمرة الخيط سميكة كلما قل انتظام البرمات/ البوصة في الخيط (زاد الفقد في عدد البرمات/ البوصة) بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل، وهذا الارتباط **قوي، وقد استنتجت معادلة خط الانحدار وكانت:**

Y = 8.9092 + 0.2466 X



شكل (22) معادلة خط الانحدار للعلاقة بين نمرة الخيط^S بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي والتبييض الكامل وعدد البرمات/ البوصة T.P.I في الخيط

4- نتائج البحث Research Results:

مما سبق فقد كان لإجراء عمليتي الغليان في القلوي باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن NaOH (الصودا الكاوية Caustic Soda) تركيز 20% للخيوط المدمجة المسرحة وتركيز 32,5% للخيوط المدمجة الممشطة، ثم التبييض الكامل بمحلول فوق أكسيد

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الأيدروجين H_2O_2 (ماء الأكسجين Hydrogen Peroxide Bleaching) تركيز 50% لكلا منهما تأثير معنوي وإيجابي واضح تماماً على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط على هيئة عبوات (كون) Yarn Package كالآتي:

1- استجابة **فائقة** للتركيب البنائي لخيوط الغزل المدمج المنتجة باستخدام سلندر أمامي مجوف Compact Spinning with Air-Guide Element بنوعيها من الصنف الجديد قطن جـــيزة (94) خاصة الخيوط المدمجة الممشطة لعمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل. الأمر الذي لا يترتب عليه تكسير لجزيئات السليلوز أو تحويل في تركيبة الكيميائي كما هو الحال عند المعالجة بمواد التجهيز النهائي التي تحتوي على نسبة مسموح بها من مادة الفورمالدهيد Low Formaldehyde، ولكن حدث انتفاخ Swelling للشعيرات دون أن يؤدي إلى إذابة جزيئات السليلوز مما ترتب عليه تغيرات إيجابية واضحة في كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها دون الإضرار بها أو بالمستخدم النهائي أو بالبيئة المحيطة.

2- زادت **نمرة Yarn Count** الخيوط المدمجة بنوعيها بترقيم القطن الإنجليزي خاصة الخيوط المدمجة المسرحة بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل، **ويرجع ذلك إلى:** التخلص من المواد الشمعية والدهنية والبكتينية والبروتينية والزيوت الموجودة في الغلاف الخارجي لشعيرات القطن بالإضافة إلى بعض الشوائب الأخرى كقشور البذور والأتربة العالقة بالشعيرات أثناء عملية الغليان في القلوي، كما كان لعملية التبيض الكامل دور إضافي في التخلص بصورة نهائية من جميع الشوائب التي ما زالت موجودة بنسبة كبيرة كبقايا المواد الشمعية والبكتينية والبروتينية والتي تم تحللها إلى مواد بسيطة تذوب في الماء وذلك بتأثير محلول فوق أكسيد الأيدروجين، كما أن للقلوية العالية للمحلول PH = 11,5 ودرجة الحرارة العالية 90°م أثناء عملية التبيض دور كبير جداً في إزالة كافة الشوائب العالقة بالشعيرات، فالتبيض الكامل يعمل على التخلص من كافة الشوائب والأتربة.

3- زادت **قوة شد The Tensile Strength** الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل بشكل واضح، **ويرجع ذلك إلى** : انتفاخ الطبقة الخارجية للشعيرات بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن وتشكيل روابط جديدة بين السلاسل الجزيئية للشعيرات وإعادة ترتيبها وتوجيهها وتوازيها في اتجاه طولي موازي لطول الشعيرات بدون أي التواءات وزيادة الربط بينها، وكذا تقوية نقاط الضعف في الشعيرات مما يُزيد من قوى الاحتكاك الداخلي بينها بفعل عدد البرمات المرتفع للخيوط/ البوصة مما يؤدي إلى زيادة قوة شد الخيوط بعد إجراء عملية الغليان في القلوي، كما أن للمادة المؤكسدة المستخدمة في عملية التبيض الكامل وهي فوق أكسيد الأيدروجين دور آخر في تغلغل ذرات الأكسجين النشط إلى داخل الشعيرات مما أدى إلى انتفاخ الشعيرات وزيادة الربط بين السلاسل الجزيئية وبعضها البعض وزيادة قوى الاحتكاك بينها مما يؤدي إلى زيادة قوة التماسك بين الشعيرات وبعضها البعض مما يساعد على زيادة قوة شد الخيوط بشكل ملحوظ بعد إجراء عملية التبيض الكامل مما يجعلها تنافس الخيوط التركيبية في قوة الشد بالإضافة إلى الكثير من الخواص الفيزيقية الأخرى.

4- قلت **نسبة استطالة Breaking Elongation Ratio** الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عملية الغليان في القلوي، **ويرجع ذلك إلى**: تأثير كلا من درجة الحرارة العالية والقلوية العالية لمحلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن الذي أدى إلى انتفاخ الشعيرات، وكذا بعض التغيرات التي تحدث في التركيب الداخلي لها والتي تتمثل في زيادة استقامة الشعيرات طولياً مع المحور الطولي للخيط، وفك الالتواءات وزيادة طول السلاسل الجزيئية للشعيرات ومن ثم يؤثر كل ذلك على نقص نسبة استطالة الخيوط المدمجة بنوعيها، ثم زادت نسبة استطالة الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عملية التبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين، ويرجع ذلك إلى : تغلغل ذرات الأكسجين النشط إلى داخل الشعيرات مما يقلل من نسبة المناطق المتبلرة أو زيادة نسبة المناطق غير المتبلرة في السليلوز مما يؤدي إلى زيادة نسبة استطالة الخيوط مرة أخرى.

5- اختفى **التشعير Hairiness** في الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بدرجة كبيرة جداً يكاد يكون قد اختفى نهائياً خاصة في الخيوط المدمجة الممشطة مع تحسن واضح في ملمس الخيوط بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل، **ويرجع ذلك إلى**: إذابة كافة الشوائب العالقة بالشعيرات كقشور البذور بعد إجراء عملية الغليان في محلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن ثم إذابة بقايا المواد الشمعية والبكتينية والبروتينية والشوائب وتحللها إلى مواد بسيطة تذوب في الماء بعد إجراء عملية التبيض الكامل بمحلول فوق أكسيد الأيدروجين، مما يقلل من قيم التشعير في الخيوط بدرجة كبيرة جداً حيث أعطت الخيوط المدمجة بنوعيها لون أبيض ناصع ولامع لانعكاس الضوء عليها في اتجاه واحد فقط نتيجة لاختفاء التشعير مما يزيد من إشراقة اللون الأبيض.

6- اختفت **العيوب Imperfection (IPI)** والتي تتمثل في مجموع كلا من (المناطق الرفيعة، المناطق السميكة، العُقد Neps/ 1000 متر) في الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها، وخاصة في الخيوط المدمجة الممشطة بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل، **ويرجع ذلك إلى:** المواد المستخدمة في عملية الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل قامت بتحسين سُمك الخيط على مسار طوله فقلت العيوب نتيجة لإذابة الشوائب والأتربة العالقة بالشعيرات والتي تتسبب في وجود الأماكن السميكة والعُقد Neps مما أدى إلى تحسين انتظامية الخيط على مسار طوله من جانب، وكذا حدوث تغير في التركيب الداخلي للشعيرات والذي يتمثل في إعادة ترتيب السلاسل الجزيئية، وفك الالتواءات في الشعيرات، وتقوية نقاط الضعف والانعكاسات التركيبية وحلقات النمو والتراكيب الشاذة وتعني (المناطق في الشعيرات والتي تتصف من الوجهة التركيبية بصفات تجعلها قليلة المتانة وفي بعض الحالات عدم انتظام سُمك الشعرة ووجود مناطق ضعيفة بها) من جانب آخر، ويصاحب ذلك التغير زيادة في درجة استدارة المقطع العرضي للشعيرات ومع أي زيادة في درجة استدارة المقطع العرضي للشعيرات يؤدي إلى نقصاً واضحاً في العيوب.

7- قلت **نسبة الرطوبة Humidity Ratio** في الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عملية الغليان في القلوي، **ويرجع ذلك إلى** : تأثير كلا من درجة الحرارة العالية والقلوية العالية لمحلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن مما يزيد من قابلية الخيوط للانتفاخ وبالتالي تقل نسبة امتصاص الرطوبة، ثم زادت نسبة امتصاص الرطوبة في الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها مرة أخرى بعد إجراء عملية التبيض الكامل، ويرجع ذلك إلى : تغلغل ذرات الأكسجين النشط إلى داخل الشعيرات مما يقلل من نسبة المناطق المتبلرة أو زيادة نسبة المناطق غير المتبلرة في السليلوز مما يترتب عليه زيادة عدد مجموعات الهيدروكسيل الحرة OH في السليلوز، وبالتالي زيادة قدرة الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها على امتصاص الرطوبة مما يجعل الخيوط هيدروفيلية Hydrophilic الخواص في جميع أجزائها بشكل منتظم ومتجانس بعد إجراء عملية التبيض الكامل.

8- قلت **عدد البرمات/ البوصة T.P.I** في الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل، **ويرجع ذلك إلى:** التغير في التركيب الداخلي للشعيرات نتيجة لحدوث انتفاخ القناة الداخلية بمحلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن بعد إجراء عملية الغليان في القلوي، وتغلغل ذرات الأكسجين النشط إلى داخل الشعيرات بعد إجراء عملية التبيض الكامل، ويصاحب أي تغير في شكل المقطع العرضي للشعيرات أي زيادة في درجة استدارته نقصاً واضحاً في عدد البرمات/ البوصة T.P.I في كلا من الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها.

9- عملية الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها تزيد من كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط وبالتالي الأقمشة بصورة كبيرة جداً مقارنة بأساليب الغزل الأخرى. مما يجعلها تشارك في أسواق المنتجات الراقية بما يعود بالنفع على المؤسسات الصناعية المنتجة لها من جانب، ويجعل الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها وبالتالي الأقمشة تتفوق في مظهرها الخارجي وفي جوهرها على نظيرتها القطنية غير المعالجة، وكذلك الخيوط التركيبية المُخلقة في مجال الملابس الخارجية والمفروشات المنزلية بأقل تكلفة من جانب آخر.

10- عملية الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها أدت إلى تقليل الفروق في الخواص المختلفة بين الخيوط نظرا للاختلافات في عدد الالتواءات ونسبة النضج وسُمك الجدار الثانوي للشعيرات، **ويرجع ذلك إلى**: تقوية المناطق الضعيفة في الشعيرات مما يؤدي إلى انعدام العيوب وزيادة انتظام الخيط على طول مساره.

11- عملية الغليان في القلوي أزالت الشوائب والأتربة والأماكن السميكة والعُقد Neps وكل ما هو عالق بالخيوط بدرجة كبيرة جداً الأمر الذي جعل امتصاص محلول فوق أكسيد الأيدروجين يتم بشكل منتظم ومتجانس. إذ أن الأماكن السميكة والعُقد تمتص ظل أعمق عن باقي الشعيرات في قلب الخيط.

12- عملية الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها خاصة الخيوط الممشطة ازدادت درجة بياضها بدرجة كبيرة جداً وصلت إلى حد البريق Luster وهو أكثر من اللمعان Shine حيث ازداد نعومة واستدارة السطح العاكس للضوء بدرجة كبيرة جداً مما يؤدي إلى انتظام وزيادة انعكاس الأشعة على هذا السطح في اتجاه واحد فقط، **ويرجع ذلك إلى**: إزالة كل التجعدات الموجودة على سطح الشعيرات وفك الالتواءات وتغير القطاع الطولي Longitudinal الملتف للشعيرات إلى الشكل الأسطواني مما ينعكس على مظهرية الخيوط والأقمشة المنتجة منها، وكذا زادت مرونة الخيوط بدرجة كبيرة جداً مما جعلها أكثر مقاومة للتجعد والكرمشة ويزيد مقاومتها للاحتكاك مما يزيد من عمر الأقمشة الافتراضي.

13- يمكن إجراء عملية الغليان في القلوي للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها كعملية مستقلة ثم التبيض الكامل (موضوع البحث الحالي) أو مع عمليات أخرى في نفس الحمام كالتبيض الكامل أو المرسرة أو الصباغة طبقا لطبيعة المنتج النهائي والذي ينعكس على طلبات العميل.

14- يؤثر عدد البرمات/ البوصة على قدرة الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها على امتصاص محاليل المعالجة. فمعامل البرم العالي يعوق ويقلل من نسبة الامتصاص نتيجة لتقليل المسافات البينية بين الشعيرات المكونة للخيط، وبالتالي يقل انتفاخ الشعيرات بمحلول المعالجة مما يقلل من تأثير العمليات التحضيرية الأولية للخيوط القطنية المدمجة بنوعيها، وعلى العكس من ذلك نجد أنه كلما كان معامل البرم أقل كلما أدى ذلك إلى زيادة نسبة امتصاص محلول المعالجة نتيجة لزيادة المسافات البينية بين الشعيرات المكونة للخيط، وبالتالي يزداد انتفاخ الشعيرات مما ينعكس بصورة واضحة على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط بعد عملية المعالجة.

15- استخدام مواد آمنة صحياً وبيئياً وخالية تماماً من مادة الفورمالدهيد Formaldehyde في معالجة الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها يؤثر إيجابياً بصورة واضحة على كلا من الخواص الفيزيقية والكيميائية والميكانيكية للخيوط والأقمشة من جانب، ولا يؤثر على صحة المستخدمين أو البيئة المحيطة من جانب آخر، فالمستهلكين يبحثون دائما عن الأقمشة الأكثر صحية والأقل تأثيراً على البيئة المحيطة.

16- القطن المصري يتميز بمميزات جعلته من أفضل الخامات الطبيعية وأرخصها ثمناً في الوفاء بالمتطلبات الجمالية والوظيفية للكثير من المنتجات النسيجية. خاصة فيما يتعلق بوظائف الراحة الفسيولوجية للجسم بعد عملية معالجته كيميائياً لإكسابه خواص فيزيقية وكيميائية وميكانيكية جديدة باستخدام المعالجات الكيميائية المختلفة وتقنيات الماكينات الحديثة.

17- الغزل المدمج للخيوط القطنية بنوعيها أسهم بصورة غير مسبوقة في إنتاج خيوط ذات خواص فيزيقية وميكانيكية متميزة من جانب، وزيادة الإنتاج بشكل مباشر دون التأثير على الخواص المختلفة للخيوط مقارنة بأسلوب الغزل الحلقي للخيوط القطنية بنوعيها من جانب آخر، وبالتالي تقليل تكلفة المنتج النهائي حيث أمكن استخدام شعيرات قطنية من رتب منخفضة وغزلها بأسلوب الغزل المدمج واجراء العمليات التحضيرية الأولية على الخيوط مما يؤدي إلى رفع مستوى جودة المنتج النهائي بأقل تكلفة. مما يدعوا إلى حُسن اختيار أسلوب الغزل والعمليات التحضيرية الأولية للحصول على أقمشة هي الأمثل طبقا لطبيعة المنتج النهائي مع انخفاض تكلفة التشغيل بصورة كبيرة.

18- استخراج معادلة خط الانحدار Linear Regression للعلاقات المختلفة بين نمر الخيوط القطنية المدمجة بنوعيها بعد إجراء عمليتي الغليان في القلوي ثم التبيض الكامل، والخواص المختلفة للخيوط (نمرة الخيطS خام، قوة شد واستطالة الخيط، التشعير في الخيط، العيوب في الخيط IPI، نسبة الرطوبة، عدد البرمات/ البوصة T.P.I) يوفر الكثير من الوقت والجهد والتكاليف. فمن خلال هذه المعادلة يمكن التنبؤ بالخواص المختلفة لأي نمر أخرى بدون إجراء أي تجارب عملية.

المراجع: References

1- أحمد علي سالمان (1999م)، خامات النسيج، مطبعة كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، القاهرة.

2- أيمن السيد إبراهيم رمضان (2008م)، إنتاج خيوط بخواص مختلفة تحت تأثير عوامل متعددة باستخدام الغزل المدمج، رسالة دكتوراه، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان.

3- إيهاب حيدر شيرازي (2008م)، أقمشة البولي أستر، مطبعة نانسي، دمياط.

4- بلال عبدالوهاب الرفاعي (2015م)، المدخل لأساسيات العمليات الصباغية، كلية العلوم، جامعة دمشق، سوريا.

5- سمير أحمد الطنطاوي (2011م)، تكنولوجيا الغزل، الجزء الثالث، مطبعة الشنهابي، الإسكندرية.

6- عبدالحميد خير الله، سامية علي سليم (2010م)، مراقبة الجودة في مصانع الصباغة والتجهيز، ط 2، صندوق دعم صناعة الغزل والمنسوجات، مركز تطوير الصناعات النسيجية، البرامج التدريبية الفنية.

7- عبدالحميد خير الله، ماجدة محمد ناصف (2010م)، تكنولوجيا التحضيرات الأولية للصباغة والطباعة، ط 2، صندوق دعم صناعة الغزل والمنسوجات، مركز تطوير الصناعات النسيجية، البرامج التدريبية الفنية.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

8- Artzt, Peter (1998), Compact spinning-a true-innovation in staple fiber spinning, International Textile Bulletin, 44 (5).
9- ASTM (American Standards on Textile Materials), Designations : D, 1907.
10- ASTM (American Standards on Textile Materials), Designations : D, 1425.
11- ASTM (American Standards on Textile Materials), Designations : D, 1423.
12- ASTM (American Standards on Textile Materials), Designations : D, 2256.
13- ASTM (American Standards on Textile Materials), Designations : D, 2495.
14- Basal, G., Oxenham, W. (2006), Comparison of properties and structure of compact and conventional spun yarns, Textile Research Journal, Vol.76, No.7.
15- https://apexprecitech.wordpress.com/2010/04/12/suessen-elite-compact-spinning-and-top-arm-load-setting, Search Date : 09 Feb. 2022.
16- https://sosopoetry.blogspot.com/2013/02/compact-spinning-organisation.html, Search Date : 09 Feb. 2022.
17- https://www.researchgate.net/figure/a-The-centrepiece-of-Zinser-Impact-FX-b-Compacting-apron-22_fig6_338326691, Search Date : 09 Feb. 2022.
18- https://www.researchgate.net/publication/267585729_Compact_Spinning_A_Critical_ReviewMAL, Search Date : 10 Feb. 2022.
19- Krifa, M., Ethridge, M.D. (2006), Compact spinning effect on cotton yarn quality: interactions with fiber characteristics, Textile Topics, Vol. 3.
20- Tomasino Charles (1992), Chemistry& Technology of fabric preparation& finishing, North Carolina state university, Raleigh, North Carolin