



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية و تقاناتها

تطوير تقنيات إنتاج الخيوط المضخمة

بحث أعدّ لنيل درجة الماجستير في تكنولوجيا الغزل

إعداد

م. عبير نونة

إشراف

د. م. ماجد قاسو

أ. د. م. معن الحوراني

٢٠١١ - ٢٠١٢

ملخص البحث

تهدف عملية تضخيم (تجعيد) الخيوط إلى تحسين الخصائص الأصلية للخيوط الصناعية التركيبية ذات الشعيرات المستمرة وإكسابها خصائص جديدة تقترب من خصائص الخيوط المغزولة وبشكل خاص من حيث الملمس و المظهرية. وقد قمنا بهذا البحث بدراسة مرجعية للطرق القديمة المستخدمة في تجعيد الخيوط ودراسة نظرية تحليلية لأهم تقنيات إنتاج الخيوط المجددة المنتشرة عالمياً: طريقة التضخيم (التجعيد) الهوائي و طريقة التجعيد بالبرم الكاذب.

و تعتمد عملية التجعيد بشكل عام على ميزة اللدونة الحرارية التي تتمتع بها الخيوط الصناعية التركيبية إلا أنّ طريقة التضخيم (التجعيد) الهوائي يمكن تطبيقها على مختلف أنواع الخيوط (خيوط تحويلية - تركيبية ...) لإنتاج خيوط ذات كثافة خطية عالية و ملمس ناعم .

وبما أنّ النظام المتبع لتجعيد الخيوط في القطر العربي السوري يعتمد على إكساب الخيط البرمات الكاذبة بواسطة أقراص الاحتكاك و نظراً لما تعاني منه هذه الطريقة من معدل عال لانزلاق الخيوط أثناء مرورها في وحدة الاحتكاك والذي بدوره ينعكس سلباً على جودة ومواصفات الخيط المجدد الناتج قمنا بهذا البحث بدراسة أهم البارامترات المؤثرة على سير العملية التكنولوجية (معدل السحب - درجة حرارة السخان العلوي - درجة حرارة السخان السفلي - سرعة التجعيد) كما قمنا بدراسة تحليلية لأهم العوامل المؤثرة على ارتفاع معدل انزلاق الخيوط (الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص - نسبة السرعة المحيطية للقرص إلى السرعة الخطية للخيط D/Y - معدل الشد T_2/T_1 المؤثر على الخيط خلال مروره بوحدة الاحتكاك)

فتوصلنا إلى كيفية الضبط الأمثل لمعدل الشد T_2/T_1 بشكل يتناسب مع نسب D/Y المختلفة المطبقة على الآلة وذلك من خلال إيجاد معادلة رياضية رابطة بينهما نحقق من خلالها أقل ما يمكن من انزلاق للخيوط وأعلى درجة من الجودة للخيط المجدد الناتج من حيث متانته وثباتية تجعيده.

ومن خلال هذه المعادلة استطعنا إيجاد معدلات السرعة D/Y المثلى التي من أجلها نستطيع الحصول على خيوط مجددة بأعلى درجة من الجودة عند الضبط الصحيح لمعدلات الشد المؤثرة على الخيط وفق المعادلة التي توصلنا إليها.

الفهرس

٣	(General Introduction) مقدمة عامة
٤	١. الفصل الاول : دراسة نظرية للخيوط المجعدة (المضخمة)
	Theoretical Study Of Textured Yarns
٤	١,١ مفهوم الخيوط المجعدة (المضخمة)
5	٢,١ حادثة إنتاج الخيوط المجعدة في القطر العربي السوري
6	3.1 تصنيف الخيوط المستمرة حسب سرعة الغزل
7	٤,١ أنواع الخيوط المستخدمة في عملية التجعيد
8	٥,١ مجالات استخدام الخيوط المجعدة (المضخمة)
9	٦,١ مقارنة ما بين خصائص الخيوط المجعدة بالهواء ATY والخيوط المجعدة بالبرم الكاذب FTY
11	٢. الفصل الثاني : دراسة مرجعية لأنظمة إنتاج الخيوط المجعدة
	Reference Study Of Textured Yarns Production Systems
11	1.2 الأنظمة المتبعة في إنتاج الخيوط المجعدة
1١	1.1.2 نظم المعالجة الميكانيكية - الحرارية بدون برم
14	٢,١,٢ نظام البرم الكاذب (False – Twist Method)
18	٣,١,٢ نظام الضخ الهوائي (Air Jet Method)
18	٢,٢ أشكال الخيط المجعد
21	الفصل الثالث: دراسة تحليلية لتطوير تقنيات إنتاج الخيوط المجعدة
	Analysis Study for Technologies Development Of Textured Yarns
21	١,٣ دراسة تحليلية لتقنية إنتاج الخيوط المجعدة بأقراص الاحتكاك
21	١,١,٣ المراحل التكنولوجية لتجعيد الخيوط بواسطة أقراص الاحتكاك
24	٢,١,٣ طرق زيادة درجة تجعيد الخيط المنتج
24	٣,١,٣ البارامترات المؤثرة على العملية التكنولوجية
35	٤,١,٣ المشكلة الرئيسية في تجعيد الخيوط بأقراص الاحتكاك
36	٥,١,٣ دراسة العوامل المؤثرة على انزلاق الخيوط في وحدة التجعيد
٤٢	٦,١,٣ دراسة العلاقة ما بين النسبة D/Y و قوى الشد المؤثرة على الخيط
45	٧,١,٣ آلات عملية التجعيد بأقراص الاحتكاك
٥٠	٢,٣ دراسة تحليلية لتقنية إنتاج الخيوط المجعدة (المضخمة) بالهواء

٥٠	 أنواع الخيوط المستخدمة في التجعيد (التضخيم) الهوائي .
٥٠	 مراحل التجعيد الهوائي للخيوط ذات التركيب السيللوزي
٥١	 مراحل التجعيد الهوائي للخيوط التركيبية
٥٤	 نماذج الخيوط المجدّدة هوائياً
٥٨	 أنواع الفالات المستخدمة لإنتاج خيوط (Core - Effect)
٥٩	 الأخطاء الحاصلة في إنتاج الخيوط المجدّدة هوائياً
٦٠	 العوامل المؤثرة على تشكيل الحلقات .
٦٢	 خصائص الاستطالة / الشد للخيوط المجدّدة هوائياً
٦٥	 أشهر الآلات المستخدمة في التجعيد الهوائي
٦٨	 4. الفصل الرابع: القسم العملي التطبيقي Practical Department
٦٨	 ١,٤ آلة التجعيد المستخدمة في شركة "United Weavers Co."
٧١	 ٢,٤ التجارب العملية
٧١	 ١,٢,٤ علاقة معدل الشد بالنسبة D/Y
٧٤	 2.2.4 تأثير سرعة التجعيد على خصائص خيط البولي أميد المجدّد
٧٨	 ٣,٢,٤ تأثير درجة حرارة المسخن العلوي على خصائص خيط البولي أميد المجدّد
٨٣	 ٤,٢,٤ دراسة إنتاجية الآلة باستخدام مسخنات من نوع (HTI)
٨٥	 ٥. الفصل الخامس: النتائج و التوصيات

Conclusion And Future Recommendation

٨٥	 ١,٥ النتائج العلمية والعملية
٨٨	 ٢,٥ التوصيات والمقترحات
٩١	 الخاتمة
٩٢	 الرموز المستخدمة في البحث
٩٤	 فهرس الأشكال
٩٦	 فهرس الجداول
٩٨	 فهرس المخططات
٩٩	 مصطلحات البحث
١٠٠	 المراجع

مقدمة عامة (General Production) :

تعتبر عملية تجعيد الخيوط من أكثر العمليات ارتباطاً بالخيوط ذات الشعيرات المستمرة وعلى الرغم من حداثة هذا الاتجاه في عالم الخيوط و المنسوجات إلا أنه نمت بشكل مذهل في الفترة الأخيرة نتيجة التقدم الكبير في تكنولوجيا الآلات التي تقوم بتصنيع الخيوط المجددة و الارتفاع المفاجئ في شعبية هذه الخيوط فنظراً للتغير الذي يطرأ على حجم الخيوط بعد تجعيدها فإن الأقمشة المصنوعة منها تتميز بسهولة تخلخل الهواء فيها من جهة و بمقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة من جهة أخرى كما أنها تتميز بثباتية أبعادها و مقاومتها للانكماش.

و نظراً لأهمية الخيوط المجددة و مجالات استخدامها الواسعة فقد قمنا من خلال هذا البحث بدراسة نظرية تحليلية لأهم الطرق و الأنظمة المستخدمة في تجعيد الخيوط و هو نظام التجعيد الهوائي (Air Jet Texturing) الذي يعمل على إنتاج خيوط (Air Textured Yarn) ATY وكذلك قمنا بدراسة نظرية عملية لنظام تجعيد الخيوط المتبع لدينا في القطر العربي السوري وهو نظام البرم الكاذب بواسطة أقراص الاحتكاك (False Twist Texturing By Friction) (Disks) فكانت مبررات البحث على الشكل التالي:

مبررات البحث:

- معالجة النسبة العالية لانزلاق الخيوط أثناء تجعيدها بأقراص الاحتكاك لما لها من تأثير سلبي واضح على خصائص وجودة الخيوط المجددة و بشكل خاص من حيث متانة الخيط المنتج وثباتية تجعيدها .
- دراسة تحليلية لكيفية الضبط الأمثل لقوى الشد المؤثرة على الخيط أثناء تجعيده وفق نظام البرم الكاذب بأقراص الاحتكاك و ذلك من أجل إيجاد مسار ثابت للخيط بدون تذبذبات أثناء العملية التكنولوجية .
- دراسة العوامل المؤثرة على ثباتية تجعيدها الخيط المجدد بنظام البرم الكاذب بأقراص الاحتكاك .
- دراسة تحليلية نظرية لكيفية معالجة ضعف ثباتية الحلقات المتشكلة على سطح الخيط المجدد هوائياً.

الفصل الأول

دراسة نظرية للخيوط المجعدة (المضخمة)

(Theoretical Study Of Textured Yarns)

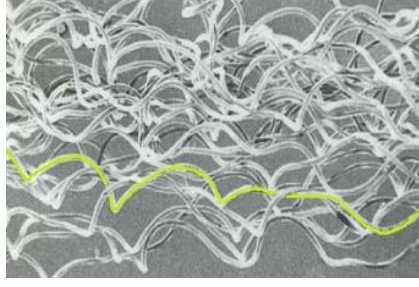
١,١ مفهوم الخيوط المجعدة (المضخمة):

تعتبر عملية تجعيد الخيوط من أكثر العمليات ارتباطاً بالخيوط ذات الشعيرات المستمرة المتميزة باللدونة الحرارية حيث يقدر الاستهلاك العالمي سنوياً من الخيوط مستمرة الشعيرات حوالي ١٨ مليون طن وهي موزعة على الشكل التالي: ٤٥% منها للباس - ٣١% لأقمشة المفروشات - ١٣% للاستعمالات الصناعية - ١١% للسجاد وأغطية الأرضيات .

فعملية التجعيد تعمل على إكساب خيوط (Flat) تجعيدات (Crimps) أو تموجات (Waves) أو حلقات (loops) فتحسن بالتالي من الخصائص الأصلية لخيوط (flat) وتكسبها خصائص جديدة مثل :

- التجعد وازدياد حجم الخيط .
- زيادة المطاطية .
- الملمس الناعم .
- المظهر الطبيعي .
- امتصاص أعلى للرطوبة.
- زيادة معامل التغطية.

وهكذا يمكن تعريف الخيوط المجعدة (Textured Yarn) بأنها خيوط صناعية تركيبية أجريت عليها عملية تكنولوجية (الثرموبلاستيك) فحولت شعيراتها المستقيمة إلى شعيرات متموجة زادت من حجم الخيط وأكسبته خصائص جديدة تقترب من خصائص الخيوط المغزولة و بشكل خاص من حيث الملمس و المظهرية كما في الشكل (١).



الشكل (١) الخيط المجعد

٢,١ حادثة إنتاج الخيوط المجعدة في القطر العربي السوري :

دخلت صناعة تجعيد الخيوط إلى سورية لأول مرة في بداية الستينيات من القرن الماضي من قبل إحدى شركات القطاع العام المؤممة في دمشق وهي الشركة العامة لخيوط النايلون والجوارب التي قامت بتوسيع إنتاجها في بداية الثمانينيات، لكن هذه الصناعة لم تدم طويلاً على مستوى القطاع العام، فقد أوقفت الشركة المذكورة خط إنتاج الخيوط المجعدة مع بداية القرن الحالي لأسباب مختلفة تتعلق بظروف تشغيل تلك الفترة.

بالمقابل، على صعيد القطاع الخاص، قامت شركة علي تكس في التسعينيات من القرن الماضي بإنشاء أول مصنع لتجعيد الخيوط لتكون أول شركة خاصة في مدينة حلب تدخل هذا المجال من الصناعة.

ومع بداية عام ٢٠٠٠ وحتى تاريخه مازالت صناعة الخيوط المجعدة بتوسع وتطور مستمرين في مدينة حلب من قبل العديد من أصحاب الشركات الخاصة .

أما في دمشق فيوجد بضعة شركات خاصة أهمها:

(١) شركة "الشاطر" التي تنتج خيوط البولي استر المجعدة.

(٢) شركة "الديروان" (United Weavers Company):

تأسست عام ١٩٩٨ لإنتاج خيوط FDY (بولي بروبيلين) بنمر تتراوح ما بين 100 - 1000 dtex لاستخدامها في صناعة الخيم و أكياس الخيش وإطارات العربات.

وفي عام ٢٠٠٨ أدخلت خط إنتاج لصناعة الخيوط المجعدة (poly amid 6) بنمر تتراوح ما بين 40 - 150 dtex بعدد شعيرات (12 - 24 - 36 - 38) شعيرة. لاستخدامها في صناعة الجوارب والملابس الرياضية والملابس الداخلية والملابس الخارجية ، وتبلغ صادرات الشركة % 25 من إنتاجها لإفريقيا والشرق الأوسط.

٣,١ تصنيف الخيوط المستمرة حسب سرعة الغزل [٣]:

عند غزل الخيوط فإنّ الخيط يتعرض لإجهاد يتزايد مع زيادة سرعة الغزل وبالوقت نفسه يحصل على درجة أعلى من التوجيه لذلك وحسب مستويات السرعة المختلفة يتم الحصول على صفات مختلفة للألياف. ويمكن تصنيف الخيوط المستمرة حسب سرعة الغزل إلى خمسة أنواع كما هو موضّح في الجدول (١).

الجدول (١) تصنيف الخيوط المستمرة حسب سرعة الغزل

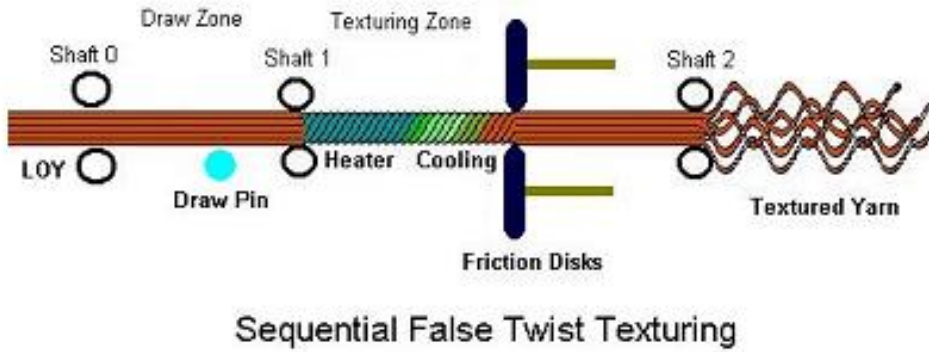
نوع الخيط	السرعة
LOY : Low Oriented Yarn	1000 – 1800 (m/min)
MOY : Medium Oriented Yarn	1800 – 2800 (m/min)
POY : Partially Oriented Yarn	2800– 4000 (m/min)
HOY : High Oriented Yarn	4000 – 6000 (m/min)
FOY : Fully Oriented Yarn	>6000 (m/min)

- خيوط ذات توجيه أولي منخفض LOY (Low Oriented Yarn) وتبلغ فيها سرعة الغزل من 1000 – 1800 (m/min) وهي العملية التي تملك سحباً متبقياً عالياً ولها توجيه منخفض للسلسلة الجزيئية فيكون توزّع الجزيئات في الشعيرة الواحدة من الخيط غير منتظم .
- خيوط ذات توجيه متوسط MOY (Medium Oriented Yarn) وتبلغ فيها سرعة الغزل من 1800 – 2800 (m/min) ويتميز هذا النوع بسحب متبقي متوسط .
- خيوط ذات توجيه جزئي POY (Partially Oriented Yarn) وتبلغ فيها سرعة الغزل من 2800– 4000 (m/min) ويتميز هذا النوع من الخيوط باستطالة جيدة تتراوح ما بين % (100 – 120) عند نقطة الانقطاع و نلاحظ استخدامه على نطاق واسع بفضل إمكانية تخزينه لفترات طويلة .

- خيوط ذات توجيه عالي (High Oriented Yarn) HOY وتبلغ فيها سرعة الغزل من (4000 – 6000 m/min)
- خيوط تامة التوجيه (Fully Oriented Yarn) FOY وهي خيوط مسحوبة بالكامل حيث تتم عملية غزل الخيوط على سرعات عالية جداً أعلى من 6000(m/min)

4.1 أنواع الخيوط المستخدمة في عملية التجعيد [٧]:

- (Low Oriented Yarn) LOY : كانت سابقاً تستخدم خيوط LOY (بولي استر أو بولي أميد) في عملية التجعيد ولكن من سيئات هذه الخيوط :
 - أنه لا يمكن تجعيدها بعملية مستمرة ذات مرحلة واحدة .
 - وعدم قدرتها على تحمل السرعات العالية .
 فكانت عملية التجعيد تتم على مرحلتين منفصلتين كما هو موضح في الشكل (٢):
 المرحلة الأولى : تتم فيها عملية السحب وتحسين انتظامية الخيوط .
 و المرحلة الثانية : إعطاء البرمات الكاذبة .

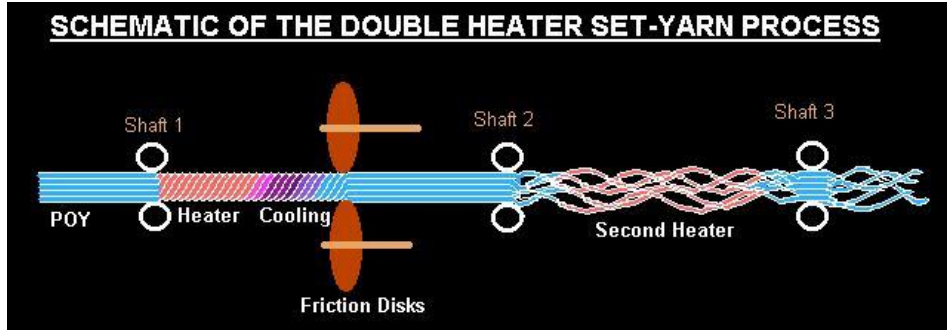


الشكل (٢) الطريقة المتقطعة (غير المستمرة) في تجعيد خيوط LOY.

• POY (Partially Oriented Yarn) :

وهي خيوط ذات شعيرات مستمرة تتميز بقدرة عالية على الاستطالة والتمدد لذا تعتبر من أكثر الأنواع الملائمة لعمليات التجعيد المستمرة التي تتم على مرحلة واحدة (سحب وإعطاء برمات كاذبة معاً). حيث يفضل استخدام خيوط POY لأنها الأرخص و تتوفر حالياً في مجال واسع من النمر والمقاطع العرضية و الألوان.

والشكل (٣) يوضح الطريقة المستمرة في تجعيد خيوط POY



الشكل (٣) الطريقة المستمرة في تجعيد خيوط POY

ملاحظة :

تتم عملية التجعيد عموماً على الشعيرات الصناعية مثل : PP – PET– PA كما تمكنا آلات التجعيد الهوائي من استخدام الألياف الزجاجية والألياف المعدنية و جميع أنواع الخيوط ذات الشعيرات المستمرة لإنتاج خيوط (Air Textured Yarns) ATY

5.1 مجالات استخدام الخيوط المجددة (المضخمة)

الخيوط المجددة بالهواء ATY:

- تستخدم في صناعة الملابس الرياضية.
- صناعة الملابس الفاخرة.
- في فرش السيارات.
- في صناعة الستائر و اللوحات الجدارية.
- في صناعة الفلاتر.
- و أيضاً في صناعة الملابس الخارجية.

الخيوط المجدّة بالبرم الكاذب FTY :

- تستخدم في صناعة الجوارب النسائية .
- في صناعة الملابس الخارجية.
- في الاستخدامات المنزلية.

6.1 مقارنة ما بين خصائص الخيوط المجدّة بالهواء ATY و الخيوط المجدّة بالبرم

الكاذب FTY [٥]:

تتميز خيوط ATY بالميزات التالية :

- ثباتية عالية للخيط .
- النفشة العالية .
- الملمس الناعم للأقمشة .
- مقاومة عالية للاهتراء بالاحتكاك .
- مظهرية موحدة للقماش الناتج عنها .

بالإضافة إلى أنّ خيوط ATY تساهم في تقليل كلف الأقمشة وذلك لأنها :

- (١) يمكن أن تحل محل الشعيرات الطبيعية الغالية مثل خيوط الحرير الطبيعي والصوف والقطن حيث أنّ ملمسها يشبه ملمس الخيوط المغزولة إلى حد كبير.
- (٢) يمكن أن تحل محل النمر المنخفضة للخيوط المغزولة والتي تكون غالية جداً والمستخدم في إنتاج الفساتين الثمينة .
- (٣) يمكن أن تحل محل الخيوط ذات النمر الخشنة .

و الجدول (٢) يوضح مقارنة ما بين خصائص الخيط المجدّ المنتج بنظام البرم الكاذب FTY

و الخيط المجدّ المنتج وفق نظام الضخ الهوائي ATY

الجدول (٢) مقارنة ما بين خصائص خيوط (ATY) و خيوط (FTY)

الخيوط المجدّة بالبرم الكاذب FTY	الخيوط المجدّة بالهواء ATY
نفشة - نعومة- ملمس حريري	قلب مكتنز مع نفشة عالية
إمكانية الاهتراء بالاحتكاك	مقاومة الاهتراء بالاحتكاك
الميل للتشابك	لا تتشابك
مرونة عالية	غير مرنة

وهكذا نجد أنّ خصائص الخيط المجدّد ومظهره تتعلّق بشكل رئيسي بالنظام المتبع في طريقة إنتاجه فتختلف مطاطية الخيط المجدّد ومثاقته ومرونته تبعاً لطريقة إنتاجه وسنقوم في الفصل الثاني بدراسة مرجعية لجميع الطرق القديمة و الحديثة المتبعة في إنتاج الخيوط المجدّدة وأشكال الخيط الناتج عنها.

الفصل الثاني

دراسة مرجعية لأنظمة إنتاج الخيوط المجعدة

Reference Study Of Textured Yarns Production Systems

1.2 الأنظمة المتبعة في إنتاج الخيوط المجعدة [١] :

يوجد لدينا ثلاثة أنظمة لإنتاج الخيوط المجعدة :

(١) أنظمة قديمة تعتمد على المعالجة الميكانيكية الحرارية للخيوط بدون برم لإكسابه تموجات وانحناءات.

(٢) أنظمة تعتمد على تجعيد الخيوط بإكسابه البرمات الكاذبة (False Twist Method).

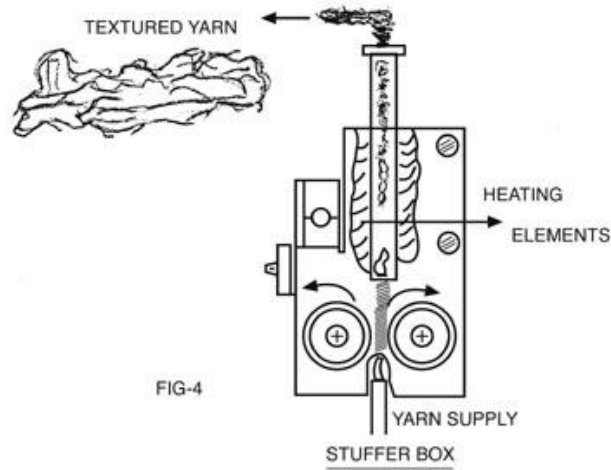
(٣) أنظمة تعتمد على إحداث اضطرابات في شعيرات الخيوط من خلال الضخ الهوائي من أجل تشابك الشعيرات وتشكيل الحلقات على سطح الخيوط المجعد (Air Jet Method).

1.1.2 نظم المعالجة الميكانيكية - الحرارية بدون برم :

تنتج هذه الأنظمة خيوطاً ذات خصائص مختلفة من حيث المرونة و المظهرية للخيوط المجعد وقد انتشرت بشكل كبير في بداية الخمسينات من القرن الماضي و نذكر من هذه النظم :

1.1.1.2 طريقة حجرة الضغط الميكانيكي (Stuffer – Box) [١]:

يُعرف الخيط المنتج وفق هذه الطريقة تجارياً باسم بانلون (Ban-Lon) نسبة إلى مصنعه بانكروفت عام ١٩٥٠ و يعتمد هذا النظام على تسخين الخيوط وتجعيده في مرحلة واحدة حيث يتم إدخال الخيوط بواسطة رولي تغذية إلى صندوق (حجرة التجعيد) المسخن بسرعة تغذية عالية (سرعة تغذية الخيوط إلى صندوق التجعيد أكبر بكثير من سرعة خروج الخيوط من الصندوق) فيتم انحناء شعيرات الخيوط بقوة نتيجة الضغط الذي تتعرض له داخل صندوق التجعيد مما يؤدي إلى توليد نقاط ثني مستوية على طول الخيط.



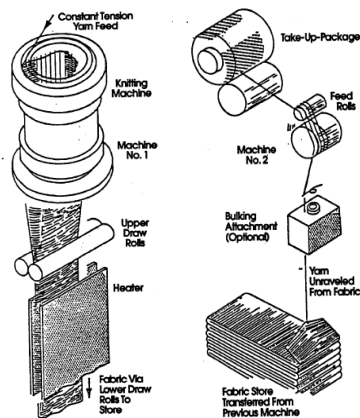
الشكل (٤) حجرة الضغط الميكانيكي

مساوئ هذه الطريقة :

١. لا يمتلك الخيط الناتج امتطاطية (مرونة) عالية حيث تأخذ تجعيدات شكل (zigzag).
٢. لا تناسب هذه الطريقة السرعات الإنتاجية العالية .
٣. لا تحقق خيوط ذات ثباتية عالية للتجعيدات.

2.1.1.2 التجعيد بتكوين وفك غرز التريكو (Knit – de – Knit Method) [١]:

تعتمد هذه الطريقة على حياكة الخيوط على آلة حياكة دائرية ذات قطر صغير لتتم بعدها عملية التثبيت الحراري للقماش الأنبوبي الناتج بواسطة البخار ومن ثم تتم عملية تنسيل الخيوط في مرحلة لاحقة ولفها على بوبينات كما في الشكل (٥).



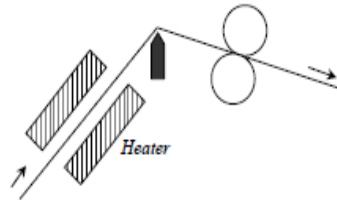
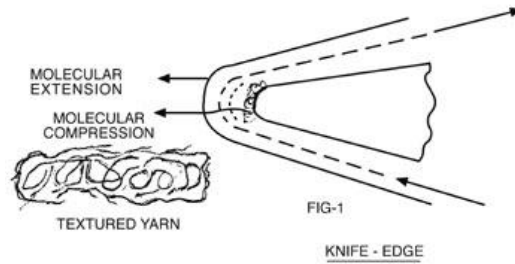
الشكل (٥) التجعيد بتكوين و فك غرز التريكو

وتأخذ التجميعات في هذه الطريقة شكل تموجات على طول الخيط .
ولكن من مساوئ هذه الطريقة :

أنها مكلفة و تتطلب مرونة عالية في خيوط التغذية المستخدمة فلا تناسب جميع أنواع الخيوط
حيث يتم استخدامها من أجل خيوط النايلون ذات المطاطية العالية .

3.1.1.2 طريقة الشفرة (Blade Method) [١]:

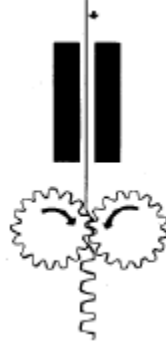
وهي طريقة ميكانيكية حرارية في تجعيد الخيوط تمّ تطويرها عام ١٩٥٣ من خلال الأبحاث التي قام بها كل من (Deering - Milliken) و يُعرف الخيط المجدّد المنتج عنها تجارياً باسم (Agilon) حيث يتمّ في هذه الطريقة تسخين الخيط وسحبه على حافة مدوّرة بزوايا معينة ليتم بعدها تبريد الخيط من خلال سيلندرات التوريد . وإنّ انحناء الخيط على سطح الشفرة بزوايا معينة بالإضافة لقوة سحب الخيط يولدان ضغط في جانب الخيط الملاصق للطرف الحاد وتمدد في الجانب الآخر من الخيط البعيد عن الحافة المدورة حيث تخضع الشعيرات الملاصقة للشفرة إلى تغيير في بنيتها نتيجة قوة الضغط المطبقة عليها فيحدث انكماش في هذه الشعيرات و تتولد التجميعات بشكل نابضي ولم تعد تستخدم هذه الطريقة حالياً بسبب الخصائص الضعيفة للخيط الناتج عنها (ثباتية ضعيفة للتجعد) كما في الشكل (٦).



الشكل (٦) تجعيد الخيوط بالطرف الحاد

4.1.1.2 نظام المسننات (Gear Method) [١]:

وفي هذه الطريقة يتم تسخين الخيط بشكل أولي ليمرّ عبر مسننين بسرعة تصل حتى 600 m/min حيث تحصل عملية تشوه للخيط بينهما و يأخذ شكل تموجات مستوية ويعتمد الشكل الهندسي لهذه التموجات على الشكل الجانبي للدولابين المسننين كما في الشكل (7).

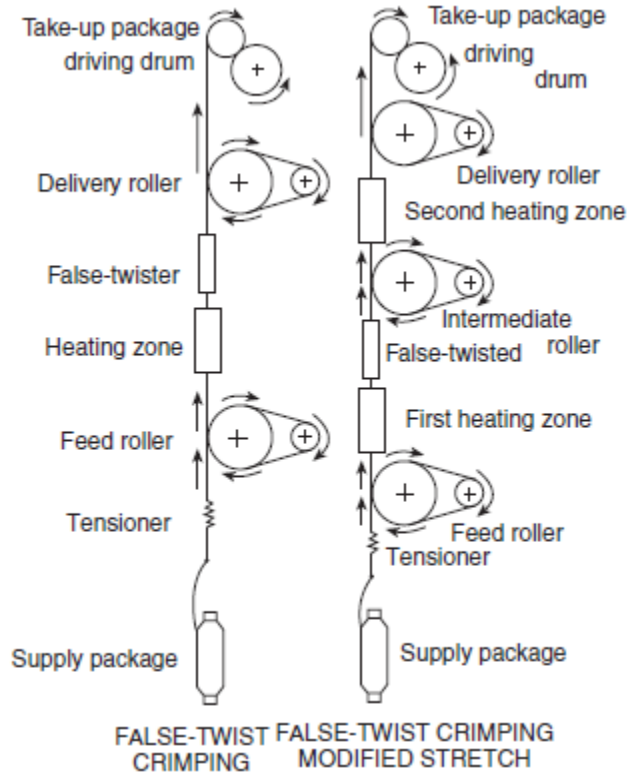


الشكل (٧) تجعيد الخيوط وفق نظام المسننات

2.1.2 نظام البرم الكاذب (False – Twist Method) [١] :

في عام ١٩٥٥ تمّ ابتكار نظام معالجة جديد يعتمد في تجعيده للخيوط على تزويد الخيط بالبرمات الكاذبة (False Twist) (الطريقة المستمرة) حيث يتم سحب الخيط و تجعيده بمرحلة واحدة وتختلف مطاطية الخيط المنتج بهذه الطريقة حسب المراحل التكنولوجية التي يمر بها الخيط فالشكل (٨) يوضّح مراحل إنتاج الخيوط بالبرم الكاذب بنوعها :

- خيوط ذات المطاطية العالية (Stretch Yarns) منتجة بعملية تسخين واحدة (Dupont ,1950s) .
- خيوط معدّلة المطاطية بمرحلة تسخين ثاني (Set Yarns) حيث انتشر إنتاج هذا النوع من الخيوط بشكل كبير في الولايات المتحدة الاميركية (USA) ما بين عامي (١٩٦٦ - ١٩٧٣) .

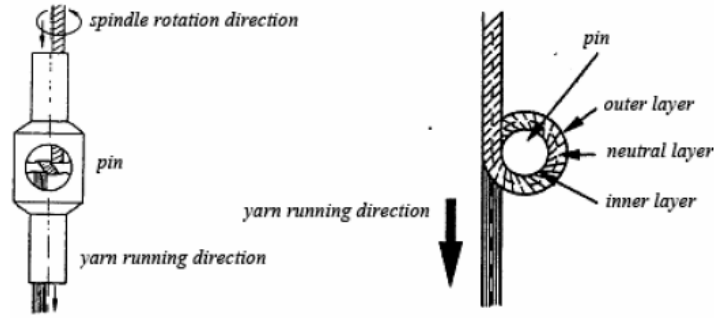


الشكل (٨) مراحل إنتاج الخيوط بالبرم الكاذب

ويتم إعطاء البرمات الكاذبة للخيوط المُعالج بعدة طرق نذكر منها :

١,٢,١,٢ البرم الكاذب بواسطة المحور الدوار (Pin Texturing) :

تعرف الآلات التي تستخدم هذه الطريقة بآلات الجيل الأول حيث يتألف جهاز البرم هنا من أنبوب مجوف بداخله محور دوار مثبت بشكل عرضي يلتف الخيط حول هذا المحور بدورة كاملة 360° حيث في كل دورة من دورات المغزل حول محوره يقوم بإعطاء الخيط برمة كاذبة كما في الشكل (٩) ومن مساوئ هذه الطريقة : عدم القدرة على تشغيل الخيط بسرعات عالية بسبب قوى الشد الواقعة على الخيط أثناء دورانه حول دبوس المغزل (pin) حيث أنّ سرعة الخيط الأعظمية لا تتجاوز ٢٠٠ دورة في الدقيقة (200 turn/min)



الشكل (٩) المحور الدوار المستخدم بنظام البرم الكاذب

٢,٢,١,٢ البرم الكاذب بواسطة أقراص الاحتكاك (Friction Disk) :

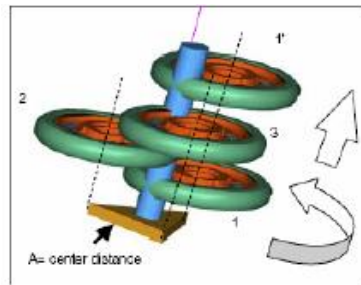
تعتبر طريقة تجعيد الخيوط باستخدام أقراص الاحتكاك من أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً فكان أول استعمال لهذه الطريقة في عام ١٩٧٣ عن طريق (Ernet Scragg) كتطور مباشر لعملية التجعيد السابقة باستخدام المحور الدوار.

يتألف هذا النظام من مجموعة من الأقراص موزعة على ثلاث محاور دوران تقسم إلى:

⊙ بكرات توجيه للخيوط عند مدخل الخيط و مخرجه.

⊙ البكرات العاملة التي تعمل على فتل الخيط لإعطائه التجعيدات المناسبة نتيجة الاحتكاك الحاصل بينه وبين الأقراص.

و الشكل (١٠) يوضح كيفية توضع أقراص الاحتكاك وفق محاور الدوران الثلاث.



الشكل (١٠) توضع أقراص الاحتكاك وفق محاور الدوران الثلاث.

٣,٢,١,٢ البرم الكاذب بواسطة السيور المتصالبة (Nip Twister) :

تعتمد هذه الطريقة على توليد البرمات الكاذبة بواسطة السيور المتصالبة و التي انتشرت بشكل

واسع من خلال آلات Murata اليابانية حيث يتم إمرار الخيط ما بين قشطين دوارين يعملان على توليد البرمات الكاذبة للخيط أثناء مروره بينهما .



الشكل (١١) زاوية تصالب السيور لإعطاء البرمات الكاذبة

فمقدار البرمات يتحدد من خلال زاوية تصالب السيور كما هو موضَّح في الشكل (١١). وتعتمد هذه الزاوية على : الكثافة الخطية للخيط المنتج وعدد البرمات المطلوبة فكلما كان الخيط أرفع تطلب عدد أكبر من البرمات وكلما كانت زاوية التصالب أكبر كلما كانت مساحة تلامس سطح السير مع الخيط أكبر مما يؤدي إلى زيادة كفاءة إعطاء البرمات.

هذه الطريقة شائعة الاستخدام في الولايات المتحدة والشرق الأقصى وتستخدم لتجعيد خيوط النايلون والبولي استر .

ملاحظة:

إنَّ كفاءة إعطاء البرمات الكاذبة عن طريق السيور المتصالبة يقع بين كفاءة طريقة أقراص الاحتكاك وطريقة المحور الدوار .

فالتجعيد بواسطة السيور المتصالبة يجمع ما بين جودة طريقة المحور الدوار وسرعة طريقة أقراص الاحتكاك حيث إنَّ انزلاق الخيط في طريقة السيور المتصالبة أقل بسبب التحكم الأفضل بالخيط من قبل السيور بينما يكون مقدار انزلاق الخيط في طريقة أقراص الاحتكاك كبير إذا لم يتم ضبطه بالشكل المناسب أمَّا التجعيد بواسطة المحور الدوار فلا يوجد فيه انزلاق ولكن سرعته محدودة جداً .

٣,١,٢ نظام الضخ الهوائي (Air Jet Method) [٦] :

لقد ساهمت الأبحاث التي درست تأثير الهواء المضغوط على الخيوط (Dupont 1952) بتطوير هذه الطريقة من المعالجة وقادت هذه التقنية إلى إنتاج خيوط ذات خصائص بنيوية معدلة وعُرفت هذه الخيوط بالأسواق بالاسم التجاري تاسلان (Taslan) أي الخيوط المجددة المنتجة بطريقة تاسلان .

وإنّ تطور هذه التقنية مرتبط تماماً بتطوير فالة الجت الهوائي و منذ طرحها في الأسواق ظهرت عدة أجيال من الفالات و كل جيل يقدم تحسينات نوعية و تكنولوجية عن الجيل السابق.

فنتعتبر عملية إحداث الدوامة هوائية إحدى الإمكانيات التي تقوم بعملية التجعيد حيث يمر الخيط من خلال قناة في فالة التجعيد التي تحوي على ثقبين محوريين يتدفق من خلالهما الهواء بضغط عال يصل حتى 12 (bar) فالضغط والسرعة العالية لهذا الهواء يحدث اضطراباً في شعيرات الخيط مما يجعلها تتشابك و تشكل الحلقات على سطحه كما في الشكل (١٢).

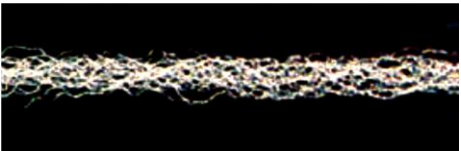
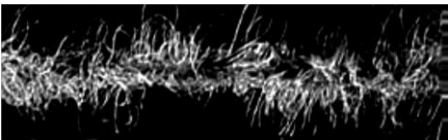
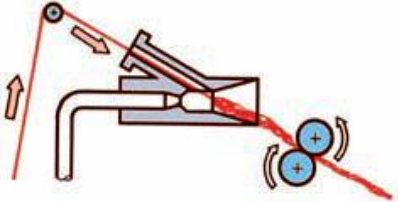
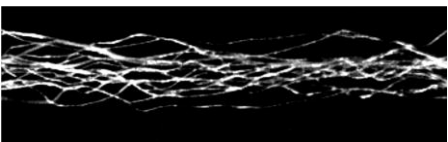
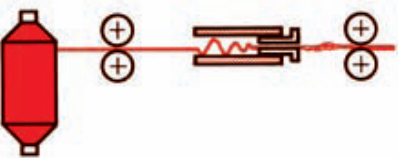
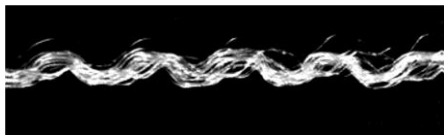
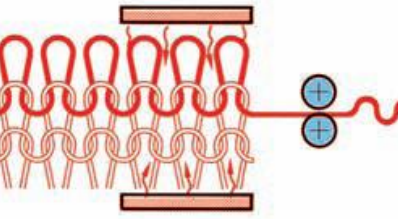


الشكل (١٢) فالة التجعيد الهوائي

٢,٢ أشكال الخيط المجدد:

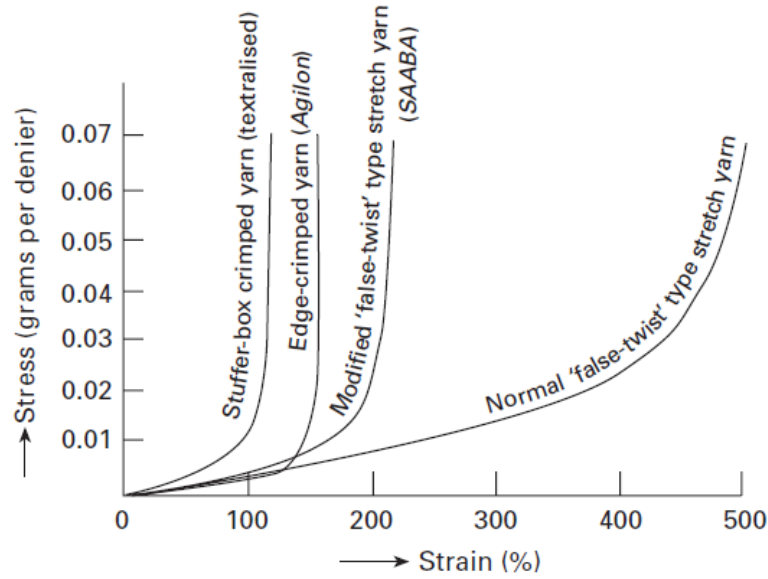
تختلف أشكال الخيط المجدد تبعاً لعملية التجعيد المستخدمة و الجدول (٣) يوضّح بعض الطرق المستخدمة في التجعيد و أشكال الخيط الناتج عنها.

الجدول (٣) الطرق المستخدمة في تجعيد الخيوط وأشكال الخيط الناتج عنها [٥]

التجعيد بواسطة البرمات الكاذبة False Twist 		يتم تغذية الخيط لتسخينه وتبريده وإعطائه البرمات الكاذبة ثم فك هذه البرمات . و تعتبر هذه العملية أكثر العمليات اقتصادية استخداماً
التجعيد الهوائي Air - Jet 		يتم تغذية الخيط إلى فونية الضخ الهوائي فتتشكل الحلقات على سطح الخيط لحظة خروجه من فالة التجعيد و يمكن استخدام هذه الطريقة من أجل الشعيرات غير اللدنة
التجعيد بواسطة صندوق التجعيد Stuffer - BOX 		حيث يتم ضغط الخيط وتسخينه بواسطة صندوق التجعيد الحراري و تأخذ التجعيدات شكل zigzag.
التجعيد بتكوين وفك غرز التريكو Knit - de Knit 		حيث تتم حياكة الخيوط على ماكينات التريكو ليتم تثبيت القماش حرارياً ومن ثم تنسيل الخيط وتأخذ التجعيدات شكل الغرز (تموجات).

و تختلف بناء على هذه الطرق مطاطية الخيط المجدد المنتج التي نوضحها و فق الشكل (١٣)

بناء على تطبيق إجهادات مختلفة للخيوط (CN/Tex) [٢]



الشكل (١٣) مطاطية الخيط المجدد الناتج تبعاً لطريقة التجعيد المستخدمة

حيث نلاحظ من الشكل (١٣) أنّ الخيوط المجددة بالبرم الكاذب بعملية تسخين واحدة (Single Heater) تمتلك مطاطية عالية بينما الخيوط المجددة بصندوق التجعيد تمتلك أقل نسبة من المطاطية.

وهكذا نجد أنّه نظراً للمشاكل و السلبيات الكثيرة التي كانت تعاني منها الأنظمة الميكانيكية الحرارية لتجعيد الخيوط من سرعة إنتاجية منخفضة و تكلفة إنتاج عالية إضافة إلى إنتاج خيوط مجددة لا تتمتع بالمطاطية العالية و الثباتية الجيدة للتجعيدات تتم الاعتماد على أنظمة البرم الكاذب لتجعيد الخيوط و بشكل خاص نظام البرم الكاذب بأقراص الاحتكاك و الذي يعد أكثر الأنظمة انتشاراً و استخداماً و كذلك نظام الضخ الهوائي لتجعيد الخيوط و الذي تميّز بقدرته على تجعيد جميع أنواع الخيوط و إنتاج خيوط مجددة مختلفة يمكن تشغيلها لاحقاً في مختلف التطبيقات الصناعية و الحياتية لذا سنقوم في الفصل الثالث بدراسة تحليلية نظرية لهذين النوعين من الأنظمة و دراسة أهم البارامترات المؤثرة على سير العملية التكنولوجية والعوامل التي تؤثر بشكل مباشر على جودة الخيط المنتج من حيث المتانة و ثباتية التجعيدات للخيط المنتج.

الفصل الثالث

دراسة تحليلية لتطوير تقنيات إنتاج الخيوط المجعدة

Analysis Study for Technologies Development Of Textured Yarns

١,٣ دراسة تحليلية لتقنية إنتاج الخيوط المجعدة بأقراص الاحتكاك:

تعتبر عملية تجعيد الخيوط بواسطة أقراص الاحتكاك إحدى الأنظمة التي تعتمد على مبدأ إعطاء البرمات الكاذبة للخيوط من خلال مروره ضمن مجموعة من الأقراص المتراكبة الدوارة ونظراً لما تعاني منه هذه الطريقة من ارتفاع معدل انزلاق الخيوط خلال مروره ما بين الأقراص وبشكل خاص عند تطبيق سرعات دورانية عالية لأقراص الاحتكاك و الذي يؤثر بدوره سلباً على جودة الخيط المنتج سنقوم بهذا الفصل بدراسة كيفية ضبط معدل انزلاق الخيوط بالشكل الأمثل إضافة إلى دراسة أهم المراحل التي يمر بها الخيط و التي تؤثر بشكل مباشر على متانة الخيط و جودته.

١,١,٣ المراحل التكنولوجية لتجعيد الخيوط بواسطة أقراص الاحتكاك [٢] :

١ - تغذية الخيوط .

٢- تسخين الخيوط بواسطة المسخن الأولي.

٣- عملية التبريد.

٤- إعطاء الخيط البرمات الكاذبة من خلال وحدة الاحتكاك .

٥- مرحلة التسخين الثاني للخيوط.

٦- تزييت الخيوط .

٧ - لف الخيوط على كونات.

١,١,١,٣ تسخين الخيوط بواسطة المسخن العلوي (Primary Heater):

إنَّ أغلب المسخّنات الأولية المستخدمة هي مسخّنات احتكاكية (Contact Heaters) تقوم برفع درجة حرارة الخيوط المغذاة (التي تتميز بالدونة الحرارية) لدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة التحول الزجاجي لها (T_g) وذلك من أجل استرخاء الخيط و تمدده وتنظيم البلورات الجزيئية لبنية الخيط فيصبح بالتالي قادراً على تغيير شكله وإكسابه التجهيزات. ويوجد لدينا نوعين من المسخّنات: مسخّنات طويلة (DT) تتراوح مجال درجة حرارتها ما بين $160 - 250$ °C ومسخّنات قصيرة (HT) تعمل بدرجات حرارة مرتفعة جداً تصل حتى 600 °C.

٢,١,١,٣ عملية التبريد (Cooling):

تحدث هذه العملية أثناء خروج الخيط من المسخن العلوي وقبل دخوله في وحدة الاحتكاك وذلك لتبريد الخيط بحيث تقترب درجة حرارته من درجة حرارة التحول الزجاجي (T_g) له. وتساهم عملية التبريد بشكل كبير في تثبيت التغيرات البنيوية الحاصلة في الخيط و الناتجة عن مرحلة التسخين العلوية كما تساهم في تحقيق ثباتية جزء من البرمات المنقلة للمبرد و التي تؤدي بدورها إلى التقليل من تقطعات الخيط أثناء مروره في وحدة الاحتكاك. وتتم عملية التبريد إمّا من خلال الدورة الطبيعية للهواء في الغرفة أو من خلال أنظمة تبريد قسرية بواسطة الهواء البارد أو الماء وللمبردات نوعين صفائح معدنية (Plate) أو أنابيب (Tube) .

٣,١,١,٣ وحدة الاحتكاك (Friction Disks Unit) :

يتم إعطاء البرمات للخيط باتجاه دوران الأقراص في وحدة الاحتكاك وعند خروج الخيط من وحدة البرم يتم فك هذه البرمات من الخيط كما في الشكل (١٤) وإنَّ فعالية هذا النظام يعتمد على تشكيلة هذه المجموعات من الأقراص من حيث عدد هذه الأقراص وثخانتها و قطرها والشكل الهندسي لها والمادة التي صنعت منها وكذلك الفراغات المحورية الفاصلة بينها .



الشكل (١٤) وحدة الاحتكاك (Friction Disks)

المبدأ الأساسي في كيفية عمل أقراص التجعيد :

إنّ كمية التجعيد المقدمة للخيط تعتمد على نسبة محيط القرص إلى محيط الخيط كما هو موضّح في الشكل (١٥) حيث إنّ عدد البرمات المعطاة للخيط من أجل دورة واحدة لقرص

الاحتكاك و في حال عدم وجود انزلاق للخيط تعطى بالنسبة التالية : $\frac{\text{محيط القرص}}{\text{محيط الخيط}}$



الشكل (١٥) نسبة محيط قرص الاحتكاك إلى محيط الخيط

فإذا كان قطر القرص $D_{\text{disk}} = 4.5 \text{ cm}$

و إذا كان قطر الخيط $d_{\text{yam}} = 0.009334 \text{ cm}$ من أجل خيط النايلون (78 dtex)

المحيط = القطر * 3.14

عدد البرمات = $\frac{14.14}{0.02932} = \frac{4.5 \times 3.14}{0.009334 \times 3.14} = 482$ برمة من أجل دورة واحدة لقرص الاحتكاك

و بالتالي فكل دورة للقرص تعطي الخيط 482 تجعيدة في حال عدم وجود خطأ في عملية التجعيد و عدم حدوث انزلاق للخيط .

٣, ١, ٤ : مرحلة التسخين الثاني للخيط (Secondary Heaters) :

يدخل الخيط بعد خروجه من السيلندر المركزي (وحدة الاحتكاك) إلى المسخن الثاني والذي عادة ما يكون طوله ما بين $m (1.0 - 1.3)$ لاسترخاء الخيط و تمدده فالسبب الرئيسي من مرحلة

التسخين الثاني هو تقليل درجة تجعد الخيط وانكماشه وعادة ما تتراوح درجة حرارة هذه المسخّنات ما بين $150 - 235^{\circ}\text{C}$ في السخانات (الأنابيب) المغلقة التي تعتمد على البخار الساخن حيث بزيادة درجة حرارة التسخين تنخفض درجة انكماش وتجعيد الخيط لإعطائه الملمس المريح والطبيعي.

وتعتبر هذه العملية هامة جداً من أجل خيوط البولي استر نظراً لدرجة انكماشه العالية.

٥,١,١,٣ جهاز تزييت الخيط :

تعدّ هذه المرحلة هامة من أجل تحسين عملية تشغيل الخيط لاحقاً وتقليل احتكاكه أثناء نسجه أو حياكته وتختلف نسبة التزييت المطبقة باختلاف الاستخدامات النهائية للخيوط وعدد الشعيرات المكونة للخيط فتزداد نسبة تحميل الخيط بالزيت بزيادة عدد الشعيرات المكونة له. وعادة ما تتراوح هذه النسبة ما بين $(1 - 3)\%$.

٢,١,٣ طرق زيادة درجة تجعيد الخيط المنتج :

(١) من خلال إعطائه برمات إضافية.

(٢) زيادة عدد الأقراص في منطقة الاحتكاك والتي تؤدي لزيادة عدد البرمات .

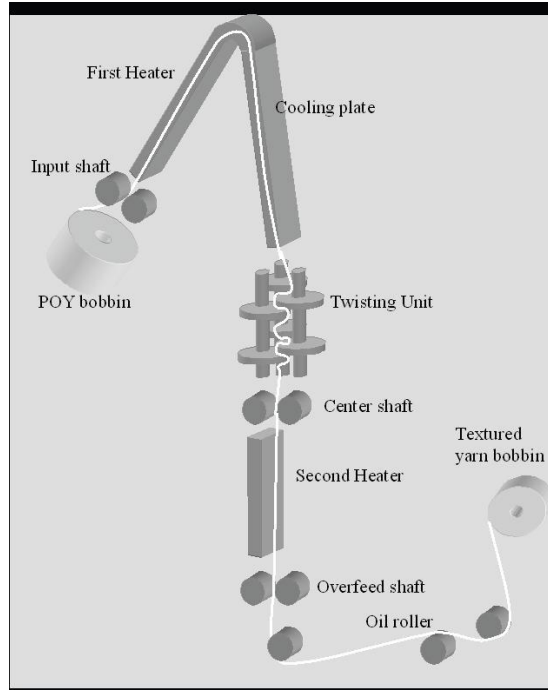
(٣) زيادة النسبة ما بين السرعة المحيطية لقرص الاحتكاك وسرعة الخيط (D/Y) . [١]

٣,١,٣ البارامترات المؤثرة على العملية التكنولوجية

١,٣,١,٣ معدل السحب (Draw Ratio):

إنّ معدل السحب يعبر عن مقدار استطالة الخيط خلال مروره ما بين سيلندر التغذية (Input shaft) و السيلندر المركزي (Central shaft) الموضّحان في الشكل (١٦) حيث يتم حساب معدل السحب بناء على سرعتي هذين القرصين :

$$\text{معدل السحب} = \frac{\text{السرعة المحيطية للسيلندر المركزي}}{\text{السرعة المحيطية لسيلندر التغذية}}$$



الشكل (16) مرور الخيط ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي

1.1.3.1.3 تأثير معدل السحب على خصائص الخيط المجدد :

يؤثر معدل السحب المطبق ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي على كل من :

- الاستطالة النهائية للخيط المجدد وعادة ما تتراوح ما بين % (22 - 28)
- الكثافة الخطية للخيط المجدد الناتج .
- متانة الخيط الناتج . [١]

2.1.3.1.3 العلاقة ما بين معدل السحب و الكثافة الخطية للخيط المجدد الناتج:

في عملية السحب - التجعيد المتزامن يأخذ السحب عموماً مكاناً هاماً كنتيجة لفارق السرعة المحيطية ما بين محور التوريد الأول ومحور التوريد الثاني.

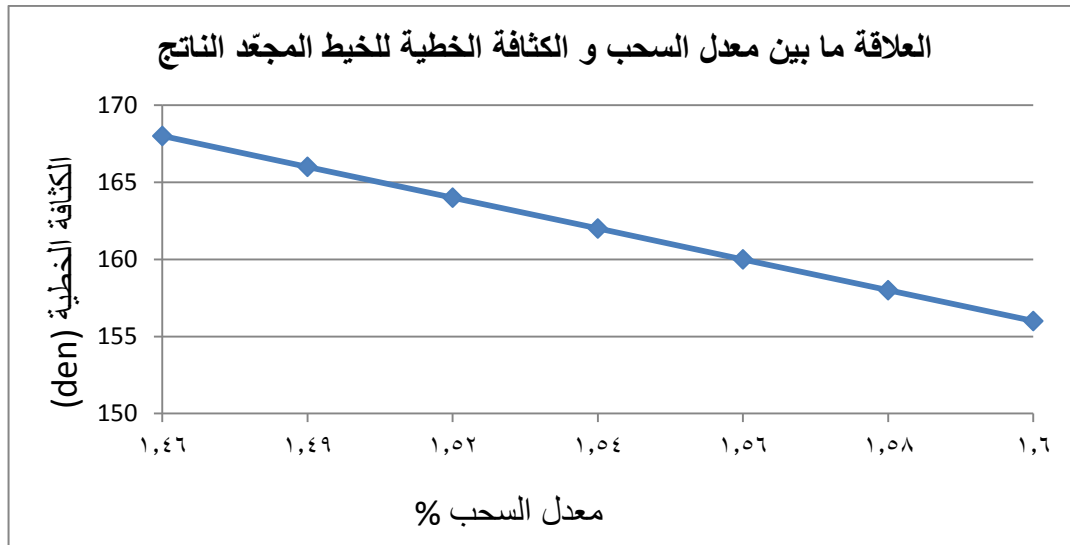
ويتم ضبط نسبة السحب بشكل يتناسب مع نمرة الخيط الذي تجرى معالجته وحسب الكثافة الخطية للخيط المجدد المطلوب إنتاجه.

فمن أجل إنتاج كثافات خطية مختلفة لخيط البولي استر المجدد كانت معدلات السحب المطبقة على الشكل التالي:

الجدول (٤) اختلاف الكثافة الخطية للخيط المجعد حسب معدلات السحب المطبقة [١]

الكثافة الخطية للخيط المجعد (den)	معدل السحب %
166	1.49
164	1.52
162	1.54
160	1.56
158	1.58
156	1.6

والمخطط (١) يوضح العلاقة ما بين معدل السحب المطبق (ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي) والكثافة الخطية للخيط المجعد الناتج وفق النتائج السابقة.



المخطط (١)

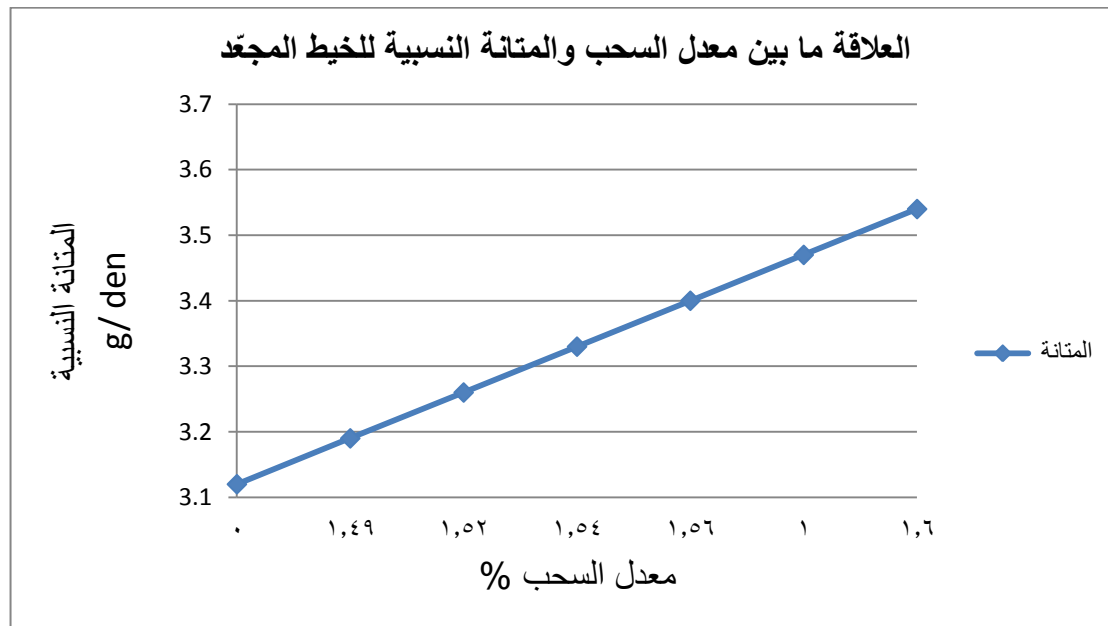
من المخطط (1) نلاحظ أنه من أجل إنتاج خيوط بكثافة خطية (den) 156 كان معدل السحب المطبق ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي 1.6 بينما من أجل إنتاج خيوط ذات كثافة خطية (den) 1.66 تم تخفيض معدل السحب ليصبح 1.49 وهكذا نجد أنه مع ازدياد نسبة السحب المطبقة ما بين سيلندر التغذية (Input shaft) و السيلندر المركزي (Central shaft) تتناقص نمرة الخيط المجعد .

3.1.3.1.3 العلاقة ما بين معدل السحب و (متانة - استطالة) الخيط المجدد الناتج

إنّ متانة الخيط المجدد تزداد بازدياد نسبة السحب بينما تنخفض استطالة الخيط مع ازدياد هذه النسبة كما هو موضّح في الجدول (٥) بالنسبة لخيط بولي استر مجدّد (dtex) 40:

الجدول (٥) قيم المتانة والاستطالة للخيط المجدد تبعاً لمعدلات السحب المطبقة [١]

معدل السحب %	المتانة النسبية g /den	الاستطالة %
1.49	3.19	33.2
1.52	3.26	32.4
1.54	3.33	31.6
1.56	3.4	30.8
1.58	3.47	30
1.6	3.54	29.2

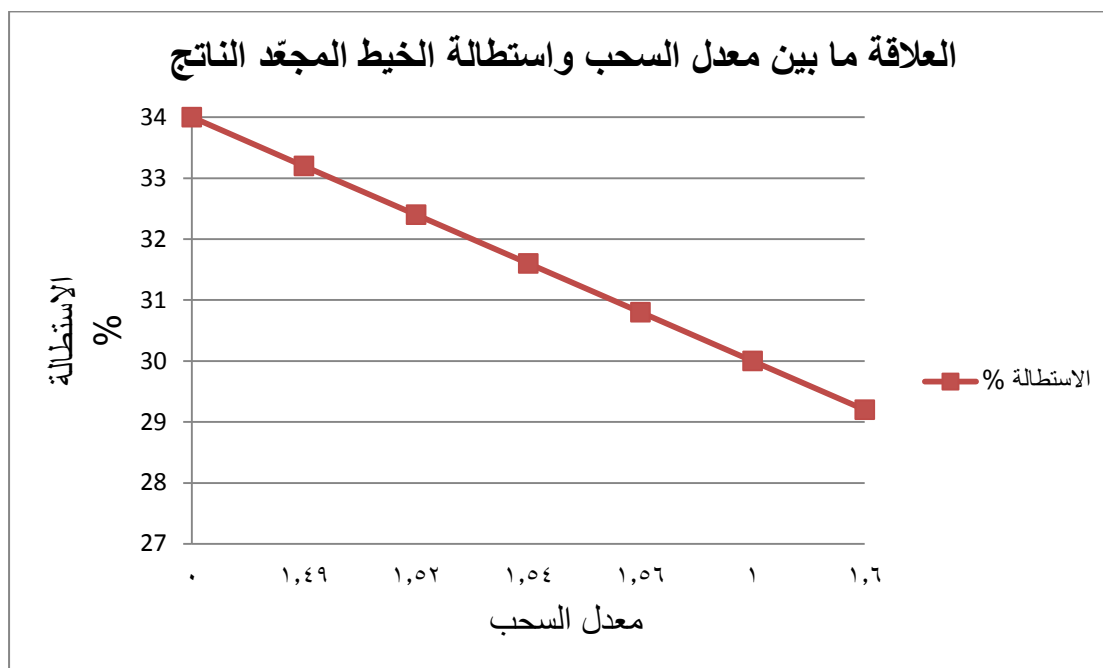


المخطط (٢)

من المخطط (٢) نلاحظ أنّه من أجل إنتاج خيط بولي استر مجدّد (dtex) 40 بمتانة نسبية 3.26 (g/den) كان معدل سحب المطبق 1.52 و لكن عند زيادة معدل السحب حتى 1.56

نلاحظ أنه ازدادت المتانة النسبية للخيوط الناتجة فأصبحت (3.4 g/den) وهكذا نجد أنه كلما ازداد معدل السحب المطبق ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي تزداد المتانة النسبية للخيوط المجدّ الناتج .

و المخطط (٣) يوضّح العلاقة ما بين استطالة الخيط المجدّ الناتج و نسبة السحب المطبقة بناء على النتائج المذكورة أعلاه في الجدول (٥).



المخطط (٣)

من المخطط (٣) نلاحظ أنّ العلاقة عكسية ما بين معدل السحب المطبق (ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي) واستطالة الخيط المجدّ الناتج . فكلما ازداد معدل السحب تناقصت استطالة الخيط الناتج فعندما كان معدل السحب 1.52 كان معدل الاستطالة الخيط 32.4 % وعندما ازداد معدل السحب ليصبح 1.56 نجد أنّ معدل الاستطالة للخيوط الناتجة تناقص وأصبح 30.8% .

ومما سبق نجد أنّه كلما ازداد معدل السحب كلما ازدادت المتانة النسبية للخيوط المجدّ و تناقص معدل استطالته.

٢,٣,١,٣ درجة حرارة المسخن العلوي :

إنَّ الحرارة الأولية تطبق على الخيط أثناء سحبه ما بين سيلندر التغذية والسيلندر المركزي وهذا ما يساعد على تمدد الخيط وتنظيم البنية الجزيئية له لإكسابه التجعيدات المناسبة. ودرجة الحرارة هذه تؤثر بشكل مباشر على :

درجة تجعيد الخيط - معدل تقطعات شعيرات الخيط.

حيث تزداد درجة تجعيد الخيط بازدياد درجة الحرارة في المسخن العلوي و تتناقص بتناقصها و لكن بالوقت نفسه تزداد تقطعات الشعيرات ضمن الخيوط بازدياد درجة حرارة المسخن.

لذا يجب أن نقوم بضبط هذه الحرارة بحيث نحصل على درجة التجعيد المطلوبة بأفضل خصائص ممكنة للخيط وأقل ما يمكن من التقطعات، ودرجة الحرارة هذه تتعلق بطبيعة الخيوط المشغلة حيث إنَّ خيوط البولي أميد ٦ يجب تسخينها لدرجة حرارة أقل من البولي أميد ٦,٦ ومن البولي استر.

فدرجة حرارة خيط البوليستر المناسبة لعملية تجعيده تتراوح ما بين $^{\circ}C (190 - 210)$ أما درجة حرارة خيط البولي أميد ٦ المناسبة لتجعيده تتراوح ما بين $^{\circ}C (165 - 175)$ بينما تتراوح درجة الحرارة المناسبة لخيط بولي أميد ٦,٦ ما بين $^{\circ}C (190 - 205)$ كما أنَّ خيوط البولي بروبيلين تتطلب أقل درجة من الحرارة مقارنة مع بقية أنواع الخيوط .

و لهذه المسخّنات نوعين:

مسخّنات (DTH) Dowtherm :

تستخدم من أجل عمليات التسخين الأولية و الثانوية.

تتميز هذه السخانات بتكلفتها المنخفضة و لكنَّ لها سلبيات كثيرة منها :

- يتم تعريض الخيط خلالها لاحتكاكات متكررة .
- تعمل بدرجات حرارة منخفضة تتراوح ما بين $^{\circ}C (110 - 250)$.
- لا تناسب السرعات الإنتاجية العالية للآلات.
- لها قدرة محدودة على نقل الحرارة لداخل الخيط المُغذَّى بشكل كامل.

فبازدياد سرعة الآلة يجب استخدام مسخن بطول أكبر وذلك لنقل الحرارة لداخل الخيط بكفاءة عالية مما يزيد من احتكاك الخيط داخل السخان ففي حال كانت السرعة 900 m/min فإن الحد الأدنى لطول السخان المطلوب استخدامه هو 2.5 m .

ومن السليبيات أيضاً أنّ هذه المسخنات تتسخ بسرعة نتيجة تراكم العوادم على السطح الداخلي للسخان فعند ازدياد العوادم تصبح عملية نقل الحرارة للخيط أقل فاعلية و بالتالي تزداد تقطعات الخيوط وتزداد الحاجة إلى إيقاف متكرر للآلة من أجل تنظيفها مما يؤدي إلى انخفاض الانتاجية.

كما أنّ استخدام مثل هذه المسخنات يؤدي إلى زيادة شد الخيط الأولي قبل دخوله لوحدة البرم T_1 عن قوة الشد المطلوبة مما يؤدي إلى الصعوبة لاحقاً بإدخال البرمات إلى الخيط وبالتالي يصبح لدينا حد في الحصول على درجة التجعيد المطلوبة للخيوط المنتجة. ومن هنا نجد أنّ هذه المسخنات لا تناسب إنتاج الخيوط المجددة بالسرعات العالية . [٨]

المسخنات ذات الطول القصير و الحرارة العالية (HTI):

إنّ ميزة المسخنات القصيرة التي تعمل بدرجات حرارة مرتفعة أنّها تساهم في انخفاض زمن وصول الخيط للحرارة المطلوبة حيث يستطيع الخيط المرور من خلالها بسرعة عالية والحصول على درجة الحرارة المناسبة له بنفس الوقت.

ويبلغ طول هذا النوع من المسخنات 1 (m) وهذا ما يؤدي بدوره إلى انخفاض الاحتكاك الذي يتعرض له الخيط أثناء مساره مما يقلل من قوة الشد الذي يتعرض لها الخيط قبل دخوله لوحدة الاحتكاك ويقلل بالتالي من معدل تقطعات الخيوط أثناء سير العملية التكنولوجية. أمّا درجة الحرارة فيتم تحديدها بناء على عاملين اثنين : نوع الخيط المستخدم - سرعة الآلة. والجدول (٦) يوضّح مقارنة ما بين نوعي المسخنين السابقين و بشكل خاص من حيث درجة الاقتصاد بالطاقة المستهلكة ودرجة فعالية عملية إكساب الخيط الحرارة اللازمة . [٨]

الجدول (٦) مقارنة ما بين المسخّنين (DTH – HTI) [٨]

أنواع الخيوط المنتجة	أنواع الخيوط الصناعية المستخدمة	درجة جودة معالجة الخيط	درجة الاقتصاد بالطاقة المستهلكة	الكتلة الخطية للخيط (den)	طول السخان (m)	نمط السخان
جميع أنواع الخيوط المجدّعة	PET – PP- PTT	++	++	30–300	1	HTI
الخيوط الناعمة	PET – PP PTT– PA	+	+	20–200	1.5	DTH
الخيوط المتوسطة الجودة	PET – PP PA – PTT	0	0	30–300	2	DTH
الخيوط الخشنة	PET – PP PA –PTT	–	–	70–600	2.5	DTH

وهكذا نجد أنّ المسخّنات من نوع (HTI) تعمل على :

- الاقتصاد بالطاقة المستهلكة بمعدل 5%
- تحسين ثباتية الخيط المجدد بمعدل 15 %
- تناسب السرعات الإنتاجية العالية فيمكن أن تصل من خلالها سرعة الآلة العملية حتى 1100 m/min .

٣,١,٣,٣ معدل إدخال البرمات :

إنّ تغيير عدد البرمات التي يزوّد بها الخيط عادة يتم بتغيير سرعة الأقراص مع الحفاظ على عددها والمسافة الفاصلة فيما بينها والذي يؤدي بدوره لتغيير المعدل ما بين السرعة المحيطة للقرص والسرعة الخطية للخيط .

$$\text{أي النسبة} \quad \frac{D}{Y} \% = \frac{\text{السرعة المحيطة للقرص (m/min)}}{\text{السرعة الخطية للخيط (m/min)}}$$

حيث يتم برم الخيط بواسطة أقراص الاحتكاك بسرعة عالية و بعدد برمات يعتمد على العوامل التالية :

١- عدد نقاط الاحتكاك ما بين الخيط و أقراص الاحتكاك (زاوية الخيط)

٢- سرعة أقراص الاحتكاك بالنسبة لسرعة الخيط (معدل D/Y) حيث تزداد عدد البرمات المدخلة للخيط بازدياد سرعة القرص .

و في حال عدم حدوث انزلاق للخيط سنقوم بحساب عدد البرمات وفق المعطيات التالية:

١. قطر الخيط $d_{yarn} = 0.0093336$

محيط الخيط $= 0.02932 \text{ (cm)}$

٢. قطر القرص $D_{disk} = 4.5 \text{ (cm)}$

محيط القرص $= 14.137 \text{ (cm)}$

٣. السرعة الخطية للخيط $Y = 600 \text{ m/min}$

٤. $D/Y = 2.02$

٥. $S = 0$ عامل انزلاق الخيط

٦. عدد دورات الخيط لكل دورة واحدة للقرص $= \frac{\text{قطر القرص}}{\text{قطر الخيط} * (1 - \text{عامل انزلاق الخيط})}$

$$482,13 = \frac{4.5}{(1-0) * 0.0093336} = \frac{D_{disk}}{d_{yarn} * (1-S)}$$

٧. السرعة المحيطية للقرص = السرعة الخطية للخيط * معدل D/Y

$$= 2.02 * 600$$

$$= 1212 \text{ m/min}$$

$$٨. \text{سرعة دوران القرص} = \frac{\text{السرعة المحيطية للقرص}}{\text{محيط القرص}} = \frac{1212 * 100}{14.137} = 8573 \text{ (rpm)}$$

$$٩. \text{عدد البرمات في الدقيقة} =$$

عدد دورات الخيط لكل دورة واحدة للقرص * سرعة القرص الدورانية

$$= 482.13 * 8573$$

$$= 4133300 \text{ برمة في الدقيقة}$$

$$١٠. \text{عدد البرمات في المتر} = \frac{\text{عدد البرمات الكلي في الدقيقة}}{\text{سرعة الخيط}}$$

$$= \frac{4133300}{600}$$

$$= 6889 \text{ (TPM)}$$

وهكذا نجد أنّ عدد البرمات في الدقيقة بدون حدوث انزلاق للخيط 2889 (tpm)

حيث أنّ عامل انزلاق الخيط S يعطى بالمعادلة التالية :

$$S = 1 - \frac{Y * dyarn}{D * D_{disk}}$$

العوامل المحددة لكفاءة إعطاء البرمات :

١ عدد الأقراص في كل مجموعة من مجموعات الأقراص .

٢ شد الخيط على سطح القرص .

٣ المسافة الفاصلة بين الأقراص ودرجة تداخلها .

٤ شكل القرص (Profile) ومادته.

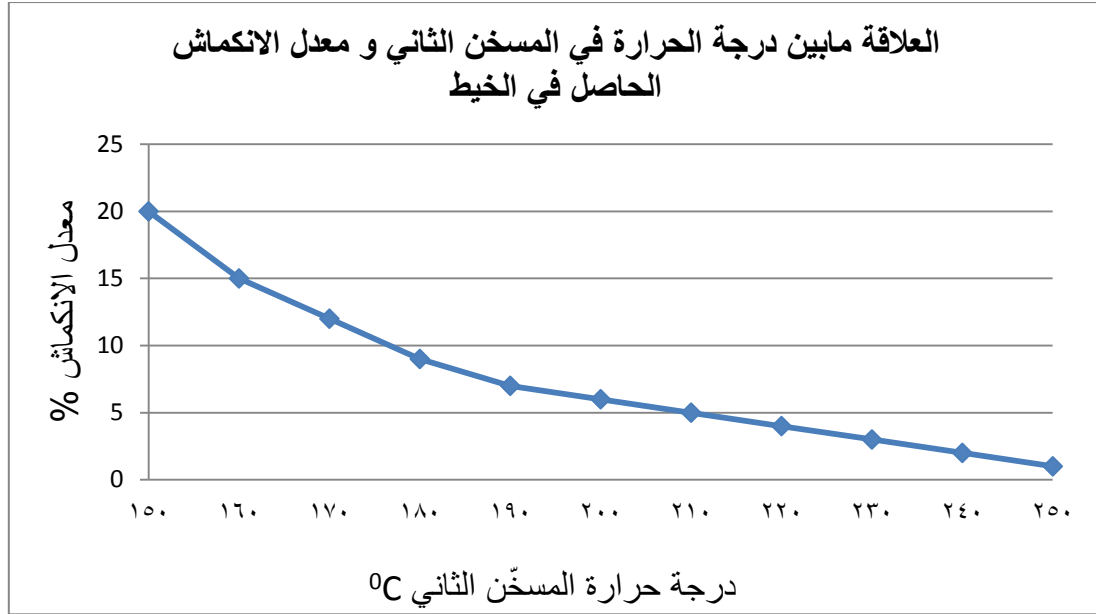
٤,٣,١,٣ درجة حرارة المسخن الثاني :

بعد خروج الخيط من وحدة البرم و قبل دخوله للمسخن الثاني نجد أنه يكون بدرجة انكماش عالية جداً غير مناسبة لعمليات التشغيل اللاحقة لذلك يتم تخفيض درجة الانكماش هذه من خلال تسخينه حيث تكون درجات الحرارة في السخانات المغلقة ما بين $^{\circ}\text{C}$ (150 - 240) و بازدياد درجة حرارة المسخن الثاني تتناقص درجة انكماش الخيط المجدد النهائية.

والجدول (٧) يوضح تأثير تغير درجة الحرارة في المسخن الثانوي على درجة التجعد ومقدار الانكماش الحاصل بالنسبة لخيط بولي استر حيث تم تثبيت درجة الحرارة في المسخن الأولي على $^{\circ}\text{C}$ (210) وكانت الكثافة الخطية للخيط المنتج (den) 150 وسرعة التغذية 700 m/min [١]

الجدول (٧) قيم معدل انكماش الخيط المجدد الناتج تبعاً لاختلاف درجة حرارة المسخن الثاني

درجة حرارة المسخن الثاني $^{\circ}\text{C}$	معدل الانكماش %
150	20.3
160	16.3
170	11.9
180	10.4
190	7.9
200	7.5
210	6.2
220	4.8
230	4.0



المخطط (4)

من المخطط (٤) نلاحظ أنّه عندما كانت درجة الحرارة في المسخن السفلي (180°C) كان معدل انكماش خيط البولي استر المجعد 10.4% و كلما رفعنا درجة الحرارة كلما تناقص معدل انكماش الخيط المنتج بحيث يصبح 6.2% عند درجة حرارة (210°C)

٤,١,٣ المشكلة الرئيسية في تجعيد الخيوط بأقراص الاحتكاك:

إنّ المشكلة الرئيسية التي تتعرض لها الخيوط أثناء تجعيدها بأقراص الاحتكاك هي : زيادة نسبة انزلاق الخيوط في وحدة البرم حيث في عملية التجعيد بأقراص الاحتكاك نلاحظ وجود انزلاقات متكررة تحدث للخيوط أثناء انتقاله عبر أقراص الاحتكاك بنسب عالية تصل إلى 70%

أسباب ارتفاع معدل انزلاق الخيوط أثناء العملية التكنولوجية :

- ازدياد الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح قرص الاحتكاك.
- انخفاض معدل الشد أثناء عملية التجعيد T_2/T_1 حيث أنّ :

T_2 : شد الخيط بعد خروجه من وحدة الاحتكاك.

T_1 : شد الخيط قبل دخوله لوحدة الاحتكاك.

إنَّ قيمة الشد المؤثرة على الخيط مباشرة بعد خروجه من وحدة البرم (أقراص الاحتكاك) يجب أن تكون أقل من قوى الشد المطبقة عليه قبل أو لحظة دخوله لوحدة البرم بمقدار صغير فقوة شد الخيط لحظة دخوله لأقراص الاحتكاك يجب أن تتراوح ما بين $(0.05 - 0.28) \text{ g/den}$ أمّا قوة شد الخيط لحظة خروجه من وحدة البرم يجب أن تتراوح ما بين $(0.02 - 0.07) \text{ g/den}$ فعندما يحدث خلل في قيم الشد هذه يرتفع معدل انزلاق الخيوط خلال وحدة الاحتكاك. وهذا الانزلاق يؤدي بدوره إلى: اختلاف درجة التجعيد على طول الخيط وانخفاض ثباتية تجعيدياته وعدم استقرارها وبالتالي تنخفض جودة الخيط بشكل واضح.

لذا يجب أن نقوم بدراسة وضبط بارامترات العملية التكنولوجية بالشكل الأمثل والتي تؤثر بشكل مباشر على درجة انزلاق الخيوط ومن هذه البارامترات :

- الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص .

- المواصفات الفنية لأقراص الاحتكاك المستخدمة .

$$- \text{النسبة } D/Y \left(\frac{\text{السرعة المحيطية لقرص الاحتكاك}}{\text{السرعة الخطية للخيط}} \right)$$

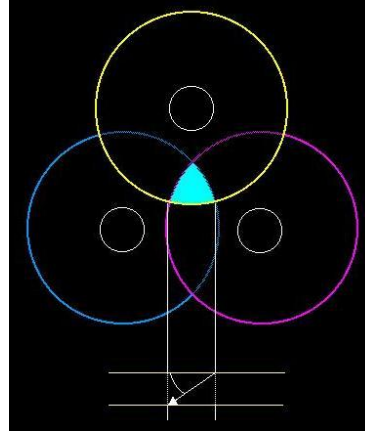
- قوى الشد المؤثرة على الخيط . [١]

١,٣,٥ دراسة العوامل المؤثرة على انزلاق الخيوط في وحدة التجعيد :

١,٣,٥,١ زاوية الخيط بالنسبة للقرص [١]:

يتم مرور الخيط على أسطح الأقراص في مركز تراكب الأقراص ليشكل ما يشبه المثلث والزاوية الموضّحة بالشكل (١٧) تدل على الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص والتي لها أهمية بالغة بضبط عملية البرم و نسبة الانزلاق الحاصلة لذلك يجب أن تتم ضبط وضعية الأقراص بالنسبة لبعضها في وحدة الاحتكاك بشكل جيد ليسمح بإكساب الخيط العدد المثالي من البرمات بأقل ما يمكن من الانزلاق وأيضاً ليسمح بمروره ودفعه ما بين الأقراص وفق مسار سليم. وعادة يتم تراكب الأقراص بعدد يتراوح من 6 إلى 9 أقراص والشكل (١٧) يوضح مرور الخيط

وفق نظام ثلاثي لأقراص الاحتكاك ذات قطر 25mm وسماكة 9mm متراكبة على محاور دوران وتفصل بينها مسافة عامودية مقدارها 0.5mm



الشكل (١٧) زاوية الخيط بالنسبة لأقراص الاحتكاك

و إنّ زاوية الخيط تعرّف بمجموع نقط التماس ما بين الخيط و كل قرص من أقراص الاحتكاك لذا يمكن أنّ نعبر عنها بالشكل التالي :

$$\alpha = \sum (\alpha_1 + \dots + \alpha_n) \quad [١]$$

حيث أنّ :

n : عدد الأقراص

α : الزاوية التي يصنعها الخيط مع كل قرص من الأقراص العاملة.

العوامل المؤدية إلى التحكم بهذه الزاوية و كيفية حسابها :

تمّ التوصل من خلال الدراسات النظرية إلى المعادلة التالية

التي تحدد لنا كيفية حساب هذه الزاوية α من أجل النظام الثلاثي للأقراص العاملة :

حيث أنّ :

σ : ثابت تناسبي يتعلق بقيمة A و D_{disk}

$$\sigma = 2\pi \left(\frac{D_{\text{disk}}}{2} - \frac{A}{\sqrt{3}} \right)$$

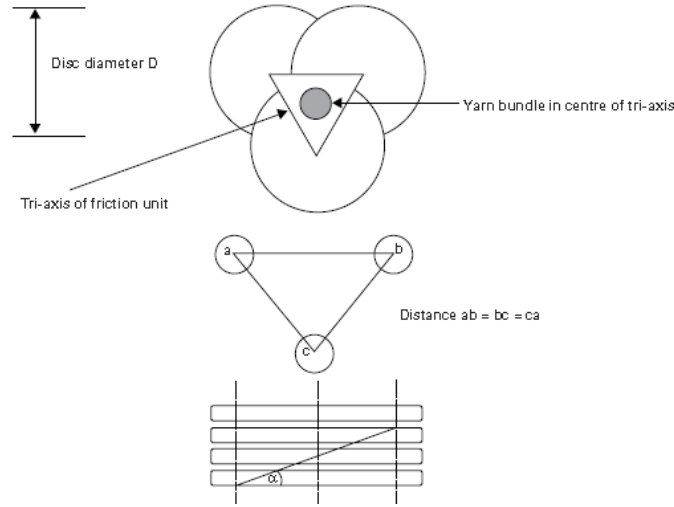
Th : ثخانة قرص الاحتكاك .

b : القطر الداخلي للقرص.

A : الفراغ المحوري ما بين الأقراص.

D_{disk} : قطر القرص .

العدد ٣ : يشير إلى عدد أقراص الاحتكاك العاملة .



الشكل (١٨) زاوية الخيط بالنسبة لقرص الاحتكاك

و هكذا نجد أنّ الزاوية α التي يصنعها الخيط مع سطح القرص تلعب دوراً كبيراً في الضبط الصحيح لمسار الخيط وفي تحقيق جودة عملية التجعيد بالشكل الأمثل فكلما كانت هذه الزاوية كبيرة و شديدة الانحدار كلما كانت عدد البرمات التي يكسبها الخيط أكبر وازداد معدل انزلاق الخيط وكلما صغرت هذه الزاوية كلما كان دفع الخيط ما بين الأقراص أكبر وهذا ما يقلل من مقدار شد الخيط الخارج من وحدة الاحتكاك لهذا يجب اختيار الزاوية الصحيحة بحيث تحقق درجة التجعيد المناسبة بأقل ما يمكن من الانزلاق.

ولتقليل معدل انزلاق الخيط مع سطح القرص نقوم بتصغير هذه الزاوية وذلك بإحدى الطرق التالية :

- تقليل الفراغ المحوري ما بين الأقراص A .

- زيادة قطر القرص D_{disk} .
- إنقاص عدد الأقراص العاملة.

البارامترات الرئيسية لأقراص الاحتكاك المستخدمة [٧]:

- D_{disk} : قطر القرص الخارجي.
- b : قطر القرص الداخلي.
- Th : ثخانة القرص.
- Ra : درجة إنهاء سطح القرص.



الشكل (١٩) البارامترات الأساسية لقرص الاحتكاك

قديمًا عندما كانت آلات تجعيد الخيوط بأقراص الاحتكاك تعمل بسرعة بطيئة كانت الأقراص المستخدمة ذات ثخانة تتراوح بين (mm) 4 - 6 أما الآن وبازدياد سرعة العمليات الإنتاجية لآلات التجعيد فأصبحت تستخدم أقراص احتكاك بثخانة (mm) 9 وحديثًا يوجد لدينا أقراص بثخانة (mm) 12 و يتم فصل أقراص الاحتكاك ضمن وحدة الاحتكاك بفراغات عمودية عادة ما تكون 0.5 mm ومن أجل بعض الاستخدامات الخاصة تكون المسافات العمودية الفاصلة ما بينها (mm) (0.6 - 0.7) وذلك بسبب السرعة العالية لدوران الأقراص لذا يجب ضبط الأبعاد الفاصلة بينها بدقة لعدم تلامسها أثناء الدوران وبالتالي تجنب الحصول على درجة الحرارة العالية الناتجة عن الاحتكاك والتي تؤدي بدورها لتلف الأقراص وضرر بالعملية الإنتاجية.

والجدول (٨) يوضح كل من قطر و ثخانة الأقراص الأكثر تواجدًا في الأسواق :

الجدول (٨) مواصفات أقراص الاحتكاك الأكثر تواجداً في الأسواق

ثخانة القرص (mm)	قطر القرص (mm)
4	45
6	45
6	50
6	52
9	52
9	53

أما بالنسبة لمادة تصنيع أقراص الاحتكاك فلها أهمية كبيرة باختيارها والأكثر شيوعاً واستخداماً هو السيراميك والبولي أوريتان إلا أن البولي أوريتان أعلى من السيراميك و لا نستطيع استخدامه لمدة زمنية طويلة بسبب سهولة عطبه .

و درجات الإنهاء لسطح القرص يعبر عنها بالرقم Ra كلما كان الرقم Ra أكبر كلما كان السطح أخشن وهذا يزيد من كفاءة إعطاء البرمات لكن بنفس الوقت سيزيد من ظهور الزغبر المتطاير من الشعيرات أثناء معالجتها .

بالنسبة لأقراص السيراميك $Ra = 0.85$

و للأقراص المغطاة بالألماس $Ra = 0.3$

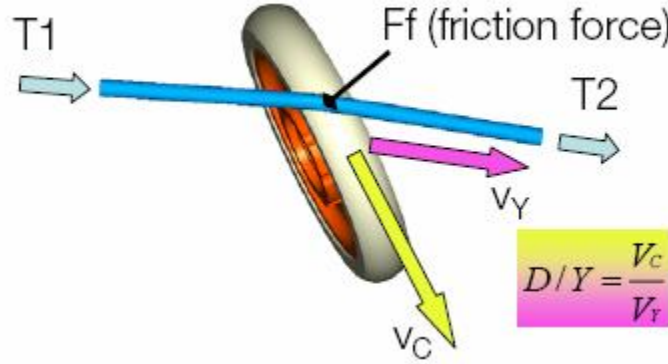
و يُفضل استخدام أقراص السيراميك و السيراميك المغطى للبولي أميد .

أما أقراص التوجيه فيجب أن تكون مصنوعة من السيراميك حصراً لتؤمن ضغط التماس المنتظم للخيطة لضمان سيره في مساره الصحيح باتجاه سطح أقراص الاحتكاك.

٢,٥,١,٣ النسبة (D/ Y) و معدل الشد T_2/T_1 :

إنّ لزيادة النسبة D/Y الأثر الكبير في زيادة معدل انزلاق الخيوط.

و تعطى هذه النسبة بالعلاقة التالي :



الشكل (٢٠) النسبة (D/Y) و قوى الشد المؤثرة على الخيط

فعلى سبيل المثال و من الشكل (٢٠):

إذا كانت السرعة الخطية للخيط $Y = V_y = 850 \text{ m/min}$

السرعة المحيطية للقرص $D = V_c = 1955 \text{ m/min}$

فإنّ النسبة $D/Y = 2.3$

D/Y هي نسبة تعبر عن خصائص أو صفات التجعيد و ليس عن القيمة المطلقة لدرجة التجعيد.

وذلك لأنّ ضبط البرم على الآلة يعتمد على هذه النسبة.

فكلما كانت النسبة D/Y أقل كلما كان عدد البرمات الممنوحة لخيط ذي قطر ما أقل و بالتالي درجة التجعيد أقل .

وازدیاد هذه النسبة يعني دوران الأقراص بسرعة أكبر و ازیاد عدد البرمات الممنوحة لهذا الخيط و زیادة معدل انزلاق الخيط و بالتالي التأثير على خصائص الخيط المنتج

(معدل الاستطالة وغيرها).

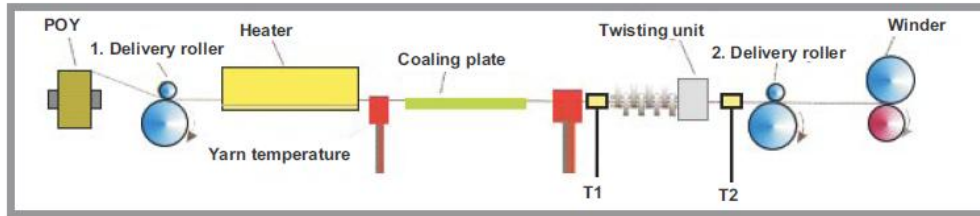
لذا فإنّ هناك حدود لزيادة قيم المعدل D/Y لا يمكن تجاوزها تجنباً لزيادة نسبة انزلاق الخيوط .

٦,١,٣ دراسة العلاقة ما بين النسبة D/Y و قوى الشد المؤثرة على الخيط :

إنّ النسبة D/Y لها تأثير كبير على قوى الشد التي يتعرض لها الخيط خلال مروره في وحدة الاحتكاك فكما هو موضّح في الشكل (٢١) نجد أنّ قوى الشد المؤثرة على الخيط خلال مروره بوحدة الاحتكاك هي:

T_1 : قوة شد الخيط قبل دخوله لوحدة الاحتكاك.

T_2 : قوة شد الخيط بعد خروجه من وحدة الاحتكاك.



الشكل (21) قوى الشد المؤثرة على الخيط خلال مروره بوحدة الاحتكاك

وبالتالي يجب ضبط معدل الشد بحيث يكون $\frac{T_2}{T_1} = 1.0$ للحفاظ على مسار صحيح و متوازن للخيط أثناء مروره بين أقراص الاحتكاك .

فإذا كان معدل الشد غير مستقر أو متوازن فإننا نميز حالتين :

١ - قوة الشد T_2 التي يخرج بها الخيط من وحدة البرم أصغر من القوة T_1 التي يدخل بها الخيط لوحدة الاحتكاك :

و هذا يحدث عندما تكون النسبة D/Y مرتفعة أي إنّ أقراص الاحتكاك تدور بسرعة عالية جداً مما يؤدي لتجميع الخيط ما بين قرصي الدخل والخرج وعدم دفع الخيط ليخرج بشكل جيد من وحدة البرم مما يؤدي إلى عدم اتزان و استقرار في برمات الخيط المنتج.

فإذا كان معدل الشد أقل من 0.8 نتج لدينا خيط غير مجعد بسبب البرمات الغير منتظمة .

٢- إذا كانت القوة T_2 أكبر من T_1 :

أي أقرص الاحتكاك تدور بسرعة بطيئة جداً أي أنّ النسبة D / Y منخفضة جداً مما يؤدي إلى إعاقة سير الخيط ما بين قرص الدخول و القرص المركزي في حين يتم سحبه و خروجه من وحدة البرم بقوة كبيرة مما يؤدي لحدوث تقطعات كبيرة في الخيط ويؤدي إلى تلف أقرص الاحتكاك بخاصة إذا كانت مصنوعة من البولي اوريتان . ومنه نجد:

- للوصول إلى خيط مجعدّ بأعلى درجة من الجودة وأقل معدل ممكن لانزلاق الخيوط يجب أن تكون قيم D/Y محققة لقوى شد تتراوح ما بين القيمتين (0.8 – 1)
- كما يجب علينا أن نقوم بإيجاد قيم الشد المثلى المتناسبة مع معدلات السرعة العالية بحيث تحقق لنا إنتاج خيوط بأعلى ثباتية ممكنة للتجعيدات تتوافق مع معدل D/Y المطبق. [١]

ومن خلال الأبحاث و الدراسات النظرية التي قامت بها المنظمة الدولية الأوربية لدراسات خيوط التجعيد (UNIFI textured yarns Ltd) توصلت إلى ضبط قيم معدلات الشد T_2/T_1 بالشكل الأمثل بالتوافق مع معدلات السرعة المقابلة لها D/Y بحيث تحقق أعلى جودة ممكنة للخيط بأقل ما يمكن من انزلاق لهذه الخيوط . فكانت على الشكل التالي :

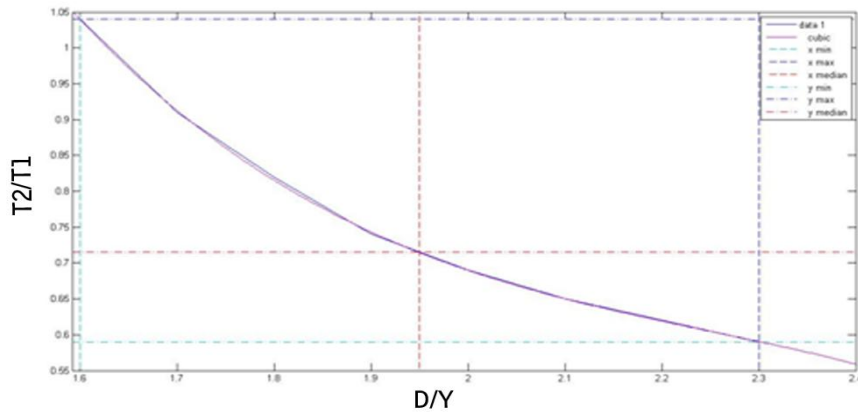
الجدول (٩) القيم المثلى لمعدلات الشد T_2/T_1 بالتناسب مع معدلات D/Y المطبقة [١]

معدل السرعة D/Y	معدل الشد T_2/T_1
1.6	1.04
1.7	0.91
1.8	0.82
1.9	0.74
2	0.69
2.1	0.65
2.2	0.62
2.3	0.59

و بالربط ما بين هذه القيم من خلال برنامج (MATLAB) [١١]
استطعنا إيجاد عدة معادلات رياضية رابطة ما بين معدل الشد T_2/T_1 و المعدل D/Y واخترنا
منها المعادلة التي تحقق أقل نسبة من الخطأ.
فكانت على الشكل التالي :

$$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$$

وذلك بانحراف معياري (Norm of residuals) مقداره 0.006137



المخطط (٥)

و من المخطط (٥) [١١] نلاحظ أنه بازدياد المعدل D/Y يتناقص معدل الشد T_2/T_1
و بما أن معدل الشد الأمثل يتراوح ما بين القيمتين (1 - 0.8) فحسب المعادلة السابقة نجد
أن قيم D/Y المثلى : يجب أن تتراوح ما بين (1.62 - 1.81)
لإنتاج خيط بأقل ما يمكن من الانزلاق وأعلى درجة من الجودة .

٣,١,٧ آلات عملية التجعيد بأقراص الاحتكاك :

ينصبّ اهتمام مصنعو هذه الآلات على بنية الآلة والتي ينبغي لها أن تؤمن مساراً ثابتاً للخيط بدون تذبذبات بالإضافة إلى قيم الشد المنخفضة و إمكانية ضبطها و التحكم بها في المناطق المختلفة من الآلة و كل ذلك من أجل الوصول إلى سرعات إنتاج عالية إضافة لخيط ذي مواصفات وخصائص جيدة من ناحية الاستطالة والتماسك والتجعد وانعدام الشعيرات المتقطعة . وبسبب أبعاد الآلة الكبيرة و ضرورة تركيب أجزاء ثقيلة مختلفة فإنّه من المهم جداً الأخذ بعين الاعتبار العلاقة بين إنتاجية الآلة والمساحة التي تشغلها وذلك من ناحية التراص وإمكانية الوصول وسهولة التشغيل والصيانة .

وتجدر الإشارة إلى أنّه على الرغم من إمكانية وصول السرعات الميكانيكية إلى 1500 m/min إلا أنّ السرعات التكنولوجية (سرعة التشغيل) هي حتى الآن لا تصل إلى حوالي ثلثي هذا الرقم وللحصول على أفضل نتيجة يجب إيجاد الحلول لتحقيق الموازنة بين الإنتاجية و السرعة ويتم ذلك بإيجاد الحلول المثلى فيما يتعلق :

- بمسار الخيط
- بارامترات السخان (طول - حرارة)
- نظام التبريد (وسائط تبريد فعّالة)
- فعالية جهاز البرم (قوة البرم - الشد - الحرارة الناتجة عن الاحتكاك)
- نظام اللف و المراقبة الدائمة للعملية.

تتميز آلات التجعيد بوجود سخان واحد فقط لإنتاج خيوط البرم الكاذب FT لألياف البولي أميد أو بوجود سخانين لإنتاج خيوط FTF (False - Twist - Fixed) في المقام الأول لألياف البولي استر وعلى نطاق أضيق لألياف البولي أميد و إنّ الآلات ذات السخانين هي الأوسع انتشاراً و يمكنها بالطبع إنتاج خيوط FT وذلك بأن نقوم بإيقاف عمل السخان الثاني . [٢]

الأجزاء الرئيسية لآلات التجعيد:

من ناحية شكل هيكل الآلة فإنّ الآلات تختلف من ناحية الشكل الجانبي لهيكل الآلة حيث يمكن أن يأخذ شكل حرف V أو M أو H . في الآلات ذات الشكل H يكون مسار الخيط مستقيماً

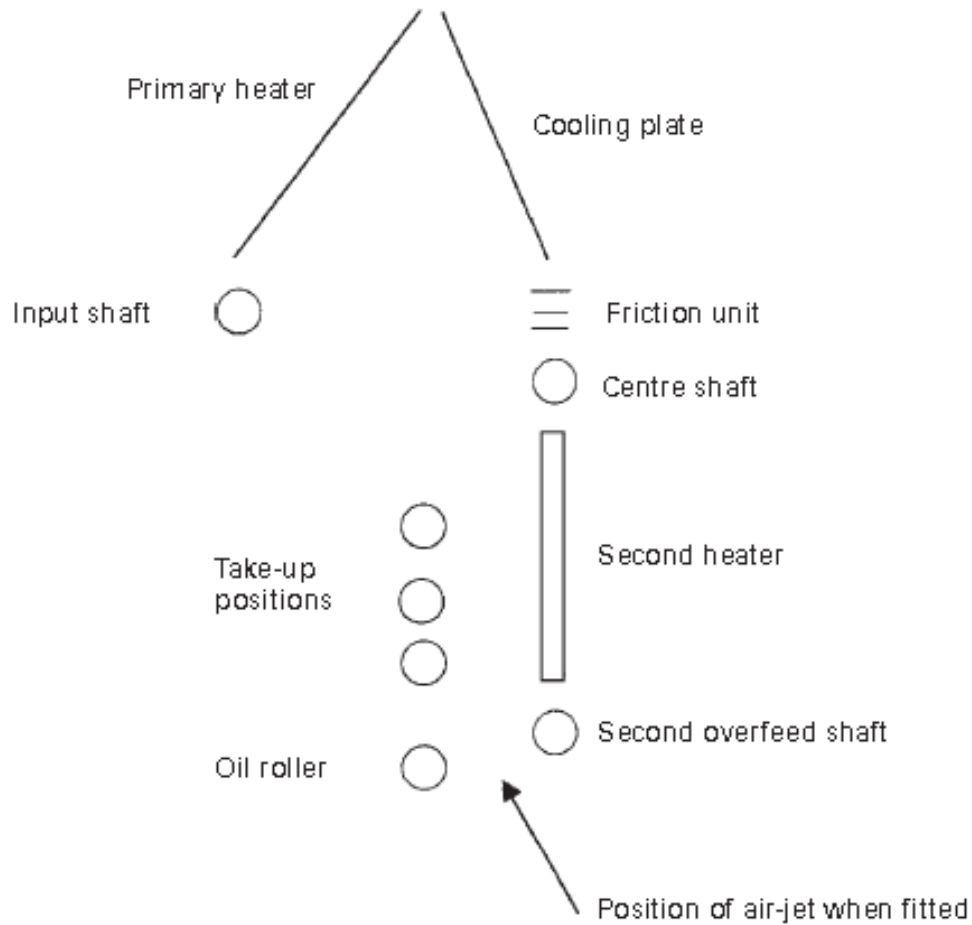
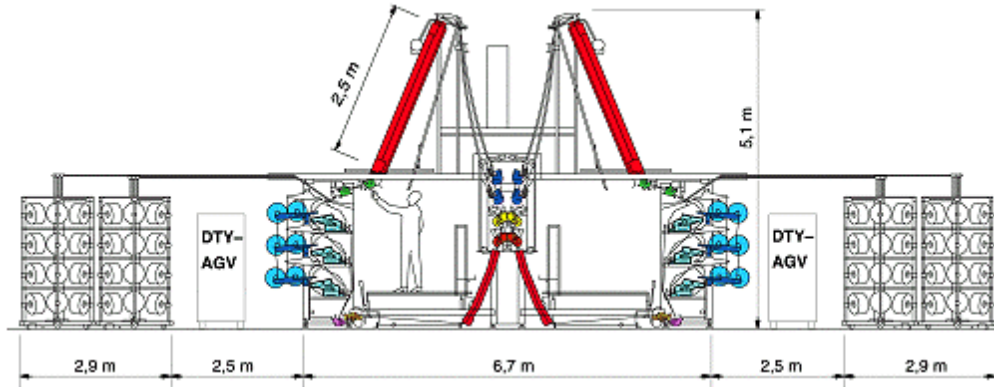
تقريباً (المسار من جهاز التغذية عبر السخان ومنطقة التبريد حتى وحدة البرم) في حين الآلات ذات الشكل V أو M يكون مسار الخيط فيها ذا زوايا مما يزيد الشد و لكن من ناحية أخرى يحسّن ثبات المسار فالمقاطع الجانبية المختلفة للآلة $M - V$ تؤثر على مقدار الإنتاجية وسرعة العملية التكنولوجية ومقدار التقطعات التي يتعرض لها الخيط فكلما كان عدد الزوايا التي يتعرض لها الخيط أثناء سيره ما بين سيلندر التغذية حتى وحدة البرم قليلة كلما كانت قوى الشد التي يتعرض لها قليلة و لهذا السبب تعتبر الآلة ذات الشكل الجانبي V مناسبة من أجل السرعة العالية للعمليات التكنولوجية مع نقاط احتكاك أقل للخيط وغالباً ما تستخدم من أجل خيوط البولي بروفيلين . [٢]

وإنّ جميع آلات التجعيد و مهما اختلفت أشكالها تتألف من الأجزاء التالية :

- ١- حوامل البكر لتغذية الآلة بالخيوط .
- ٢- سيلندرين (قرصين) يتم بينهما سحب الخيط - تسخينه - تبريده و خروجه بعد إكسابه البرمات .
- ٣- سيلندرين يتم بينهما إكساب الخيط الحرارة (التسخين الثاني) ليتم تمدد الخيط جزئياً و لكن في حال كانت الخيوط المغذاة مصنوعة من البولي أميد فلا يتم تعريضها لهذه المرحلة من التسخين
- ٤- جهاز التزييت.
- ٥- تجميع الخيط و لفه على كونات .

والشكل (2٢) يوضح نموذج لآلة نوع M من شركة Barmag [٨]

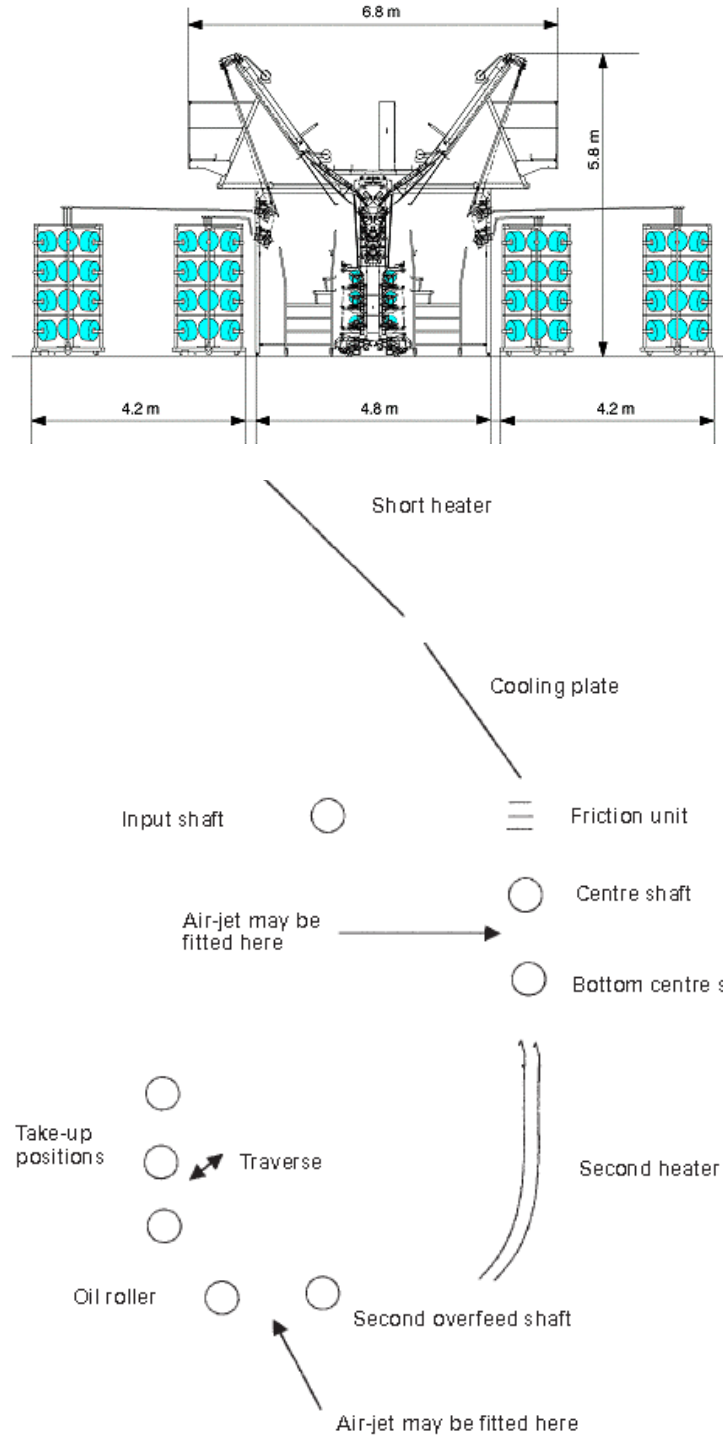
FK6 -M1000



الشكل (2٢) الشكل الجانبي لآلة التجعيد ذات الشكل M

و الشكل (23) يوضح نموذج لآلة من نوع V لشركة Barmag [٨]

FK6- V1000



الشكل (23) الشكل الجانبي لآلة التجعيد ذات الشكل V

و الجدول (١٠) يوضّح مقارنة لقوى الشد التي يتعرض لها الخيط في كل من الآلتين ذات الشكل الجانبي (V) – (M) من أجل خيط 150 den يتألف من 132 شعيرة مستمرة بمعدّل السحب 1.665 و سرعة مقدارها 700 m/min ومعدّل $D/Y = 1.9$

الجدول (١٠) مقارنة ما بين قوى الشد المطبقة على الخيط في كل من آلي التجعيد (الآلة ذات الشكل V و الآلة ذات الشكل M) [٨]

الشكل الجانبي V	الشكل الجانبي M	
63.5	74	قوة الشد في أعلى المردن T_1 (g)
58.7	65	قوة الشد في أسفل المردن T_2 (g)
0.76	0.88	معدل الشد T_2 / T_1

حيث نلاحظ انخفاض قوى الشد التي يتعرض لها الخيط باستخدام الآلة ذات المقطع V .
ولهذا تعتبر الآلة ذات الشكل الجانبي V مناسبة من أجل السرعة العالية للعمليات التكنولوجية.

٢,٣ دراسة تحليلية لتقنية إنتاج الخيوط المجددة (المضخمة) بالهواء

١,٢,٣ أنواع الخيوط المستخدمة في التجعيد الهوائي :

يمكننا إنتاج خيوط مجددة هوائياً من جميع أنواع الخيوط :

- خيوط تركيبية تتميز باللدونة الحرارية (بولي استر - بولي اميد)

- خيوط ذات تركيب سيللوزي (فيسكوز...)

- خيوط ذات تركيب غير عضوي(الخيوط الزجاجية ...)

كما يمكننا استخدام خيوط POY أو خيوط FOY في عملية التجعيد الهوائي. و العامل الأكثر أهمية لإنتاج خيط ATY جيد هو : عدد الشعيرات المستمرة للخيط أو بشكل أدق نمرة هذه الشعيرات حيث أنه في حالات نادرة تستخدم خيوط ذات شعيرات بنمر أعلى من 3 den ولكن بشكل عام النمر القياسية للشعيرات المستخدمة حالياً بين (2-1) den ويمكن أن تصل النمرة إلى أقل من 1 (den) للشعيرة الواحدة ومثل هذه الشعيرات تدعى بالشعيرات الدقيقة (Microfilament) والمستخدم في إنتاج الأقمشة الفاخرة. [٦]

٢,٢,٣ مراحل التجعيد الهوائي للخيوط ذات التركيب السيللوزي :

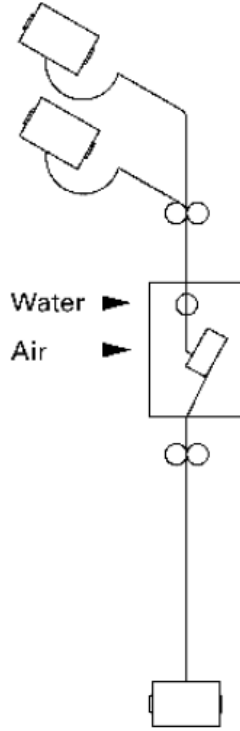
عند إنتاج الخيوط المجددة من مادة أولية لا تمتلك خاصية اللدونة الحرارية تكون مراحل الإنتاج بسيطة جداً كما في الشكل (24):



الشكل (24) مراحل التجعيد الهوائي للخيوط ذات التركيب السيللوزي

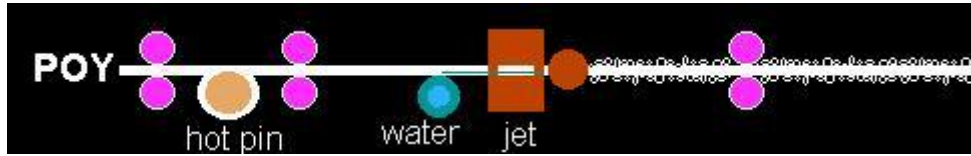
حيث يتم تغذية الخيط بواسطة زوج واحد من سيلندرات التغذية بسرعة عالية جداً و أعلى من سرعة زوج السيلندرات الواقعة بعده فالة التجعيد. و بعد تغذية الخيط يتم ترطيبه و دخوله إلى فالة التجعيد الهوائي ليخرج منها بسرعة قليلة نسبياً

وقد تشكلت الحلقات على سطحه محدثة تضخم وزيادة في حجمه .
كما هو موضح في الشكل (25) [٦]:



الشكل (25) مراحل التجعيد الهوائي للخيوط ذات التركيب السيللوزي

٣, ٢, ٣ مراحل التجعيد الهوائي للخيوط التركيبية (اللينة بالحرارة):



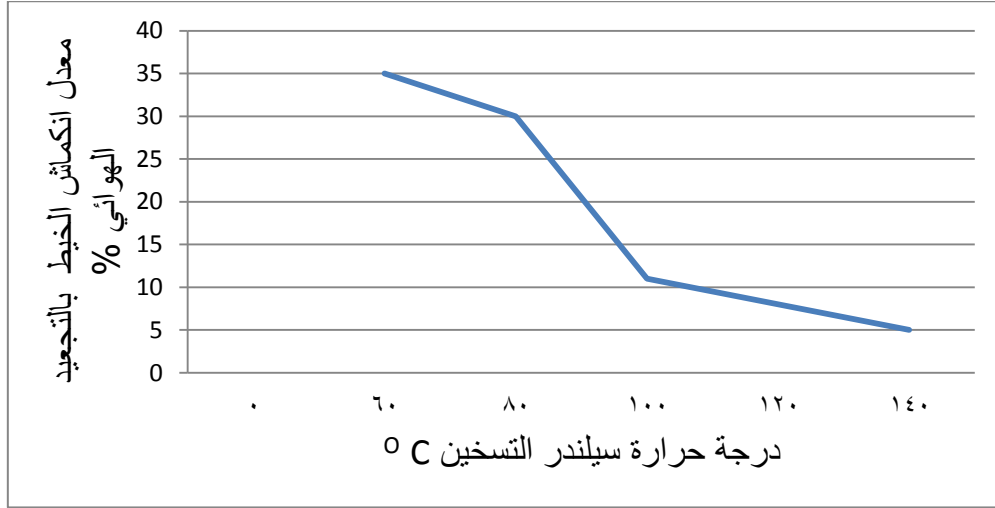
الشكل (26) مراحل التجعيد الهوائي للخيوط التركيبية

المرحلة الأولى : مرحلة السحب و التسخين

يتم سحب وتسخين خيوط POY في هذه المرحلة حيث يمر الخيط أثناء سحبه على سطح سيلندر التسخين (hotpin) ليتلدن حرارياً برفع درجة حرارته لدرجة حرارة أعلى من T_g (درجة حرارة التحول الزجاجي له) وعملية التسخين هذه تطبق فقط من أجل الخيوط اللدنة (بولي استر - بولي أميد - بولي بروفيلين)
والهدف من هذه العملية :

- تمدد الخيط بعملية السحب.
- التقليل من انكماشه أثناء تجعيده هوائياً عن طريق التسخين.

والمخطط (٦) يوضح تأثير درجة حرارة سيلندر التسخين على درجة انكماش الخيط أثناء تجعيده بالهواء [٦]:



المخطط (6)

المرحلة الثانية : مرحلة الترطيب و التضخيم الهوائي

ترطيب الخيط :

يتم ترطيب الخيط بالماء قبل دخوله إلى منطقة التجعيد وفي خيط (Core - Effect) يتم ترطيب خيط (Core) فقط .

إنّ ترطيب الخيط قبل دخوله إلى الفالة يزيد من سرعة العملية الإنتاجية بشكل ملحوظ فتزداد الإنتاجية للخيوط الرطبة بمعدل (150 – 450) m/min وذلك للأسباب التالية :

١- إزالة الزوائد من الخيط .

٢- تفتيح شعيرات الخيط لتصبح بشكل إفرادي.

٣- التقليل من احتكاك الخيط مع السطح الداخلي للفالة .

وإنّ كمية الماء المطلوبة للعملية يجب أن تكون صغيرة جداً بحيث تتراوح ما بين (0.5 – 2.5) l / hr .

فكلما ازدادت ثخانة الخيط زادت كمية الماء اللازمة لترطيبه . [٦]

التضخيم الهوائي :

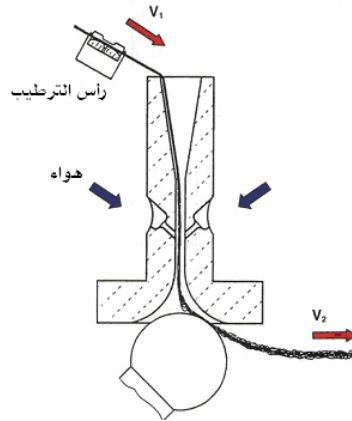
المبدأ الأساسي في هذه العملية: هي أن تكون السرعة التي يدخل فيها الخيط إلى الفالة V_1 أكبر من سرعة خروجه منها V_2 أي أن كمية الخيط المغذاة إلى الفالة أكبر من الكمية الخارجة منها وهكذا نجد أن الفالة إلى حد ما تقوم باستهلاك الخيط طالما أن سرعة دخول الخيط أكبر من سرعة خروجه منها محدثة انكماش في طوله وتشابكاً لشعيراته كما هو موضح في الشكل (٢٧). ونعبر عن هذا بما يسمى معدل تغذية الفالة (Overfeed) والذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$\text{معدل التغذية \%} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_2} * 100$$

حيث أن :

V_1 : سرعة تغذية الخيط إلى الفالة.

V_2 : سرعة خروج الخيط من الفالة .



الشكل (27) مرور الخيط خلال فالة التجعيد الهوائي

ويعتبر معدل التغذية هذا من أهم المتغيرات الهندسية في عملية التجعيد بالهواء والذي يحدد مقدرة الفالة على التجعيد . [٦]

المرحلة الثالثة : التسخين الثاني

تكمّن الوظيفة الرئيسية من عملية تعريض الخيط للحرارة بعد خروجه من فالة التجعيد في

استرخاء الخيط وتثبيت الحلقات الممنوحة له من قبل الفالة وبخاصة عند إنتاج خيوط (Core - Effect) حيث يجب أن تكون كمية الحرارة المقدمة للخيط كافية لاستقرار هذه الحلقات.

كما أنّ حجم الحلقات و ثباتيتها على سطح الخيط من أهم العوامل المحددة لجودة خيط (Core - Effect) وتعتبر الحلقات الصغيرة أكثر ثباتاً من الحلقات الكبيرة .

تعتمد درجة حرارة السخان على :

١. نمرة الخيط المطلوب إنتاجه .

٢. عدد الشعيرات المكونة للخيط .

٣. سرعة الخيط المشغل.

كما توجد علاقة وثيقة ما بين سرعة سحب الخيط من السخان ودرجة حرارة السخان حيث يجب رفع درجة حرارة السخان كلما ازدادت سرعة سحب الخيط منه وفي هذه المرحلة يجب ألا يلامس الخيط المجرى الداخلي للسخان المار فيه وذلك لمنع حدوث تشوهات في خواص الخيط .

المرحلة الرابعة : عملية تزييت الخيط ولفه على كونات

يتم تزييت الخيط لإعداد له عمليات التشغيل اللاحقة (نسيج - حياكة) من خلال مروره على سطح بكرة معدة لهذه العملية و يتراوح معدل الزيت الواجب إضافته للخيط ما بين % (1 - 3) وبعد هذه العملية مباشرة يتم لف الخيط المجدد الناتج على كونات . [٦]

٢,٣,٤ نماذج الخيوط المجددة هوائياً:

يوجد بشكل أساسي نموذجين من الخيوط التي يمكن أن تنتج بواسطة التجعيد بالهواء :

النوع الأول : يدعى الخيط المتوازي (parallel)

النوع الثاني : يدعى خيط القلب والوبرة (Core - Effect)

٢,٣,٤,١ إنتاج الخيوط المتوازية (Parallel) :

طريقة إنتاج الخيوط المتوازية إلى حدّ ما تكون بسيطة كما في الشكل (٢٨) حيث يتم تغذية واحد

أو أكثر من نهايات الخيوط إلى فالة التجعيد بسرعة تغذية V_1 أكبر من السرعة التي تخرج بها

من الفالة V_2 وكما ذكرنا سابقاً إنّ الفرق ما بين هاتين سرعتين يدعى بمعدل تغذية الخيط إلى

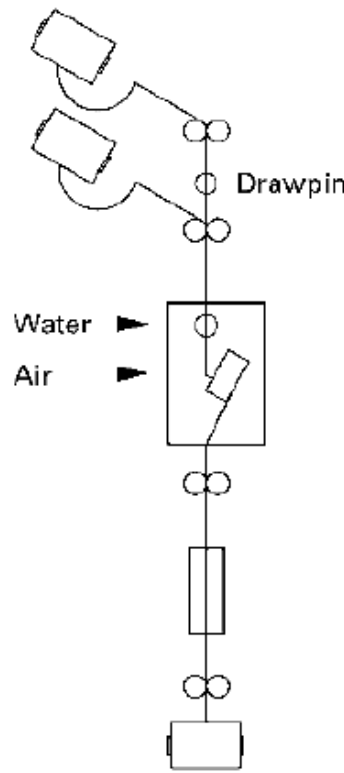
الفالة (Overfeed) ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\frac{(V1-V2)}{V2} * 100 = \% \text{ معدل التغذية}$$

حيث يكون هذا المعدل هو نفسه بالنسبة لجميع الخيوط المغذاة أي جميع الخيوط تدخل إلى الفالة بنفس السرعة.

ويتراوح معدل تغذية كل خيط في هذا النمط (Parallel Yarns) ما بين 18 - 30% للخيط الواحد.

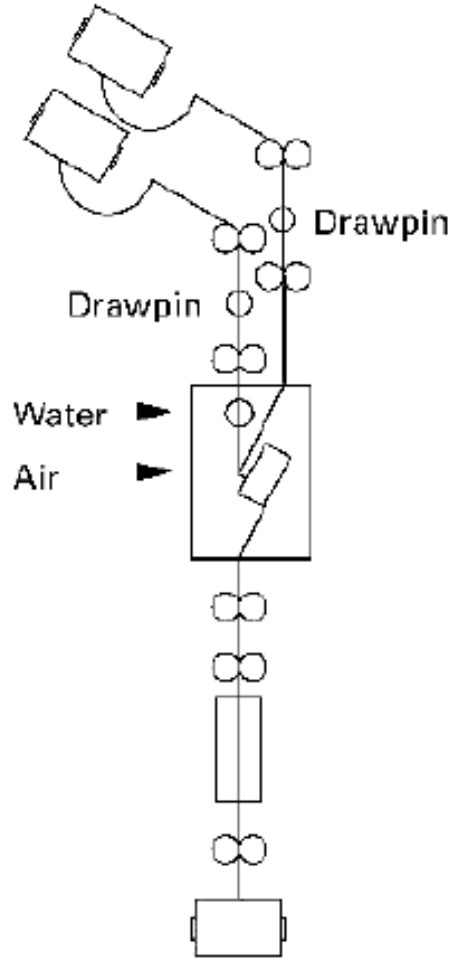
ويتم تحديدها بناء على الكثافة الخطية للخيط المطلوب إنتاجه حيث تزداد بازدياده. وعادة ما تكون الكثافة الخطية للخيط المنتج (Parallel) أقل من 800 dtex. [١]، [6]



الشكل (28) مراحل إنتاج الخيوط المتوازية (Parallel)

٢,٤,٢,٣ إنتاج خيوط القلب والوبرة (Core - Effect):

تنتج الخيوط المجددة في هذه الطريقة من مكونين هما خيط القلب و خيط الوبرة وتكون الكثافة الخطية للخيط المنتج (Core - Effect) أعلى بكثير من الكثافة الخطية لخيط (Parallel) حيث تتراوح الكثافة الخطية لخيط (Core -Effect) ما بين 550 - 5500 dtex



الشكل (29) مراحل إنتاج خيوط القلب و الوبرة (Core - Effect)

ويتم هنا تغذية خيط القلب بسرعة أبطأ من سرعة تغذية خيط الوبرة مما يسمح بتجمّع شعيرات خيط القلب في مركز الخيط بينما تقوم شعيرات خيط التأثير بتشكيل الحلقات على سطحه كما هو موضّح في الشكل (٢٩).

ومعدل التغذية الاسمية لخيط القلب يكون عادة ما بين (5-15) % ويعطى بالعلاقة التالية :

$$V_{fc} = 100 * \frac{(V_{1c} - V_2)}{V_2}$$

V_{fc} : معدل تغذية خيط القلب أو النواة %

V_2 : سرعة خروج الخيط المجدّد من الفالة m/min

V_{1c} : سرعة دخول خيط القلب إلى الفالة m/min

بينما معدل تغذية خيط الوبرة فيعطى على الشكل التالي :

$$V_{fe} = 100 * \frac{(V_{1e}-V_2)}{V_2}$$

حيث أن:

V_{1e} : سرعة دخول خيط التأثير إلى الفالة .

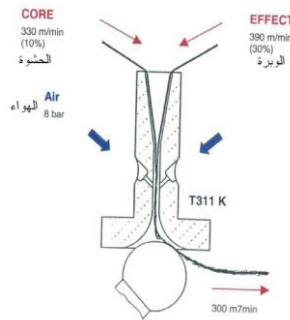
V_2 : سرعة خروج الخيط المجدد من الفالة .

V_{fe} : معدل تغذية خيط التأثير %

ويتراوح معدل تغذية خيط التأثير ما بين % (15-150) ويعتمد تحديد هذا المعدل على الاستخدامات النهائية للخيط المنتج ويمكن أن يصل في بعض الحالات الخاصة إلى 400% وكمثال على ذلك فإن خيط بمعدل تغذية يصل حتى 40% لخيط الوبرة يستخدم للألبسة الخارجية أما خيط بمعدل تغذية 120% لخيط الوبرة فيستخدم لأقمشة التجديد. وكما هو موضح في الشكل (٣٠) حيث تمت تغذية خيط القلب بسرعة 330 m/min بينما كانت تغذية خيط التأثير بسرعة 390 m/min و كانت سرعة خروج الخيط المجدد من الفالة 300 m/min

$$\frac{330-300}{300} * 100 = 10\% \quad \text{أي أن معدل تغذية خيط القلب :}$$

$$\frac{390-300}{300} * 100 = 30\% \quad \text{و معدل تغذية خيط التأثير :}$$



الشكل (30) معدل تغذية كل من خيط القلب و خيط الوبرة [1]

تابع النمرة المستخدم لحساب النمرة النهائية للخيط المجدد (Core - Effect) هو :

$$[1] \quad R = (C * N_c * V_{fc}) + (E * N_e * V_{fe})$$

R : النمرة النهائية للخيط المجدّد (ديتكس).

C: نمرة خيط القلب (ديتكس).

E: نمرة خيط التأثير (ديتكس).

N_c : عدد النهايات في خيط القلب (Core).

V_{fc} : معدل تغذية خيط القلب أو النواة %

N_e : عدد النهايات في خيط التأثير (Effect).

V_{fe} : معدل تغذية خيط التأثير %

تأثير معدل تغذية خيط القلب:

معدل تغذية خيط القلب يؤثر بشكل مباشر على :

- متانة الخيط المجدّد .

- مقدار ثباتيته .

و نقصد بالثباتية : مقاومة الخيط المجدّد لتغيير بناء حلقاته تحت تأثير قوة الشد .

تأثير معدل تغذية خيط التأثير:

معدل تغذية خيط التأثير يؤثر بشكل مباشر على:

- حجم الحلقات المتشكلة على سطح الخيط .
- عدد الحلقات في الوحدة الطولية من الخيط .
- نمرة الخيط الناتج .
- مظهرية الخيط الناتج .

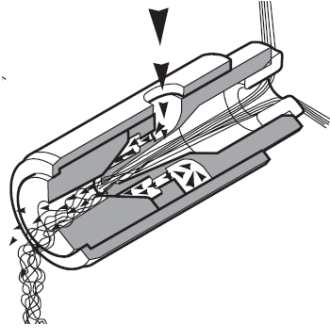
٢,٣,٥ أنواع الفالات المستخدمة لإنتاج خيوط (Core - Effect)

يؤثر شكل الفالات المستخدم بشكل كبير على كل من الناحية الاقتصادية لعملية التجعيد والكثافة الخطية للخيط المنتج .

و يوجد لدينا بشكل أساسي نوعين من الفالات المستخدمة :

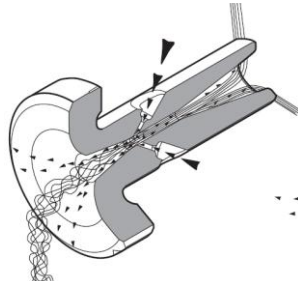
النوع الأول : الفالات المحورية (Axial Jet)

تستخدم هذه الفالة لإنتاج خيوط بكثافات خطية عالية .
حيث يتراوح معدل تغذية خيط القلب فيها ما بين % (4 - 20) ويصل معدل تغذية خيط التأثير
لقيم أعلى من 100% مما يزيد الكثافة الخطية للخيط المنتج .
وهي على الشكل التالي [٦] :



الشكل (31) فالة التجعيد الهوائي Axial Jet

النوع الثاني : Radial Jet



الشكل (32) فالة التجعيد الهوائي Radial Jet

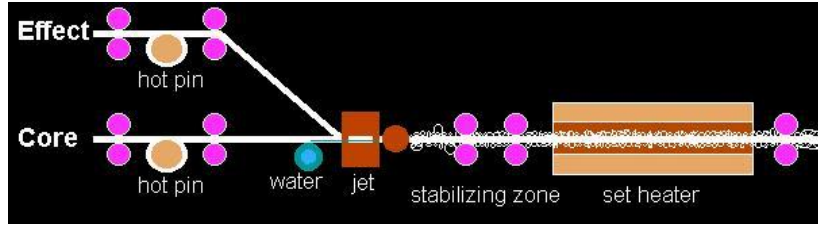
و تستخدم هذه الفالة لإنتاج الخيوط الناعمة ذات كثافة خطية أقل من (dtex) 770
حيث تستهلك هذه الفالة معدل أقل من الهواء مقارنة مع الفالة السابقة (Axial Jet)
و تتطلب بشكل عام معدلات تغذية للخيوط قليلة تتراوح ما بين % (10 - 40) ولكن يجب ألا
يتجاوز الفرق ما بين معدل تغذية خيط التأثير و معدل تغذية خيط القلب % 30 [6]

٦,٢,٣ الأخطاء الحاصلة في إنتاج الخيوط المجددة هوائياً:

من الأخطاء التي يمكن أن تحدث أثناء عملية التجعيد بغض النظر عن نموذج الفالة المستخدم
أنه أحياناً من الممكن أن يحدث تجميع للحلقات الكبيرة أو أن تصبح بعض الحلقات مسطحة
وهذه الأخطاء يجب أن تعالج لأنها تؤثر بشكل كبير على العمليات اللاحقة. كما يمكن أن

تحدث عملية تشوه للخييط عندما تؤثر عليه أصغر قوة حتى ولو كان الخييط منتج بشكل جيد وهذا يسبب عدم الانتظامية.

الحلول : من الحلول التي يمكن أن تصلح عيوب الحلقات الكبيرة هو أن تتم عملية سحب إضافي للخييط بين الفالة و السخان وعندها تستطيل الحلقات الكبيرة إلى أقصى حد ممكن و ما يتبقى منها يُسحب إلى حجم أصغر وهذا ما يقلل من حجم الحلقات و بالتالي نحصل على خييط ممتاز بأقل نسبة لعدم الانتظامية وهذا ضروري جداً للعمليات اللاحقة كما هو موضح في الشكل (33).



الشكل (33) إضافة عملية سحب ما بين فالة التجعيد الهوائي و المسخن الثاني

ولتحقيق كفاءة في تثبيت الحلقات على سطح الخييط نقوم بما يلي :

أولاً : في منطقة السحب ما بين السخان والفونية يجب أن تكون سرعة سيلندرات التوريد أعلى من سرعة سيلندرات التغذية (الموجودة مباشرة بعد الفالة) بمعدل $(2 - 3) \%$ لتحقيق الثباتية المثالية للحلقات .

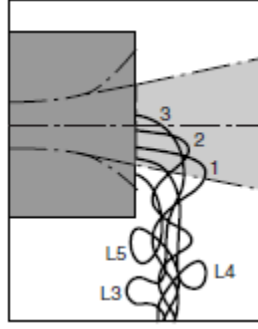
ثانياً : أن يتم تمرير الخييط ببطء داخل السخان.

٧,٢,٣ العوامل المؤثرة على تشكيل الحلقات :

المبدأ الأساسي في تشكيل الحلقات هو تغذية الخييط بسرعة دفع هوائية عالية في النفثة ليزر الطول الإضافي من الشعيرات و يشكّل الحلقات وبالرغم من تطوير النفثات الهوائية إلا أنه يوجد عاملان أساسيان لنجاح هذه العملية بالرغم من كل التطورات الحاصلة

العامل الأول : يجب على الخييط أن يصنع زاوية انحناء محددة حال خروجه من النفثة حيث يتم في هذه النقطة إجبار الحلقات على بروزها و تشكلها على سطح الخييط .

العامل الثاني : تداخل الشعيرات داخل النفثة والذي له دور في تثبيت الحلقات على الخييط حيث إذا تم تغذية النفثة بخيطين بسرعتين مختلفتين فالخييط الذي سرعة تغذيته أقل سيشكل نواة الخييط أما الخييط ذو السرعة العالية سيقوم بتشكيل الحلقات كما هو موضح في الشكل (34) :



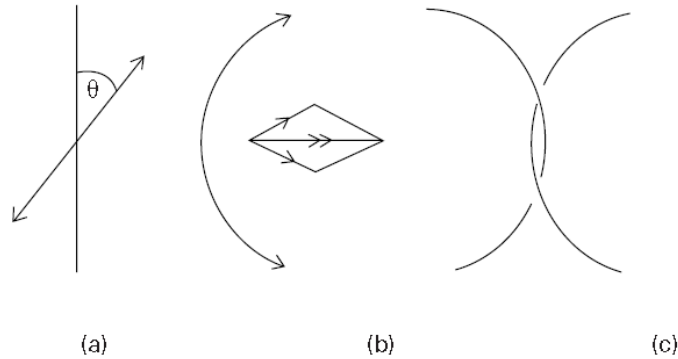
الشكل (34) تشكل الحلقات على سطح الخيط المجعد هوائياً

وإنّ تشابك الألياف في مركز الخيط يعتمد على انحناء الألياف بزوايا معينة بالنسبة لمحور كل ليف حيث يجب أن تتبع الألياف مساراً منحنياً كما في الشكل (٣٥) :

a : ليف مستقيم يميل بزاوية θ لا تتم عنده عملية التشابك.

b: ليف منحنى بزاوية معينة .

c : ليفين متشابكين .

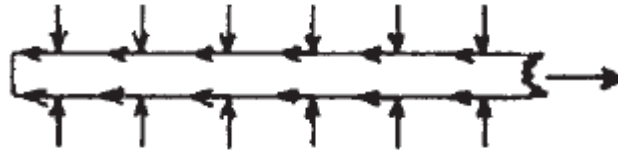


الشكل (35) كيفية تشابك الألياف بزوايا معينة

وبالتالي إذا كل ليفين تمّ انحناءهما بزوايا معينة ستتم عملية التشابك و بالتالي فإنّ مجموعة من الألياف ستلتف حول بعضها البعض وهذا النوع من التشابك أو الاختلاط المركزي سيشكل قلب الخيط المجعد هوائياً. [١]

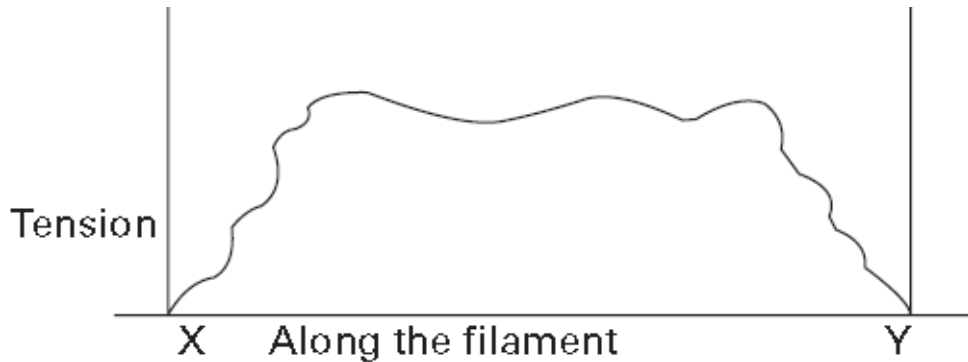
٣,٢,٨ خصائص الاستطالة / الشد للخيوط المجدّه هوائياً :

العامل الأساسي والدقيق في التجعيد الهوائي هو مقدار ثابتية توزيع الحلقات أو ضعفها على سطح الخيط عند تعرضه لقوى شد ... ولدراسة انزلاق الليف ما بين الحلقات في الخيط المجدّد هوائياً سنقوم بتطبيق قوة شد معينة على محور الخيط كما هو موضح في الأشكال (36) , (37) التي توضح كيفية توزيع قوى الشد على الخيط المجدّد هوائياً:



الشكل (36) كيفية توزيع قوى الشد على الخيط المجدّد هوائياً

فلاحظ أنّ متانة الحلقات وممانعتها لعملية التمدد والاستطالة تكون كبيرة بينما تتخفض المتانة في منطقة تشابك الألياف حيث يزداد الشد على طول الخيط من النقطة X إلى النقطة Y (نقاط توزيع الحلقات) كما هو موضح في الشكل التالي:



الشكل (37) ازدياد قوى الشد على طول الليف ما بين الحلقات

حيث نلاحظ أنّ الشد الواقع على الحلقات (X , Y) معدوم بينما يتزايد في الشعيرات المتشابكة داخل الخيط (قلب الخيط) . [١]

العوامل التي تعتمد عليها متانة الخيط المجدّد هوائياً :

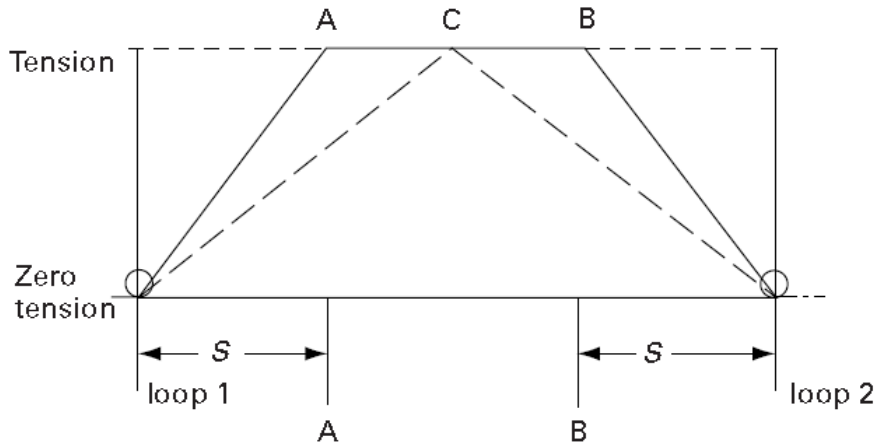
- متانة الشعيرات المكونة لقلب الخيط .
- عامل انزلاق الليف (SF).

- زاوية انحناء الليف حيث بازدياد هذه الزاوية تزداد درجة تشابك الألياف وبالتالي تزداد متانة قلب الخيط .

- الكتلة الخطية المكونة لقلب الخيط بالنسبة لكتلته الكلية أي C_{YC} / C_Y

و لدراسة معامل انزلاق الليف ما بين الحلقات (SF) :

نفرض أنّ الليف سيبدأ بالانزلاق من النقطة X إلى النقطة Y (نقاط توضع الحلقات) حيث نلاحظ أنّ قوى الشد ستؤثر على الألياف بقوى انتقالية (تؤدي إلى انزلاقها) وبالتالي ستمنع الألياف هذا الانتقال عن طريق قوى الاحتكاك وعن طريق تشابكها مع الألياف المجاورة لها مماثلة بذلك الاستطالة ما أمكن . فإذا كان الطول الذي تم انزلاقه S و الطول ما بين الحلقات L فإنّه يوجد خسارة بجزء من الطول مقداره S / L كما في الشكل (38) الذي يوضح كيفية انزلاق الليف ما بين الحلقات أثناء تعرضه لقوى الشد :



الشكل (38) كيفية انزلاق الليف ما بين الحلقات أثناء تعرضه لقوى الشد

و مقارنة بالشد دون حدوث انزلاق الذي يكون عنده معامل الانزلاق مساوياً إلى الواحد (SF = 1) فإنّ معامل الانزلاق يعطى بالعلاقة التالي الموضحة بالشكل (39) :

$$SF = 1 - S/L$$

$$SF = 1 - 1/2 (r / \mu \tau L)$$

حيث أنّ :

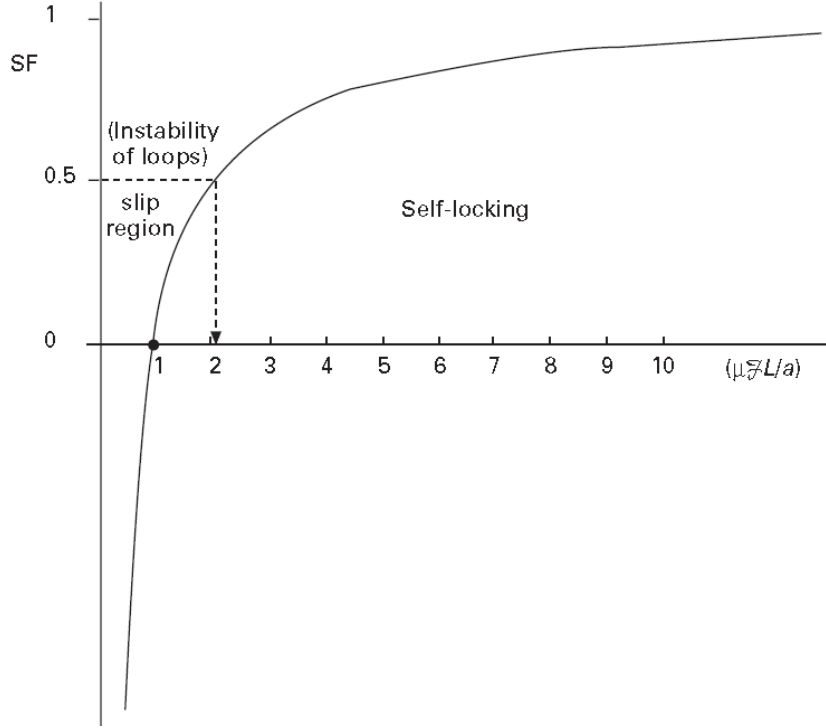
SF : معامل الانزلاق.

r : نصف قطر الليف .

μ : معامل احتكاك الليف مع الألياف المجاورة له .

L : طول الليف ما بين الحلقات .

τ : معامل يتعلق بانحناء الليف أي (نصف قطر انحناء الليف - زاوية الانحناء)



الشكل (39) معامل الانزلاق SF

و من الشكل السابق نجد أنّ

في حال عدم وجود انزلاق لليف يكون $SF = 1$

و كلما انزلق الليف أكثر كلما انخفضت قيمة SF حتى تصبح $SF = 1/2$

وهذه هي النقطة الحرجة حيث في هذه النقطة لن يحدث تشابك أبداً للألياف لأن مقاومة

الاحتكاك عندها قليلة جداً ومعدل الانزلاق فيها عالي مما يؤدي إلى انقطاع الليف وهذا ما يقابل

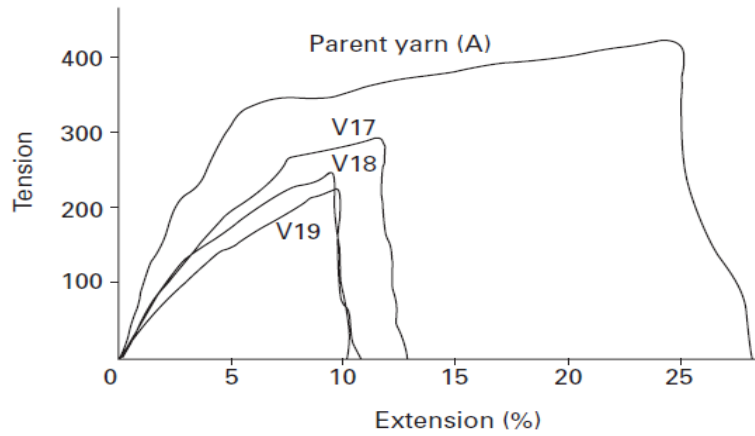
النقطة (c) في الشكل (٣٨) .

ومن المعادلة السابقة نجد أنّه لمنع انزلاق الحلقات يجب أن تكون قيمة $\mu\tau L/r > 1$ [١]

العوامل التي تقلل الانزلاق :

- الألياف الناعمة.
- الطول الفاصل بين الحلقات المتجاورة فبازدياده يتناقص الانزلاق.
- معامل الاحتكاك العالي بين الألياف.

ومنه نرى أنّ الخيط المجعد هوائياً لا يمتلك امتطاطية عالية مقارنة مع الخيط المجعد بأقراص الاحتكاك فكلما ازداد معدل تغذية الخيوط (Overfeed) أثناء تجعيدها بفالة الهواء (أي زادت الكثافة الخطية للخيط المجعد) كلما تناقصت استطالة الخيط المنتج والشكل (40) يوضح استطالة الخيط قبل تجعيده بالهواء واستطالته عند تجعيده بمعدلات تغذية مختلفة :



الشكل (40) اختلاف استطالة الخيط المجعد هوائياً تبعاً لمعدلات التغذية

حيث A : يشير إلى الخيط قبل تجعيده و نلاحظ أنّه يملك استطالة قطع كبيرة

V17: خيط مجعد بمعدل تغذية % 10

V18 : خيط مجعد بمعدل تغذية % 15

V19: خيط مجعد بمعدل تغذية % 20 [١]

٩,٢,٣ أشهر الآلات المستخدمة في التجعيد الهوائي :

من شركة SSM السويسرية الآلة ذات النموذج DP2 - T:

تصل سرعتها حتى 1200 m/min و يمكن أن يشغل عليها خيوط تصل نمرها إلى

900 dtex

كما في الشكل (41) :



الشكل (41) آلة التجعيد الهوائي SSM ذات النموذج DP2 – T.

أجزاء الآلة :

القفص Creel :

حيث يتم من خلاله تلقيم كونات خيوط POY و يتألف من 5 طبقات ، كل طبقة تحوي على 8 كونات لتغذية مقطع واحد من مقاطع الآلة ليصل عدد مقاطع الأعظمي في هذه الآلة 10 ويوجد بين طبقات القفص رفوف فاصلة لمنع تساقط الخيوط المقطوعة من الطبقات العليا إلى الكونات الموجودة في الطبقات السفلى ... كما يتم دوران القفص لتسهيل عملية تلقيم الكونات عليه .

اسطوانات السحب :

عادة يوجد لخيط القلب (Core) اسطوانتين كذلك لخيط التأثير (Effect) اسطوانتين لسحبهما (حيث تكون سرعة اسطوانة التوريد أعلى من اسطوانة التغذية) و تكون هذه الاسطوانات ساخنة لتساعد على عملية سحب خيوط POY .

- أغلب هذه الاسطوانات تكون أقطارها (cm) 12.5

- تتراوح درجة حرارتها بين $^{\circ}\text{C}$ (80 - 150)

وحدة الترطيب و التجعيد :

يمرر الخيط بعد ترطيبه على فالة التجعيد بالهواء حيث يصل ضغط الهواء فيها إلى 12 bar و تغذى الفالة بواحد أو أكثر من الخيوط المستمرة بمعدل تغذية ثابت للحصول على حلقات كبيرة أو صغيرة و ذلك بالاعتماد على مقدار التغذية بين مدخل و مخرج الفالة بحيث يصبح مركز خيط ATY مضفوراً بشكل عشوائي .

السخان Heater:

يبلغ طوله (cm) 150 يتم تسخينه عن طريق و شائع حيث تتراوح درجة حرارته بين $^{\circ}\text{C}$ (80 - 250) ويجب ألا يلامس الخيط المجرى الداخلي للسخان المار فيه لمنع حدوث تشوهات في خواص الخيط لذلك توضع سيراميكات في مدخل السخان و مخرجه .

آلية اللف :

تصل سرعة اللف حتى 1200 m/min حيث يقوم موجّه الخيط بتوزيع الخيط على كامل طول الكونة ومن خلال التحكم بسرعة دوران الكونة و ضغط الذراع عليها يمكن التحكم بجميع مواصفات الكونة الناتجة فتزداد كثافتها بازدياد سرعة الدوران أو بزيادة ضغط الذراع كما يراعى تخفيض هذا الضغط مع زيادة قطر الكونة للحصول على كتل متساوية في جميع طبقات الخيط.

الفصل الرابع

القسم العملي التطبيقي

Practical Department

تمّ التطبيق العملي في شركة "الديروان" (United Weavers CO.) التي تعمل على إنتاج

خيوط (Poly amid 6) مجمّدة بنمر تتراوح ما بين dtex (40 - 150).

١,٤ آلة التجعيد المستخدمة في شركة "الديروان" (United WeaversCo.) :

من شركة Barmag : (Oerlikon Barmag COOCON)

إنّ شكل الآلة المستخدمة : (V) كما هو موضّح في الشكل (42) : [٨]



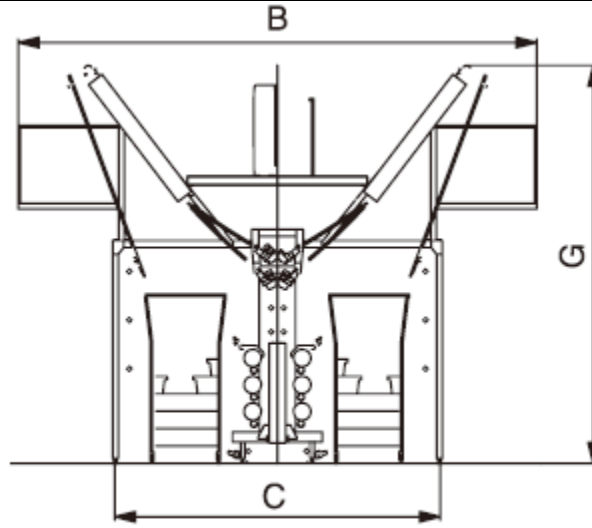
الشكل (42) آلة التجعيد Oerlikon Barmag COOCON ذات الشكل V

المواصفات الفنية لآلة : Bamrag COOCON

الجدول (١١) المواصفات الفنية لآلة Barmag COOCON

		Standard
مجال النمر للخيوط المنتجة	Den	30-200
عدد المقاطع	Up to	10
وحدات التجعيد في كل مقطع	Up to	24
وحدات التجعيد في الآلة		480
وحدات السحب في الآلة		240
السرعة الميكانيكية العظمى	m/min	1200
مقطع الآلة		V
نظام التسخين والتبريد		
السخان العلوي		Dowtherm
طول السخان العلوي	M	2.0
نمط التبريد		Rail
طول المبرد	M	1.10
السخان السفلي		Dowtherm
طول السخان السفلي	M	1.46
نظام التغذية		
Godet	G >	1/1.x/2/2x
Shaft	W >	1/1.x/2/2x
نظام السحب		
نظام السحب		Chamshaft
قطر الكونة الأعظمي	Mm	250
زاوية اللف	(°)	65°- 85°
أبعاد الآلة		
العرض العلوي للآلة (B)	Mm	7494
العرض السفلي للآلة (C)	Mm	4767

الارتفاع الأعظمي (G)	Mm	5720
----------------------	----	------



الشكل (43)

و هكذا نجد :

- أن نوع السخان المستخدم في شركة "الديروان" هو Dowtherm (DT) بطول 2m
- نمط المبرد المستخدم (Plate) ويبلغ طوله 1.10
- نظام السحب و لف الكونات هو Chamshaft وهو نظام تحكم مبرمج حاسوبياً يتم من خلاله التحكم ببارامترات عملية لف الخيوط على الكونات (قوى شد الخيط - زاوية اللف) .

ومن ميزاته : تأمين كونات بوزن مرتفع مع كثافة لف ثابتة.

والتقليل من تقطعات الخيوط أثناء لفها على الكونات نتيجة للتحكم بقوى الشد.

- وحدة التجعيد بأقراص الاحتكاك المستخدمة في الآلة تتمتع بالميزات التالية :

- مرونة عالية لإنتاج مجال واسع من الخيوط تتراوح ما بين (20 - 60) den
- زيادة الحد الأعظمي لعدد الأقراص العاملة التي يمكن تركيبها :
- 10 أقراص بثخانة (mm) 9 أو 13 قرص بثخانة (mm) 6
- انخفاض مستوى الضجيج .
- انخفاض استهلاك الطاقة .

- سهولة التحويل بين اتجاهات البرم S/Z .
- سهولة فك وتركيب الأقراص.

٢,٤ التجارب العملية :

سنقوم بهذا الفصل بدراسة أهم العوامل المؤثرة على خصائص الخيوط المجددة عملياً من خلال التجارب (درجة الحرارة في السخان العلوي - سرعة التجعيد ..) وكذلك تطبيق المعادلة التي توصلنا إليها من خلال برنامج (MATLAB) بناء على الدراسات والأبحاث النظرية التي قامت بها المنظمة الدولية الأوربية لدراسات خيوط التجعيد (UNIFI Textured Yarns LTD)

$$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$$

وذلك من أجل ضبط معدلات الشد المثلى بالتناسب مع النسبة D/Y المطبقة على الآلة أثناء التشغيل والتي نحقق من خلالها أقل ما يمكن من انزلاق للخيوط وأعلى درجة جودة ممكنة للخيوط المنتج.

١,٢,٤ علاقة معدل الشد بالنسبة D/Y:

لتطبيق المعادلة التي توصلنا إليها من خلال شركة "الديروان" حيث كانت شروط التشغيل العملية في الشركة لخيوط POY (بولي أميد 6) كما هي موضحة في الجدول (١٢).

الجدول (١٢) شروط التشغيل العملية في شركة (United Weavers CO.) لإنتاج خيوط (٦) Poly amid مجعد بنمرة 40dtex

50/24	نمرة خيط التغذية poy (dtex/f)
٤٠	نمرة الخيط المنتج المجدد (dtex)
160	درجة حرارة السخان العلوي (°C)
700	سرعة الإنتاجية (m/min)

1.290	معدل السحب
1.75	معدل D/Y
32	قطر قرص الاحتكاك (mm)
22000	السرعة الدورانية العظمى للقرص (rpm)
8	سرعة رول التزبييت (rpm)
80	زاوية اللف ($^{\circ}$)
250	قطر الكونة الناتجة (mm)
1230	الزمن اللازم للف الكونة (min)

ومن أجل شروط التشغيل السابقة تمّ إنتاج خيط DTY بالمواصفات التالية الموضّحة في الجدول (١٣).

الجدول (١٣) خصائص الخيط المجدّد المنتج في شركة (United Weavers CO.)

وفق شروط التشغيل المطبقة وفق الجدول (١٢)

76	ثباتية التجعيدات B%
58	تقلص أو انكماش التجعيدات E%
4.2	المتانة النسبية CN/dtex
26.5	الاستطالة %

ووفق معطيات التشغيل السابقة حيث كان معدل السرعة

$$D/Y = 1.75 \text{ قمنا عندها بقياس معدل الشد خلال وحدة الاحتكاك } (T_2/T_1)$$

T_2 : شد الخيط بعد خروجه من وحدة البرم.

T_1 : شد الخيط قبل دخوله لوحدة البرم.

فكانت النسبة على الشكل التالي : $T_2/T_1 = 0.8$

وبتطبيق المعادلة التي توصلنا إليها من خلال برنامج (MATLAB) :

$$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$$

سنعوض قيمة المعدل D/Y التي يتم العمل بها في الشركة و هو ١,٧٥

ف نجد أنّ معدل الشد المقترح وفق المعادلة السابقة هو : $T_2/T_1 = 0.86$

و من أجل زيادة معدل الشد الفعلي : اقترحنا زيادة معدل السحب من القيمة المطبقة سابقاً

(1.290) إلى معدل وقيمته (1.335) مع المحافظة على قيمة $D/Y = 1.75$

وقمنا بعدها بقياس مواصفات الخيط المنتج بعد إجراء التعديل فكانت القيم كما هي موضحة في

الجدول (14).

الجدول (١٤) مقارنة ما بين مواصفات الخيط المجدد الناتج قبل و بعد تعديل معدل الشد T_2/T_1 المقترح بناء على المعادلة التي توصلنا إليها

مواصفات الخيط المنتج بعد التعديل بمعدل شد $T_2/T_1 = 0.86$	مواصفات الخيط المنتج قبل التعديل بمعدل شد $T_2/T_1 = 0.8$	مواصفات الخيط المنتج
78	76	ثباتية التجعيدات B%
56	58	انكماش التجعيدات E%
4.8	4.2	المتانة النسبية (CN/dtex)
26	26.5	الاستطالة (%)

ومن النتائج السابقة نجد أنّه عندما قمنا بضبط معدل الشد على القيمة ٠,٨٦ المقترحة من قبلنا

و المقابلة لمعدل $D/Y = 1.75$ استطعنا تحسين جودة الخيط المجدد الناتج:

- بزيادة ثباتية تجعيداته بمعدل 2 %

- زيادة متانته النسبية بمعدل 0.6 %
- إنقاص مقدار انكماش التجعيدات بمعدل 2 %

ونجد من النتائج السابقة أنّ مقدار استطالة الخيط قد انخفض بمعدل 0.5% و لكنّ معدل الاستطالة الناتج بقي ضمن حدود الاستطالة المطلوبة لجودة الخيط المجدّد والتي يجب أن تكون (25% >) وفقاً للمواصفات القياسية لشركة Barmag الموجود لدى شركة ديروان.

٢,٢,٤ تأثير سرعة التجعيد على خصائص خيط البولي أميد المجدّد :

إنّ خصائص الخيط الميكانيكية :

(١) المتانة

(٢) الاستطالة عند القطع (وهي الاستطالة المقابلة للقوة القاطعة)

(٣) انكماش التجعد (وهو مؤشر يستخدم لقياس قابلية الخيط للانكماش بعد ازالة الشد الواقع عليه)

(٤) ثباتية التجعيدات (وهي النسبة بين مستويات التجعيد بالخيط المستمر المجدّد قبل و بعض تعرضه لمعالجة ميكانيكية قياسية)

تتعلق بشكل أساسي بسرعة التجعيد و درجة حرارة السّخان الأولي.

اختبارات الشد :

من أجل كل تجربة تمّ أخذ 10 عينات من 10 كونات و طول كل عينة 10(mm)

و تمّت اختبارات قياس المتانة والاستطالة القاطعة من خلال جهاز

Textechno STATIMAT المتوفر لدى شركة "الديروان".

أمّا اختبارات (ثباتية التجعيد - انكماش التجعد) قيست من خلال جهاز

Textechno TERTURMAT المتوفر لدى الشركة.

فمن أجل تشغيل خيط POY (بولي أميد ٦) بنمرة 50 dtex

قمنا بقياس مواصفات الخيط المجدّد الناتج (40 dtex) عند سرعات تجعيد مختلفة

حيث حافظنا على النسبة $D / Y = 1.6$

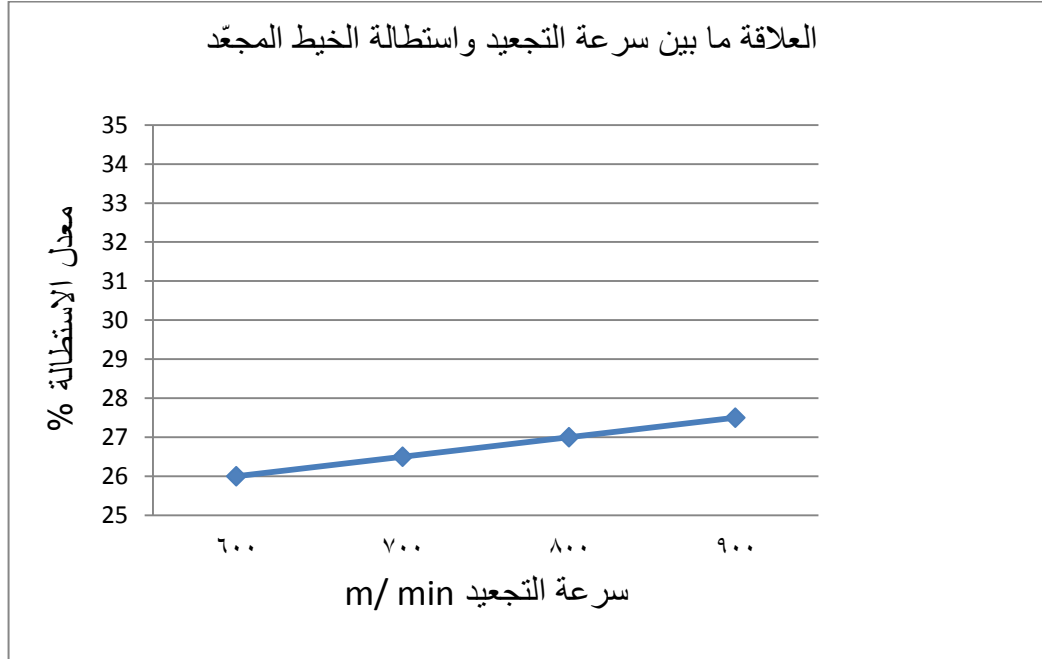
ودرجة حرارة السخان العلوي (190°C)

فحصلنا على المخططات (9 - 8 - 7) التي توضح نتائج التجارب الموضحة في الجدول

(١٥)

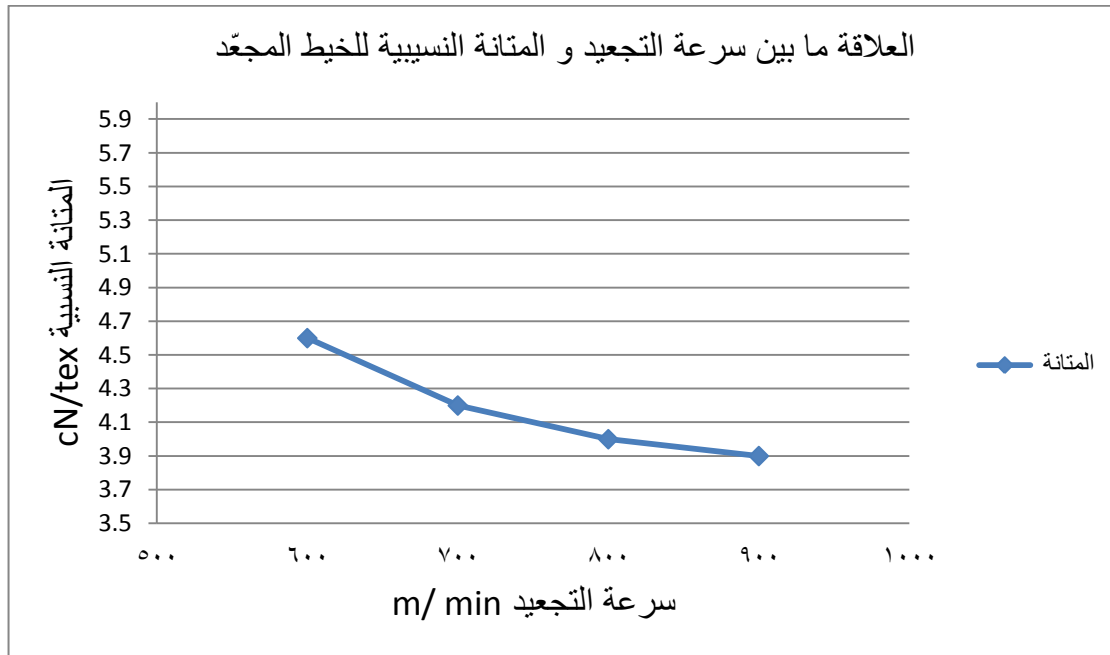
الجدول (١٥) النتائج العملية لقياس مواصفات الخيط المجعد الناتج
بناءً على تطبيق سرع إنتاجية مختلفة

سرعة التجعيد الفعليّة m/min	المتانة النسبية cN/tex	معدل الاستطالة %	انكماش التجعد E%	ثباتية التجعيد B%
600	4.6	26	61	78
700	4.2	26.5	60	76
800	4	27	59	75
900	3.9	27.5	58	74



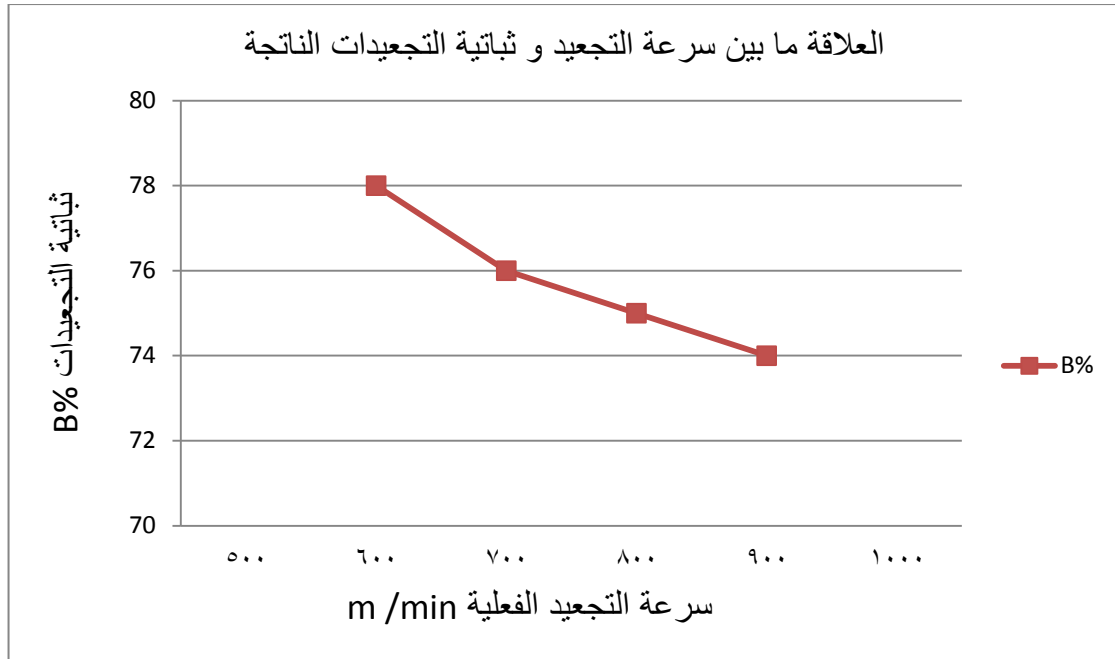
المخطط (7)

من المخطط (٧) نجد أنه عندما كانت سرعة التجعيد الفعلية للآلة (600 m/min) نتج لدينا خيط مجعد معدل استطالته 26% و لكن بازدياد السرعة الفعلية للآلة يتحسن معدل استطالة الخيط ليصبح 27.5% عند سرعة عملية مقدارها 900 m/min و منه نجد أن معدل استطالة الخيط المجعد يتناسب طردياً مع سرعة التجعيد العملية المطبقة على الآلة فيزداد بازديادها.



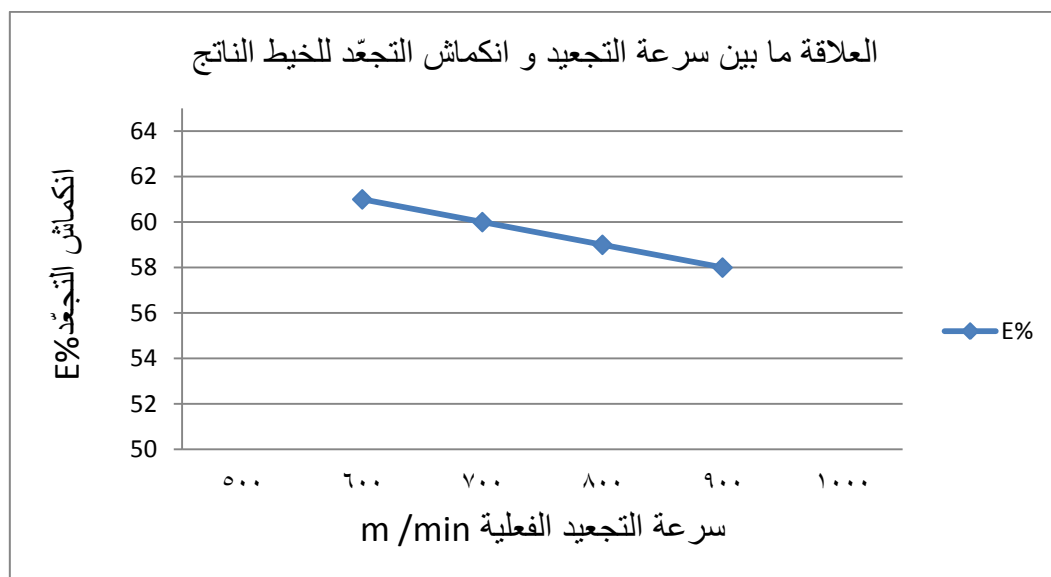
المخطط (8)

نجد من المخطط (٨) أنه عند سرعة تجعيد 600 m/min كانت المتانة النسبية للخيط الناتج (4.6 CN/tex) وكلما ازدادت سرعة الآلة كلما تناقصت المتانة النسبية للخيط المجعد الناتج بحيث تصبح (3.9 CN/tex) عند سرعة تجعيد 900 m/min و على الرغم من تناقص المتانة النسبية للخيط المجعد عند السرعة 900 m/min إلا أنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها تكنولوجياً .



المخطط (9)

من المخطط (٩) نلاحظ أنه بازدياد سرعة التجعيد تتناقص ثباتية التجعيدات للخيط المجعد الناتج فعندما كنت السرعة الفعلية للآلة 600 m/min نتج لدينا خيط مجعد بمعدل ثباتية 78% و عندما ازدادت سرعة التجعيد تتناقص معدل الثباتية ليصبح 74% عند سرعة فعلية مقدارها 900 m/min و بالرغم من تناقص ثباتية التجعيدات إلا أنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها تكنولوجيا والمحددة من قبل الشركة المصنعة .



المخطط (10)

من المخطط (١٠) نجد أنّ انكماش التجعد يتناقص بازدياد سرعة التجعيد العملية وهو مؤشر إيجابي فعند سرعة تجعيد (600 m/min) كان معدل انكماش التجعيدات 61% و بازدياد سرعة الآلة تناقص معدل الانكماش ليصبح 58% عند السرعة (900 m/min) فنجد أنّ التناسب عكسي ما بين سرعة التجعيد ومعدل انكماش التجعيدات للخيط المنتج.

ومنه نجد أنّه ازدياد سرعة التجعيد الفعلية تؤدي إلى:

- ازدياد استطالة الخيط المجعد .
- تناقص متانته و ثباتية التجعيدات .
- تناقص انكماش التجعد .

٣,٢,٤ تأثير درجة حرارة المسخن العلوي على خصائص خيط البولي أميد المجعد.

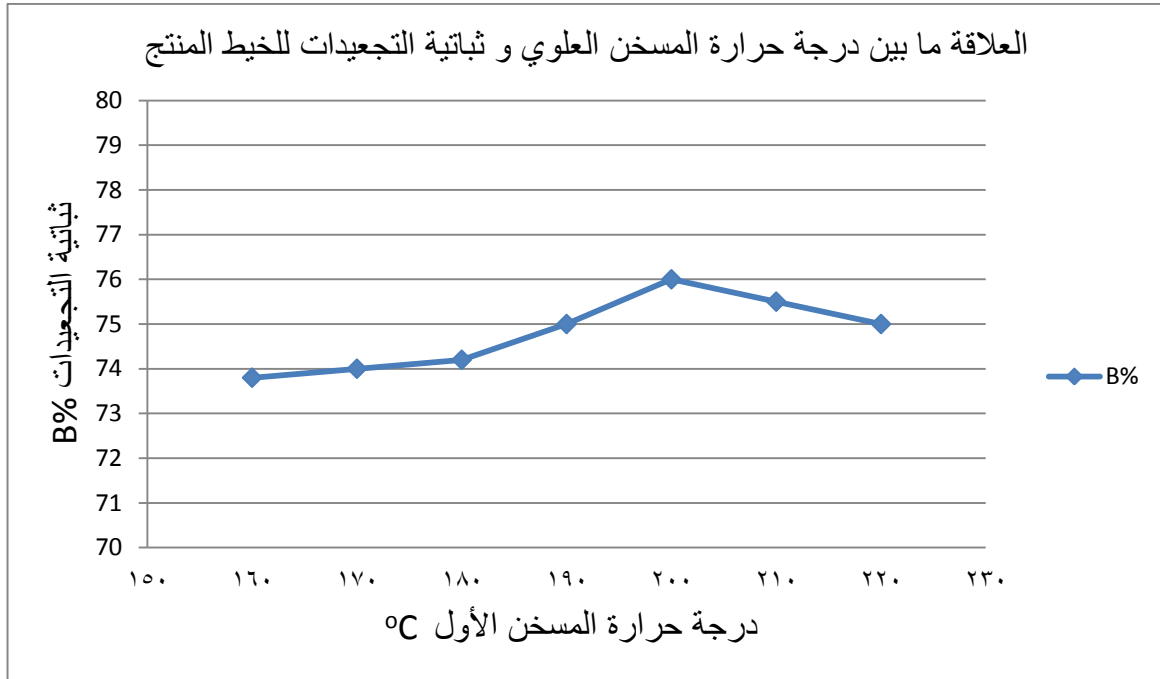
من خلال أخذ قيم مختلفة لدرجة حرارة السخان العلوي تراوحت ما بين $160 - 220$ °C قمنا بقياس متانة و استطالة وخصائص التجعيد لخيط بولي أميد (6) مجعد (40 dtex) من أجل:

- تشغيل خيوط POY (بولي أميد 6) بكثافة خطية $50 \text{ dtex} / 24 \text{ f}$
- سرعة التجعيد الفعلية 700 m/min
- النسبة $D / Y = 1.75$
- معدل السحب 1.290

فكانت النتائج على الشكل التالي الموضحة في الجدول (١٦).

الجدول (١٦) النتائج العملية لقياس مواصفات الخيط المجعد الناتج بناءً على اختلاف درجة حرارة المسخن العلوي

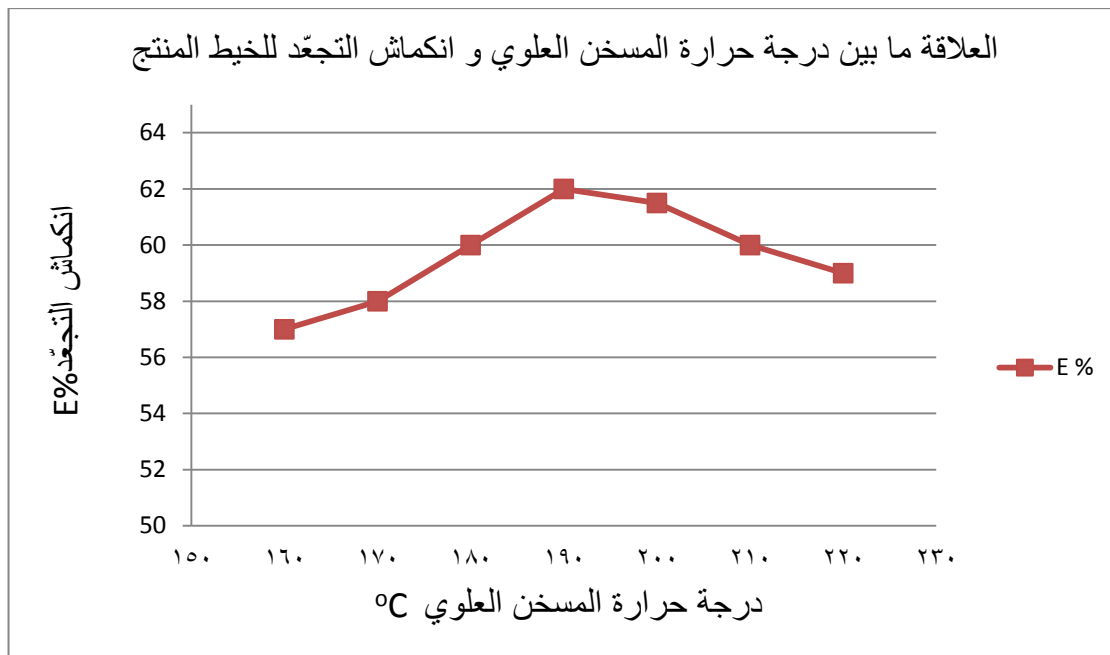
درجة حرارة المسخن العلوي (°C)	ثباتية التجعيد %B	انكماش التجعد E%	المتانة النسبية CN / tex	معدل الاستطالة %
160	73.8	57	3.8	29.5
170	74	58	4	29
180	74.2	60	4.2	28
190	75	62	4.5	27
200	76	61.5	4.6	26.5
210	75.5	60	4.3	26
220	75	59	3.8	25



المخطط (11)

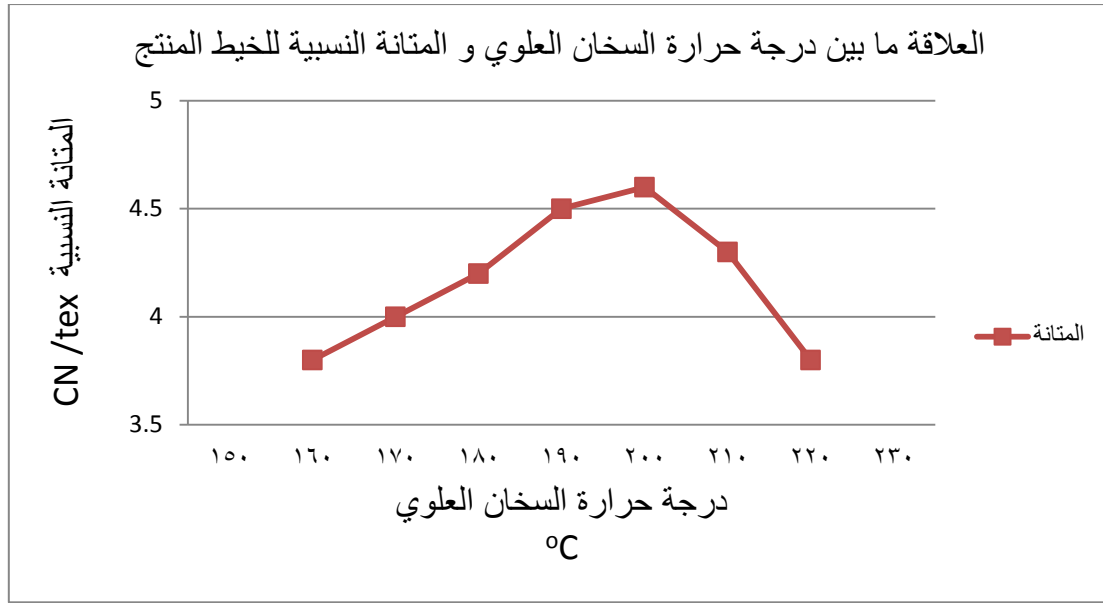
من المخطط (١١) نجد أنه عندما كانت درجة حرارة المسخن العلوي (°C) 160 كان معدل ثباتية التجعيدات للخيط المنتج 73.8% وكلما رفعنا درجة حرارة المسخن العلوي كلما تحسنت ثباتية التجعيدات و ازدادت لتصبح 76% عند درجة حرارة (°C) 200 و كما نلاحظ من

المخطط السابق أنّ درجة الحرارة هذه هي النقطة الحرجة التي يبدأ عندها معدل ثابتية تجعيدات الخيط بالتناقص كلما ازدادت درجة الحرارة عن هذه القيمة.



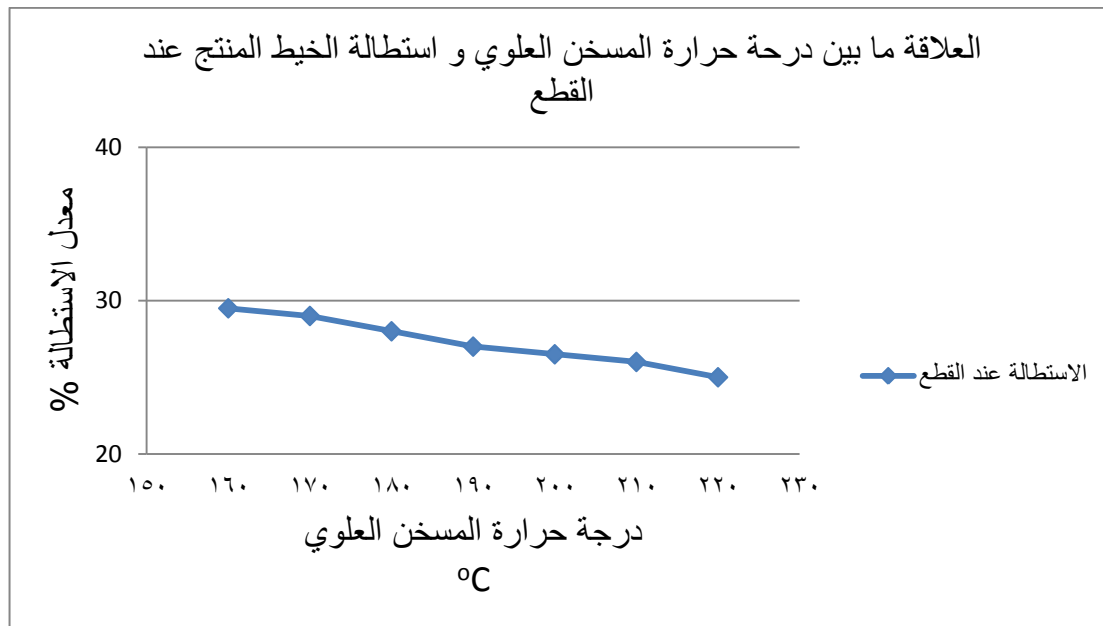
المخطط (12)

من المخطط (١٢) نلاحظ أنّ انكماش التجعد للخيط الناتج يتناسب طردياً مع درجة حرارة المسخن العلوي طالما أنّ درجة الحرارة هذه أقل من 190°C و بعدها نجد أنّ التناسب أصبح عكسياً فكلما ارتفعت درجة الحرارة عن القيمة السابقة كلما تناقص معدل انكماش التجعد للخيط المنتج فنجد أنّه عند درجة حرارة 190°C كان معدل انكماش التجعد للخيط المنتج 62% و عند الدرجة 200°C أصبح معدل انكماش التجعد للخيط المنتج 61.5 %



المخطط (13)

من المخطط (١٣) نجد أنّ المتانة النسبية للخيوط المجدد تزداد بازدياد درجة الحرارة التي يتعرض لها الخيط خلال مروره داخل المسخن العلوي مما يدل على أهمية هذه المرحلة في تحسين متانة الخيط الناتج حيث وجدنا أنّ المتانة النسبية لخيوط البولي أميد ٦ وصلت إلى أعلى قيمة عند درجة حرارة 200°C ثم بدأت بالتناقص بعد هذه الدرجة مما يدل أنّ ازدياد درجة الحرارة التي يتعرض لها الخيط عن قيمة معينة تؤثر سلباً على مواصفات الخيط الناتج .



المخطط (14)

من المخطط (١٤) نجد أنّ رفع درجة حرارة المسخن العلوي تؤدي إلى تناقص معدل استطالة الخيط المجعد الناتج فعند درجة الحرارة 160°C كان معدل الاستطالة للخيط الناتج 29.5 وعند درجة الحرارة 190°C نتج لدينا خيط مجعد بمعدل استطالة أقل مقدارها 27% ولكن هذه القيمة بقيت ضمن الحدود المسموح بها تكنولوجياً وفق المواصفات القياسية للشركة المصنعة.

مناقشة و تفسير النتائج :

إنّ معدل ثباتية التجعيدات و متانة الخيط (كتابع لدرجة حرارة المسخن العلوي) تزداد بازدياد درجة الحرارة حتى تصل إلى 200°C ثم نلاحظ بعدها أنّها تبدأ بالتناقص كلما ارتفعت درجة الحرارة عن 200°C فزيادة درجة حرارة المسخن العلوي فإنّ الحرارة المدخلة إلى الخيط تزداد وهذا ما يسهل من استرخاء الخيط ويحسن من درجة توجّه جزيئاته الكريستالية و بالتالي يصبح أكثر قابلية لتغيير شكله و إدخال التجعيدات المناسبة له . وهكذا نلاحظ أنّه عندما أصبحت درجة حرارة المسخن 200°C تمّ رفع درجة حرارة الخيط للقيمة العظمى التي يصل فيها الخيط لأعلى درجة في تغيير بنيته و تقبله للتجعيدات المدخلة عليه حيث وجدنا أنّه قد وصل لأعلى درجة من المتانة والثباتية في التجعيدات لذلك عند رفع درجة حرارة الخيط لأعلى من هذه الدرجة $210-220^{\circ}\text{C}$ نجد أنّ التأثير أصبح بشكل عكسي و تناقصت متانة الخيط المجعد مباشرة و منه نجد أنّ المتانة النسبية للخيط المجعد و معدل ثباتية التجعيدات تزداد بازدياد درجة الحرارة طالما أنّ هذه الدرجة تعمل على تحسين اتجاه وانتظامية البلورات الكريستالية للخيط . وبما أنّ درجة الحرارة الحرجة هي 200°C لذا تعتبر درجة الحرارة المثلى التي نحصل فيها على أفضل النتائج لإنتاج خيط بولي أميد 6 مجعد (dtex) 40 هي $195 \pm 5^{\circ}\text{C}$

و هكذا استطعنا من خلال التجارب العملية السابقة أن نتوصل لكل مما يلي :

- درجة الحرارة المثلى لإنتاج خيط بولي أميد 6 مجعد بأعلى درجة من الجودة من حيث ثباتية التجعيدات و المتانة النسبية هي $190 \pm 5^{\circ}\text{C}$

- سرعة التجعيد الفعلية العظمى للآلة المستخدمة في شركة United Weavers CO. التي يمكن من خلالها الحصول على خيط مجعد ضمن المواصفات القياسية للشركة المصنعة هي 900 m/min

- معدل الشد الأمثل الذي نحصل من خلاله على خيط مجعد بأعلى درجة من الجودة عند تطبيق معدل D/Y مقداره $(D/Y = 1.75)$ هو $T_2/T_1 = 0.86$

٤,٢,٤ دراسة إنتاجية الآلة باستخدام مسخنات من نوع (HTI):

نظراً لأهمية درجة الحرارة التي يكتسبها الخيط من السخان العلوي و التي تؤثر بشكل كبير على متانة الخيط المجعد الناتج و ثباتية تجعيده .

وحيث أنّ نوع السخانات المستخدمة في شركة "الديروان" هي سخانات من نوع Dowtherm (بطول 2m ودرجة حرارة عظمى تصل إلى 230°C)

فإنّ السرعة الفعلية العظمى التي تشغل فيها عملياً الآلة في شركة "الديروان" باستخدام هذا النوع من السخانات لا تتجاوز 900m/min

فإذا قمنا باستخدام السخانات من نوع HTI (بطول 1m - درجة حرارة عظمى 600°C) يمكن أن تصل السرعة الفعلية العظمى للآلة حتى 1100 m/min لإنتاج الجودة نفسها من الخيوط مع الأخذ بعين الاعتبار اقتراحنا تعديل النسبتين D/Y و T_2/T_1 وفق النتائج التي توصلنا إليها في دراستنا.

ومن أجل حساب الإنتاجية بمردود 100% حيث أنّ :

عدد المغازل الكلي : 480 مغزل

شروط التشغيل لإنتاج خيط بولي أميد 38 dtex

نمرة POY : 50 dtex

معدل السحب 1.290

نطبق معادلة الإنتاجية التالية من أجل كل من سرعتين السابقتين فنجد :

إنتاجية الآلة العظمى (Kg /h) بمردود 100% =

$$\frac{60 * \text{سرعة سيلندر التغذية} * \text{نمرة } POY (dtex) * \text{عدد المغازل}}{1000 * 10000} + \% \text{نسبة تحميل الزيت على الخيط}$$

حيث أن :

$$\text{سرعة سيلندر التغذية} = \frac{\text{سرعة السيلندر المركزي}}{\text{معدل السحب}}$$

الحالة الاولى: باستخدام سخان (DT)

$$\text{سرعة سيلندر التغذية الأعظمي} = \frac{900}{1.290} = 698 \text{ m/min}$$

$$\text{الإنتاجية العظمى للآلة} = 0.01 + \frac{480 * 698 * 60 * 50}{1000 * 10000} = 100 \text{ Kg/h}$$

الحالة الثانية : في حال استخدام السخان (HTI)

$$\text{سرعة سيلندر التغذية الأعظمي} = \frac{1100}{1.290} = 853 \text{ m/min}$$

$$\text{الإنتاجية العظمى للآلة} = 0.01 + \frac{480 * 853 * 60 * 50}{1000 * 10000} = 123 \text{ Kg/h}$$

ومنه نجد أن الإنتاجية الفعلية العظمى للآلة زادت بمقدار 23% باستخدام سخان (HTI)

الفصل الخامس

النتائج و التوصيات

Conclusion And Future Recommendation

١,٥ النتائج العلمية والعملية

إنّ أهم النتائج العلمية التي تمّ التوصل إليها من خلال الدراسة النظرية و العملية كانت على الشكل التالي:

(١) تعتبر درجة حرارة المسخن العلوي من أهم البارامترات المؤثرة على جودة و ثباتية تجعيدات الخيط المنتج حيث إنّ ازدياد درجة حرارة المسخن العلوي تؤدي إلى زيادة متانة و ثباتية تجعيدات الخيط المنتج كما تؤدي إلى انخفاض استطالته ولكن ضمن الحدود المسموح بها تكنولوجياً.

(٢) درجة الحرارة المثلى في المسخن العلوي لإنتاج خيط بولي أميد ٦ مجعد بنمرة 40 dtex هي 190 ± 5 °C والتي من خلالها نحصل على أعلى درجة من المتانة والثباتية للتجعيدات في الخيط المجعد الناتج.

(٣) إنّ استخدام مسخّنات قصيرة الطول وعالية الحرارة من نوع (HTI) تؤدي إلى تحسين جودة الخيط المجعد بزيادة ثباتية تجعيداته بمعدل 15% بالإضافة إلى زيادة معدل إنتاجية الآلة بنسبة 23% و بالتالي زيادة الاقتصاد بالطاقة المستهلكة.

(٤) معدل الشد الأمثل T_2/T_1 الذي يتعرض له الخيط خلال وحدة الاحتكاك والذي من خلاله يكون انزلاق الخيط أقل ما يمكن يجب أن يتراوح ما بين (٠,٨-١) وهذا يتوافق مع نسب D/Y تتراوح ما بين (١,٦٢ - ١,٨١) وذلك من أجل إنتاج خيوط مجعدة عالية الجودة .

(٥) تمّ وضع المعادلة الرياضية التالية من أجل ضبط معدلات الشد المثلى بالتناسب مع ارتفاع نسب D/Y المطبقة على الآلة وذلك للحصول على خيوط مجعدة بأفضل جودة ممكنة من حيث متانة الخيط المنتج و ثباتية تجعيداته:

$$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$$

٦) الزاوية التي يصنعها الخيط مع أقراص الاحتكاك ترتبط بشكل مباشر ببارامترات أقراص الاحتكاك و كيفية توضع هذه الأقراص وفق المعادلة التالية :

$$\sigma = 2\pi \left(\frac{D_{disk}}{2} - \frac{A}{\sqrt{3}} \right) : \alpha = \frac{(nTh+nb)}{2\pi\sigma}$$

٧) تعتبر عملية تسخين الخيط بعد خروجه من وحدة الاحتكاك ضرورية جداً عند تشغيل خيوط البولي استر وذلك لتقليل درجة انكماش الخيط المجعد الناتج و كلما ازدادت درجة حرارة المسخن السفلي كلما تناقص معدل انكماش الخيط المجعد الناتج.

٨) يفضل استخدام آلات تجعيد ذات الشكل (V) لأنها تناسب السرعات الإنتاجية العالية وتقلل من قوى الاحتكاك التي يتعرض لها الخيط أثناء سير العملية التكنولوجية مما يقلل من قوى الشد التي يتعرض لها الخيط أثناء تجعيده .

٩) إنَّ زيادة معدل السحب المطبق على الخيط ما بين سيلندر التغذية (Input Shaft) و السيلندر المركزي (Central Shaft) (أثناء تجعيده بأقراص الاحتكاك) تزيد من متانة الخيط النسبية و تقلل من استطالته و كثافته الخطية .

١٠) عند إنتاج الخيوط المجعدة هوائياً فإنَّ ترطيب الخيط قبل دخوله إلى فالة التجعد يزيد من إنتاجية الآلة بمعدل (١٥٠ - ٤٥٠) m/min و معدل الترطيب الأمثل يجب أن يتراوح ما بين ٠,٥ - ٢,٥ l/hr للفونية الواحدة .

١١) لزيادة ثباتية الحلقات المتشكلة على سطح الخيط المجعد هوائياً نقوم بإضافة عملية سحب ما بين فالة التجعيد الهوائي ومرحلة التسخين الثاني بحيث تكون سرعة سيلندرات التوريد أعلى بمعدل % (2-3) من سرعة السيلندرات الواقعة بعد فالة التجعيد مباشرة .

١٢) زيادة ثباتية الحلقات المتشكلة على سطح الخيط المجعد هوائياً تتناسب عكساً مع نصف قطر الشعيرات المكونة للخيوط و طردياً مع الطول الفاصل ما بين الحلقات.

١٣) لا تمتلك الخيوط المجدّدة هوائياً (ATY) مطاطية عالية مقارنة مع الخيوط المجدّدة وفق نظام البرم الكاذب (FTY) وكلما ازداد معدل تغذية الخيوط أثناء تجعيدها بفالة الهواء كلما تناقصت مطاطية الخيط المنتج وازدادت كثافته الخطية.

14) يعطى تابع النمرة المستخدم في حساب النمرة النهائية لخيوط (Core - Effect) المنتجة وفق نظام التجعيد الهوائي بالعلاقة التالية [١]:

$$R = (C * N_c * V_{fc}) + (E * N_e * V_{fe})$$

٢,٥ التوصيات والمقترحات

أولاً:

نوصي الشركات المختصة بإتباع المعادلة التالية من أجل ضبط معدلات الشد T_2/T_1 بالشكل الأمثل من خلال وحدة الاحتكاك بالتناسب مع معدل D/Y المطبق أثناء العملية التكنولوجية والتي تم وضعها من خلال برنامج (MATLAB) وذلك بناء على قيم أخذت من أبحاث ودراسات تابعة للمنظمة الدولية الأوربية لدراسات خيوط التجعيد (UNIFI textured yarns Ltd)

$$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$$

والذي يؤدي بدوره إلى :

❖ زيادة ثباتية التجعيدات للخيوط المجعد الناتج .

❖ زيادة متانة الخيط النسبية .

❖ تناقص انكماش التجعد.

ثانياً :

نقترح المجالات التالية لمعدلات السرعة و معدلات الشد المثلى والتي من أجلها نحقق :

⊙ أقل ما يمكن من انزلاق للخيوط أثناء مروره في وحدة الاحتكاك.

⊙ و أعلى درجة من الجودة للخيوط المجعد الناتج .

$$1.62 < D/Y < 1.81$$

$$0.8 < T_2/T_1 < 1$$

ثالثاً :

نظراً لأهمية درجة الحرارة التي يتعرض لها الخيط في المراحل الأولى من تجعيده في تحقيق الجودة المناسبة له من حيث متانته و ثباتية تجعيداته ونظراً لأنّ المسخّنات المستخدمة في

شركة (United Weavers CO.) هي مسخنات من نوع Dowtherm وهي مسخنات طويلة (2m) و تعمل بدرجات حرارة منخفضة نسبياً فلها قدرة محدودة على نقل الحرارة لداخل الخيط المُغذّى بشكل كامل و لا تناسب إنتاج الخيوط المجددة بالسرعات العالية لذا ننصح شركة (United Weavers CO.) باستخدام مسخنات قصيرة الطول و عالية الحرارة من نوع (HTI) وهذه المسخنات ذات طول 1m وتتوافق مع مبردات بطول 0.7 m (أقصر من المبردات المستخدمة حالياً) و حسب الجدول (17) الذي يوضح لنا مقارنة ما بين نوعي المسخنين السابقين وبناء على دراستنا لإنتاجية الآلة الفعلية عند استخدامنا المسخنات من نوع (HTI)

نجد أنه باستخدامنا المسخن (HTI) حققنا الفوائد التالية :

- تحسين جودة الخيط بزيادة ثباتية التجعيد بمعدل 15% مع الأخذ بعين الاعتبار اقتراحنا في تعديل النسبتين D/Y و T_2/T_1 وفق النتائج التي توصلنا إليها في دراستنا.
- الاقتصاد بالطاقة المستهلكة بمعدل 5 %
- التوصل لسرع إنتاجية عالية تصل حتى 1100 m/min في حين أنّ السرعة الفعلية العظمى المشغلة في شركة "الديراون" لا تتجاوز 900 m/min و بالتالي نجد أنّ إنتاجية الآلة ستزداد بمعدل 23%

الجدول (١٧) الفوائد المحققة باستخدام السخان من نوع HTI

أنواع الخيوط المنتجة	أنواع الخيوط الصناعية المستخدمة	درجة جودة معالجة الخيط	درجة الاقتصاد بالطاقة المستهلكة	طول السخان (m)	نمط السخان
جميع أنواع الخيوط المجّدة	PET -PP PTT	++	++	1	HTI
الخيوط المتوسطة الجودة	PET -PP PA- PTT	0	0	2	DTH

رابعاً :

لتقليل انزلاق الخيط مع سطح قرص الاحتكاك نقوم بتصغير الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص و ذلك بأحد الطرق التالية :

● تقليل عدد أقراص الاحتكاك المستخدمة .

● نستخدم أقراص بقطر أكبر .

● نقوم بتقليل المسافات المحورية الفاصلة ما بين الاقراص .

وذلك بناء على المعادلة التالية التي تحدد لنا الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص:

حيث أنّ :

σ : ثابت تناسبي يتعلق بقيمة A و D_{disk}

$$\sigma = 2\pi \left(\frac{D_{\text{disk}}}{2} - \frac{A}{\sqrt{3}} \right)$$

Th : ثخانة قرص الاحتكاك .

b : القطر الداخلي للقرص.

A : الفراغ المحوري ما بين الأقراص.

D_{disk} : قطر القرص .

n: عدد أقراص الاحتكاك العاملة .

الخاتمة:

و هكذا استطعنا من خلال هذا البحث من القيام بدراسة نظرية تحليلية لأهم العوامل المؤثرة على ثباتية الحلقات المتشكلة على سطح الخيط المجدد هوائياً.

كما استطعنا من خلال الدراسات النظرية و العملية لتقنية إنتاج الخيوط المجددة وفق نظام البرم الكاذب بأقراص الاحتكاك تحديد أهم العوامل المؤثرة على ثباتية تجعيدات الخيط المنتج فقمنا بدراسة عملية لتأثير تغير درجات الحرارة التي يتعرض لها الخيط خلال تجعيده على خصائصه الميكانيكية وإيجاد درجة الحرارة المثلى بالنسبة لخيوط البولي أميد ٦ كما توصلنا إلى كيفية الضبط الأمثل لمعدلات الشد التي يتعرض لها الخيط خلال وحدة الاحتكاك بما يتناسب مع معدلات السرعة المطبقة على الآلة من خلال وضع معادلة رياضية رابطة ما بين معدل الشد T_2 / T_1 و المعدل D/Y بحيث نحقق من خلالها أعلى درجة من الجودة المطلوبة للخيوط المنتجة من حيث المتانة و ثباتية التجعيدات .

ومما سبق نجد أنّ نجاح عملية تجعيد الخيوط في تحقيق الجودة المطلوبة للخيوط المنتجة مرتبط بشكل كبير بكيفية الضبط الصحيح لبارامترات العملية التكنولوجية و بشكل خاص فيما يتعلق بدرجات الحرارة و معدلات الشد المؤثرة على الخيط خلال تجعيده .

الرموز المستخدمة في البحث

الرمز	دلالة الرمز	الواحدة
T_2/T_1	معدل شد الخيط خلال وحدة الاحتكاك	–
T_1	قوة شد الخيط قبل دخوله لوحدة الاحتكاك	(g)
T_2	قوة شد الخيط بعد خروجه من وحدة الاحتكاك	(g)
D/Y	نسبة السرعة المحيطية لقرص الاحتكاك على السرعة الخطية للخيط	–
D, V_c	السرعة المحيطية لقرص الاحتكاك	(m/min)
Y, V_y	السرعة الخطية للخيط	(m/min)
α	الزاوية التي يصنعها الخيط مع سطح القرص	(°)
S	عامل انزلاق الخيط ما بين أقراص الاحتكاك	–
n	عدد الأقراص	قرص
Th	ثخانة قرص الاحتكاك	(mm)
D_{yam}	قطر الخيط	(cm)
D_{disk}	قطر قرص الاحتكاك	(cm)
b	القطر الداخلي لقرص الاحتكاك	(mm)
A	الفراغ المحوري ما بين أقراص الاحتكاك	(mm)
σ	ثابت تناسبي يتعلق بقطر القرص و الفراغ المحوري ما بين الأقراص	(mm)

K	معدل ثباتية التجميعات	%
B	معدل انكماش التجمع	%
R	النمرة النهائية للخيط المجمع هوائياً	dtex
C	نمرة خيط القلب	dtex
E	نمرة خيط التأثير	dtex
N _c	عدد النهايات في خيط القلب (Core)	خيط
V _{fc}	معدل تغذية خيط القلب	%
V _{lc}	سرعة دخول خيط القلب إلى فالة التجميع الهوائي	(m/min)
N _e	عدد النهايات في خيط التأثير (Effect)	خيط
V _{le}	سرعة دخول خيط التأثير إلى فالة التجميع الهوائي	(m/min)
V _{fe}	معدل تغذية خيط التأثير	%
V ₂	سرعة خروج الخيط المجمع من فالة التجميع الهوائي	(m/min)
V ₁	سرعة دخول الخيط إلى فالة التجميع الهوائي	(m/min)
SF	معامل انزلاق الليف ما بين الحلقات	–
T	معامل يتعلق بانحناء الليف	–
μ	معامل احتكاك الليف مع الألياف المجاورة له	–
r	نصف قطر الليف	(mm)
L	الطول الفاصل ما بين الحلقات	(mm)

فهرس الأشكال

الشكل	الصفحة
الشكل (١) الخيط المجعد (Textured Yarn)	٥
الشكل (٢) الطريقة الغير مستمرة في تجعيد خيوط LOY	٧
الشكل (٣) الطريقة المستمرة في تجعيد خيوط POY	٨
الشكل (٤) حجرة الضغط الميكانيكي.	١٢
الشكل (٥) التجعيد بتكوين و فك غرز التريكو .	١٢
الشكل (٦) تجعيد الخيوط بالطرف الحاد .	١٣
الشكل (٧) تجعيد الخيوط وفق نظام المسننات .	١٤
الشكل (٨) مراحل إنتاج الخيوط بالبرم الكاذب.	١٥
الشكل (٩) المحور الدوار المستخدم بنظام البرم الكاذب.	١٦
الشكل (١٠) توضع أقراص الاحتكاك وفق محاور الدوران الثلاث.	١٦
الشكل (١١) زاوية تصالب السيور لإعطاء البرمات الكاذبة .	١٧
الشكل (١٢) فالة التجعيد الهوائي.	١٨
الشكل (١٣) مطاطية الخيط المجعد الناتج تبعاً لطريقة التجعيد المستخدمة .	٢٠
الشكل (١٤) وحدة الاحتكاك (Friction Disks).	٢٣
الشكل (١٥) نسبة محيط قرص الاحتكاك إلى محيط الخيط .	٢٣
الشكل (١٦) مرور الخيط ما بين سيلندر التغذية و السيلندر المركزي .	٢٥
الشكل (١٧) , (18) زاوية الخيط بالنسبة لقرص الاحتكاك .	٣٧,38
الشكل (١٩) البارامترات الأساسية لقرص الاحتكاك .	٣٩
الشكل (٢٠) النسبة (D/Y) و قوى الشد المؤثرة على الخيط.	٤١
الشكل (٢١) قوى الشد المؤثرة على الخيط خلال مروره بوحدة الاحتكاك .	٤٢
الشكل (٢٢) الشكل الجانبي لآلة التجعيد ذات الشكل M	٤٧

٤٨	الشكل (٢٣) الشكل الجانبي لآلة التجعيد ذات الشكل V
٥٠, 51	الشكل (٢٤), (٢٥) مراحل التجعيد الهوائي للخيوط ذات التركيب السيللوزي.
51	الشكل (٢٦) مراحل التجعيد الهوائي للخيوط التركيبية .
53	الشكل (٢٧) مرور الخيط خلال فالة التجعيد الهوائي .
55	الشكل (٢٨) مراحل إنتاج الخيوط المتوازية (Parallel)
56	الشكل (٢٩) مراحل إنتاج خيوط القلب و الوبرة (Core - Effect)
57	الشكل (٣٠) معدل تغذية كل من خيط القلب و خيط الوبرة .
59	الشكل (٣١) فالة التجعيد الهوائي Axial Jet
59	الشكل (٣٢) فالة التجعيد الهوائي Radial Jet
60	الشكل (٣٣) إضافة عملية سحب ما بين فالة التجعيد الهوائي و المسخن الثاني .
61	الشكل (٣٤) تشكل الحلقات على سطح الخيط المجعد هوائياً.
61	الشكل (٣٥) كيفية تشابك الألياف بزوايا معينة.
62	الشكل (٣٦) كيفية توزيع قوى الشد على الخيط المجعد هوائياً.
62	الشكل (٣٧) ازدياد قوى الشد على طول الليف ما بين الحلقات .
63	الشكل (٣٨) كيفية انزلاق الليف ما بين الحلقات أثناء تعرضه لقوى الشد.
64	الشكل (39) معامل الانزلاق SF
65	الشكل (40) اختلاف استطالة الخيط المجعد هوائياً تبعاً لمعدلات التغذية .
66	الشكل (41) آلة التجعيد الهوائي SSM ذات النموذج DP2 – T.
68,70	الشكل (42), (43) آلة التجعيد Oerlikon Barmag COOCON ذات الشكل V

فهرس الجداول

الصفحة	الجدول
6	الجدول (١) تصنيف الخيوط المستمرة حسب سرعة الغزل.
10	الجدول (٢) مقارنة ما بين خصائص خيوط ATY و خيوط FTY .
19	الجدول (٣) الطرق المستخدمة في تجعيد الخيوط وأشكال الخيط الناتج عنها.
26	الجدول (٤) اختلاف الكثافة الخطية للخيط المجدد حسب معدلات السحب المطبقة.
٢٧	الجدول (٥) قيم المتانة و الاستطالة للخيط المجدد تبعاً لمعدلات السحب المطبقة.
٣١	الجدول (٦) مقارنة ما بين المسخين (HTI – DTH)
٣٤	الجدول (٧) قيم معدل انكماش خيط البولي استر تبعاً لدرجة حرارة المسخن الثاني.
٤٠	الجدول (٨) مواصفات أقراص الاحتكاك الأكثر تواجداً في الأسواق.
٤٣	الجدول (٩) القيم المثلى لمعدلات الشد T_2/T_1 بالتناسب مع معدلات D/Y المطبقة .
٤٩	الجدول (١٠) مقارنة ما بين قوى الشد المطبقة على الخيط في كل من آليتي التجعيد (الآلة ذات الشكل V و الآلة ذات الشكل M)
٦٩	الجدول (١١) المواصفات الفنية لآلة Barmag COOCON
٧١	الجدول (١٢) شروط التشغيل العملية في شركة (United Weavers CO.) لإنتاج خيط (٦) Poly amid مجدد بنمرة 40 dtex.
٧٢	الجدول (١٣) خصائص الخيط المجدد المنتج في شركة (United Weavers CO.) وفق شروط التشغيل المطبقة وفق الجدول (١٢).
٧٣	الجدول (١٤) مقارنة ما بين مواصفات الخيط المجدد الناتج قبل و بعد تعديل معدل الشد T_2/T_1 بناء على المعادلة التي توصلنا إليها
	$T_2/T_1 = - 0.90909(D/Y)^3 + 6.139 (D/Y)^2 - 14.104 (D/Y) + 11.613$
٧٥	الجدول (١٥) النتائج العملية لقياس مواصفات الخيط المجدد الناتج بناءً على تطبيق سرع إنتاجية مختلفة.
٧٩	الجدول (١٦) النتائج العملية لقياس مواصفات الخيط المجدد الناتج بناءً على اختلاف درجة حرارة المسخن العلوي.

فهرس المخططات

المخطط	الصفحة
المخطط (١) العلاقة ما بين معدل السحب و الكثافة الخطية للخيط المجعد الناتج.	٢٦
المخطط (٢) العلاقة ما بين معدل السحب و المتانة النسبية للخيط المجعد الناتج.	٢٧
المخطط (٣) العلاقة ما بين معدل السحب و استطالة الخيط المجعد الناتج.	٢٨
المخطط (٤) العلاقة ما بين درجة حرارة المسخن الثاني و معدل انكماش الخيط .	٣٥
المخطط (٥) العلاقة ما بين معدل D/Y ومعدل الشد T_2/T_1	٤٤
المخطط (٧) العلاقة ما بين سرعة التجعيد الفعلية و معدل استطالة الخيط المجعد.	٧٥
المخطط (٨) العلاقة ما بين سرعة التجعيد الفعلية و المتانة النسبية للخيط المجعد .	٧٦
المخطط (٩) العلاقة ما بين سرعة التجعيد الفعلية و ثباتية التجعيدات الناتجة .	٧٧
المخطط (١٠) العلاقة ما بين سرعة التجعيد الفعلية و معدل انكماش التجعد.	٧٧
المخطط (١١) العلاقة ما بين درجة حرارة المسخن العلوي ومعدل ثباتية التجعيدات .	٧٩
المخطط (١٢) العلاقة ما بين درجة حرارة المسخن العلوي و انكماش التجعد للخيط المنتج .	٨٠
المخطط (١٣) العلاقة ما بين درجة حرارة المسخن العلوي والمتانة النسبية للخيط المنتج .	٨١
المخطط (١٤) العلاقة ما بين درجة حرارة المسخن العلوي و استطالة الخيط المنتج عند القطع	٨١

مصطلحات البحث

خيوط مجعدة بالحرف الحاد	Agilon
خيوط مجعدة بصندوق التجعيد	Ban-Lon
خيوط مجعدة هوائياً (بطريقة تاسلان)	Taslan
خيوط ذات توجيه جزئي للجزئيات	POY
خيوط ذات توجيه منخفض للجزئيات	LOY
خيوط ذات توجيه متوسط للجزئيات	MOY
خيوط ذات توجيه عالي للجزئيات	HOY
خيوط تامة التوجيه	FOY
البرم بالسيور المتصالبة	Nip Twister
التجعيد بالمحور الدوار	Pin Texturing
خيوط مثبتة حرارياً	Set Yarns
خيوط عالية المطاطية	Stretch Yarns
خيوط مسحوبة بشكل كامل	FDY (Fully Drawn yarn)
خيوط مسحوبة و مجعدة	DTY (Drawn Textured Yarn)
خيوط مجعدة هوائياً	ATY (Air Textured Yarn)
خيوط مجعدة بالبرم الكاذب	FTY (False Twist Yarn)
حجرة الضغط الميكانيكي	Stuffer – Box

المراجع

الكتب (Books):

- [١] J W S Hearle, L Hollick and D K Wilson ,(2001) "*Yarn texturing technology*", 6th . Boca Raton Boston New York Washington CRC Press.
- [٢] C. Atkinson,(٢٠١٢) , "*False twist textured yarns: Principles, processing and application* ",1th.
Cambridge, UK : Woodhead Publishing Limited
- [٣] Franz Fourné ,(1999) "*Synthetic Fibers: Machines and Equipment, Manufacture, Properties*", 8th .
Munchen ,Germany: Hanser /Gardner Publications ,Inc.
- [٤] Cesare Andreoli Fabrizio Freti,(2004) "*Man-Made Fibres: Reference Books Of Textile Technology*", 5th.
Ente Morale, Italy: ACIMIT.
- [٥] Peter R. Lord ,(2003) "*Handbook of yarn production :Technology, science and economics* ",6 th.
Cambridge, UK : Woodhead Publishing in association with the Textile Institute.
- [٦] Loughborough University of Technology . Dept. of Mechanical Engineering , Heberlein (Firm), (1989)
"*Air-Jet Texturing mingling/interlacing* ",12 th.
UK: Loughborough University of Technology. Dept. of Mechanical Engineering

مواقع على الانترنت (Websites) :

- [٧] <http://www.polyspintex.com/ups/text01.htm>
- [٨] <http://www.oerlikontextille.com>
- [٩] <http://www.libolon.com/nylon-textured-yarn-1.html>
- [١٠] <http://www.ssm.ch>

برنامج حاسوبي (Computer Program) :

- [١١] MathWorks, "*MATLAB*" , version 7.2 , Release 2006a,

