المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية

السنة الثالثة

هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقانلتها

منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية

الدكتور المهندس
طـــــاهر رجـــب قـــــدار
الأستاذ في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

جامعة دمشق
1444- 1445 هـ
2022 – 2023 م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

فهرس المحتـويات Table of Content	الصفحة
مقدمـة Introduction	9
الفصل الأول: اتجاهات الإنتاج والبنية الجزيئية للألياف النسيجية	11
1-1-اتجاهات الإنتاج والاستهلاك العالمي للمواد الأولية النسيجية	13
1-2-اتجاهات الإنتاج والاستهلاك للمواد الأولية النسيجية في سورية	17
1-3- البنية الجزيئية الضخمة للألياف النسيجية The Macromolecular Structure of Textile Fibres	18
1-3-1-حالة الألياف، حالة خاصة للجسم الصلب Fiber case- special case for steel body	19
1-3-2-تعريف وتصنيف المواد ذات الجزيء الضخم Definition and classification of macromolecular substances	21
1-3-3-تصنيف الألياف النسيجية Classification of textile fibers	22
1-3-4-التطويرات التكنولوجية الحديثة في مجال الألياف الصنعية	26
الفصل الثاني: خصائص المركبات ضخمة الجزيء المكوّنة للألياف النسيجية	29
2-1- كتلة جزيئية عالية High molecular mass	31
2-2- الطول Long	31
2-3- خطية السلاسل البوليميريةlinearity of polymer chain	31
2-4- قادرة على التوجيه Capable of orientation	31
2-5- مرونة السلاسل البوليمر Flexibility of polymer chain	31
2-6- القوى الجزيئية: Intermolecular forces	32
2-7-التبلور Crystallinity	32
2-8-القدرة على تشكيل نظام بوليمري ذي نقطة انصهار عالية (درجة التلين)	32
2-9- مقاومة المواد الكيميائية Resistant to chemicals	32
2-10- القابلية لعملية الصباغة Dyeability	33
2-11-امتصاص الرطوبة (Moisture absorption (Hydrophilic	33

2-12- خواص الألياف وعلاقتها بالمظهر	34
2-13-الطرق الرئيسية لعمليات غزل الألياف الصنعية	34
2-14-الألياف المستمرة والألياف القصيرة Microfilaments and a microfibers	38
2-15-معالجة الألياف المستمرة Processing Microfilaments	40
2-16- الخيوط yarns	40
الفصل الثالث: الألياف الصنعية التحويلية Regenerated Fibers	43
3-1-الألياف التحويلية ذات أساس نباتي سللوزية Regenerated cellulosic fibers	44
3-1-1-تكنولوجيا إنتاج ألياف الحرير الصناعيviscose rayon	45
3-1-2-تكنولوجيا إنتاج الخيوط التقنية من الفسكوز – الكورد Cord	51
3-1-3-تكنولوجيا إنتاج الألياف القصيرة من الفسكوز Rayon Viscose	51
3-1-4-تكنولوجيا إنتاج ألياف رايون النحاسي النوشادري Cuprammonium fibers	52
3-1-5-ألياف السللوز المعدلة Modified Cellulose Fibers	55
3-1-5-1-ألياف رايون الأسيتيت Acetate rayon Fibers	55
3-1-5-2-ألياف أخرى معدلة	58
3-1-5-2-1-ألياف ثلاثي الأسيتيت Tri-acetate rayon	58
3-1-5-2-2- الفسكوز ذو المتانة العالية High Tenacity Viscose	59
3-1-5-2-3-رايون بمتانة عالية عند البلل High Wet Modulus Rayon	59
3-1-5-2-4-ألياف الفسكوز المجوفة Hollow Viscose Fibers	60
3-1-5-2-5-رايون مقاوم للحريق Flame-Resistant Rayon	60
3-1-5-2-6-ألياف سيللوز أخرى Fibers from other plant polymers	61
1- ألياف الجنيت Alginate fibers	61
2- ألياف الليوسيل Lyocell Fibers	62
3-2-تكنولوجيا ألياف البروتين المحولTechnology of Regenerated Protein Fibers	66
3-2-1-الألياف من بروتينات حيوانية Animal protein fibers	66

3-2-2-ألياف محولة من بروتينات نباتية Modified fiber from vegetable protein	67
الفصل الرابع: الألياف الصنعية التركيبية(Synthetic fibers)	69
4-1-ألياف البولي أميد الأليفاتية وخيوطه Polyamide yarns and filaments	69
4-1-1- ألياف البولي أميد (Nylon) Polyamide fibers	69
4-1-2- ألياف الأراميد Aramid fibers	79
4-1-3- ألياف الكيفلار Kevlar fibers	83
4-2- ألياف وخيوط البوليستر Polyester fibers and yarns	85
4-2-1- أهمية البوليستر	84
4-2-2-البنية التركيبية للبوليستر	85
4-3- ألياف مشتقات عديد الفينيل Polyvinyl derivative fibers	91
4-3-1- ألياف الأكريليك والمود أكريليك Acrylic And Modacrylic Fibers	91
4-3-2- المود أكريليك Modacrilic	100
4-4- انتاج ألياف عديد الأوليفين Poly-Olevin fibers	101
4-4-1- انتاج ألياف عديد الأثيلين Production of polyethylene fibers	101
4-4-2-انتاج ألياف عديد البروبيلين Production of polypropylene fibers	106
الفصل الخامس:الألياف الصنعية غير البوليميرية Synthetic non-polymeric fibers	111
5-1-الألياف المنجمية الطبيعية (الأسبستوسAsbestos)	111
5-2-الألياف المنجمية التحويلية (الزجاجGlass Fibers)	113
5-3- الألياف المعدنية الصنعية Synthetic mineral fibers	126
5-4-ألياف الكربون Carbon fiber	128
5-5- ألياف السيراميكCeramic fiber	128
الفصل السادس: الألياف المرنة المطاطية (Elastomeric Fibers)	129
6-1-أنواع المطاط Elastomeric types	129
6-2-استخراج خيوط المطاطRubber filament extraction	130

6-3- الخيوط المطاطية الصنعية Spandex yarns	132
الفصل السابع: خلطات الألياف الصنعية وخواصها واستخداماتها **Synthetic Fiber Blends, Their Properties and Uses**	135
7-1-أفضل الخلطات للأنواع المختلفة من الألياف ونوع الاستعمال	137
7-2-المزايا العامة لبعض الخلطات	139
الفصل الثامن: تكنولوجيا وخواص الألياف النانويةNanofibers	143
8-1- تمهيد	143
8-2- طرق تركيب ألياف النانو Synthesis methods of nanofibers	145
8-3-مواد البوليمر Polymer materials	157
8-4-التطبيقات المحتملة للألياف النانوية المغزولة كهربائياً Potential applications of electrospun nanofibers	158
8-5-استهلاك الألياف النانوية الكهربائيةConsumption of electrospun nanofibers	159
الفصل التاسع: تطبيقات الألياف النانوية Nanofiber Applications	161
9-1-تطبيقات الألياف النانوية Nanofiber applications	162
9-2-تطبيقات الألياف النانوية في الطب	163
الفصل العاشر: اختبارات الألياف الصنعية والتركيبيةSynthetic Fibers Tests	175
10-1-الاختبارات المجهرية Microscopic examinations	176
10-2- الاختبارات الكيميائية Chemical tests	181
10-3-اختبار الاحتراق Burn test	183
10-4- اختبارات الحساسية Sensitivity tests	186
10-5- اختبارات القطعBreaking tests	187
المصطلحات العلميةScientific Terms	189
المراجع العلمية Scientific references	193

مقدمة Introduction

تتزايد الحاجة باستمرار للمنتجات النسيجية ويرتبط إنتاج المنسوجات بشكل كبير بتنوع المواد الأولية النسيجية وطرق تصنيعها.

فالخامات النسيجية تؤثر بشكل كبير على نوع المنتج النهائي من حيث الجودة والخصائص الفيزيائية–الميكانيكية والمظهرية للقماش، وبالتالي من الضروري التعرف على بنية الألياف وخواصها كونها تشكل ضرورة ملحة لتحديد نوع عمليات التحضير والتصنيع لهذه الألياف ومعرفة التغيرات التي تطرأ على خصائصها وذلك لإنتاج أقمشة مرغوبة، ومقاومة للتجعد وسهلة الاستخدام والغسيل، وبعبارة أخرى تلبي المقولة (اغسل والبس).

وكي لا تؤثر عمليات التصنيع على الخصائص المهمة للألياف الطبيعية، مثل المتانة، الامتصاصية للماء، والملمس الناعم، المرونة، من الضروري المعرفة العميقة للبنية الكيميائية والفيزيائية للألياف لأجل المراقبة للحدود المسموحة لتلك التغيرات.

إنه من الضروري بالنسبة للمهندس التكنولوجي معرفة كيفية تحضير فئة معينة من الألياف النسيجية الكيميائية وتصنيع، وذلك لأن تعقيدات العمليات والمراحل التكنولوجية تتطلب معرفة طريقة سلوك الألياف تحت تأثير مختلف أنواع الإجهادات الميكانيكية، عندما تصنع هذه الألياف بمفردها أو عندما تصنع مع خلطات من الألياف الطبيعية، لذلك فإنه من الضروري تحديد العمليات ضمن المخطط التكنولوجي وتوجيهها بالعلاقة مع بنية المواد الأولية النسيجية وتركيب وخصائصها (خامات النسيج) وهذا الأمر يشكل العنصر الأساسي لاستمثال تكنولوجيا الصناعات النسيجية والحصول على منتجات ذات جودة عالية ومن هنا يبدو جلياً الأثر الكبير للخامات النسيجية على المنتجات النسيجية.

تزايد معدل ارتفاع نسبة استهلاك الألياف الصناعية في السنوات الأخيرة، ورافق ذلك تزايد معدل الإنتاج، وظهرت أسماء تجارية متعددة للألياف الصناعية في السوق العالمية. تُطوير الألياف الصناعية بأساليب كيميائية أو فيزيائية أو بتجهيز الأقمشة

باستمرار. ويهدف التطوير إلى تحسين خواص الألياف الصناعية وتوسيع مجالات استخداماتها.

تتزايد التطويرات التكنولوجية الحديثة في مجال الألياف الصناعية وتجري هذه التطويرات بطرق متعددة مثل: الإضافات في عملية بثق الألياف أثناء الغزل الكيميائي (Chemical spinning)، تفاعلات البلمرة التعاونية لإنتاج بوليمر تعاوني (Copolymer)، تعديل التركيب الكيميائي لبوليمرات الألياف الصناعية، تشكيل مقطع الألياف الصناعية (Fiber cross-section profiling)، تغيير سطح الشعيرات لإنتاج خيوط مطاطة ومتضخمة ذات امتلاء حجمي Bulk، إنتاج الألياف الدقيقة الميكرو (Microfibers)، تجهيز أقمشة البولي استر بعملية التقليص الوزني (Deweighting).

في هذا الكتاب سُلط الضوء على عدة موضوعات في مجال الألياف الصنعية والتركيبية موزعة على فصول الكتاب ومرتبة وفقاً لتسلسل العمليات قدر المستطاع.

وتغطي مفردات المقرر كلها والمعتمدة بقرار مجلس الشؤون العلمية رقم /160/ بجلسته رقم/8/ تاريخ 2017/12/18 بجامعة دمشق.

تتضمن هذه الموضوعات مفاهيم عامة بخصوص بنية الألياف النسيجية وخواصها، الخصائص الأساسية للبوليميرات المكونة للألياف، الألياف الصنعية التحويلية، الألياف الصنعية التركيبية، الألياف الصنعية غير البوليميرية، الألياف المرنة المطاطية، خلطات الألياف الصنعية وخواصها واستخدامها، تكنولوجيا الألياف النانوية وخواصها، تطبيقات الألياف النانوية/ اختبارات الألياف الصنعية والتركيبية.

يدرَّس مقرر المواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها بكلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، بمعدل ساعتين نظريتين، وساعتين عمليتين أسبوعياً في الفصل الدراسي الأول لطلاب السنة الثالثة؛ وهو يهدف إلى التعريف بأهم الجوانب المتعلقة بالمواد الأولية النسيجية الصنعية والتركيبية، التي يصادفها المهندسون والباحثون والعاملون، وطرق المعالجة بمنهج علمي متوافق المعايير الدولية المعمول بها في هذا المجال. إضافة لذلك فهو

يخدم شريحةً واسعةً من المهتمين بالقضايا المتعلقة بالصناعات والمنتجات النسيجية وقد جمعت المادة العلمية لهذا المقرر من مراجع علمية، ونشرات تخصصية متنوعة، منشورة باللغات الإنكليزية والرومانية والعربية، ينصح بالرجوع إليها للاطلاع على المزيد من التفاصيل التي تهم القارئ.

ويسعدني أن أعبر عن شكري الجزيل لكل من أسهم في تقديم العون لإنجاز هذا الكتاب، ولم يكن ذلك ممكناً لولا التعاون البناء الذي أبداه جميع من التقيتهم في مواقع العمل الميدانية دون تحديدها، وهم كثر على مختلف مستوياتهم الوظيفية والعلمية. وآمل من الله أن يكون هذا الكتاب مفيداً للوطن والإنسانية.

وإني من خلال هذا العمل المتواضع، أرجو من الله عز وجل أن أكون قد وفقت بتقديم مساهمة مهمة وجادة في هذا المجال، تخدم الطلبة والمهتمين ومسيرة التنمية في الوطن، وأشكر في هذا المقام كل من تعاون معي، وقدم التسهيلات، لإنجاز هذا العمل المتواضع.

وإنني أعرب سلفاً عن شكري وامتناني لكل من يقدم ملاحظة أو انتقاداً بناء، وسوف تؤخذ بالحسبان عند تدريس المقرر وإعادة طباعته.

والله وخدمة الوطن من وراء القصد

دمشق: الخميس 2022/7/7

الأستاذ الدكتور المهندس طاهر رجب قدار

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول

اتجاهات الإنتاج والبنية الجزيئية للألياف النسيجية

1-1-اتجاهات الإنتاج والاستهلاك العالمي للمواد الأولية النسيجية

تقسم صناعة المنسوجات حسب مجال الاستخدام إلى (الملابس، والتقني، والمنزلي)، وحسب المادة الأولية (القطن، والجوت، والحرير، والصوف والصنعية)، وحسب العملية (المنسوجة وغير المنسوجة)، وحسب الجغرافيا (أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا والمحيط الهادئ وأمريكا اللاتينية والشرق الأوسط وأفريقيا). يقدر حجم السوق والتنبؤات الخاصة بصناعة النسيج في القيمة (مليار دولار أمريكي) لجميع القطاعات.

صناعة النسيج هي سوق متنامية باستمرار، مع المنافسين الرئيسيين الصين والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والهند. الصين هي أكبر منتج ومصدر في العالم للمنسوجات والملابس الجاهزة. الولايات المتحدة هي المنتج والمصدر الرئيسي للقطن الخام، بينما تعد أيضًا أكبر مستورد للمنسوجات والملابس الخام. تتألف صناعة النسيج في الاتحاد الأوروبي من ألمانيا وإسبانيا وفرنسا وإيطاليا والبرتغال. الهند هي ثالث أكبر مصنع للمنسوجات وهي مسؤولة عن أكثر من 6% من إجمالي الإنتاج العالمي للمنسوجات. يساعد التصنيع السريع في البلدان المتقدمة والنامية والتكنولوجيا المتطورة صناعة النسيج في الحصول على منشآت حديثة قادرة على إنتاج نسيج عالي الكفاءة. تساعد هذه العوامل صناعة النسيج على تسجيل المزيد من الإيرادات في المستقبل.

تعد مركبات الألياف الطبيعية أخف نسبيًا ولديها قوة أكبر من الألياف التقليدية، وبالتالي تجد تطبيقًا واسعًا في صناعة السيارات للتطبيقات الداخلية والخارجية. تشمل الألياف الطبيعية التي يجري الحصول عليها من النباتات والحيوانات القطن والحرير والكتان والصوف والقنب والجوت والكشمير. تستخدم هذه الألياف على نطاق واسع لتصنيع الملابس، والملابس، ومواد البناء، والضمادات الطبية، والأجزاء الداخلية للسيارات، من بين أمور أخرى. تسهم وفرة الألياف الطبيعية، وخاصة القطن، في الصين

والهند والولايات المتحدة كثيراً في نمو سوق المنسوجات العالمي. يستخدم الحرير في التنجيد والملابس، وتوفر في كلا النوعين الناعم والخشن.

أسهم معدل المواليد المتزايد وشيخوخة السكان في الطلب المتزايد على منتجات النظافة، مثل حفاضات الأطفال، والمناديل الصحية، ومنتجات سلس البول للبالغين، التي بدورها من المتوقع أن تغذي الطلب على الأقمشة غير المنسوجة. تُستخدم المنسوجات في بناء الطرق على شكل أقمشة أرضية لزيادة متانة الطرق. من المتوقع أن تؤدي تكاليف الصيانة المنخفضة المرتبطة بالأقمشة غير المنسوجة إلى زيادة الطلب في تطبيقات البناء. من المتوقع أن تدفع النظرة الإيجابية لصناعة السيارات والنقل، على مستوى العالم، النمو لسوق الأقمشة غير المنسوجة على مدى السنوات القادمة. تصنع صناعة السيارات عددًا كبيرًا من الأجزاء الخارجية والداخلية للسيارة باستخدام أقمشة غير منسوجة نظرًا لقوة تحملها.

ارتفع استهلاك الألياف العالمي بنسبة 4.2 % ليصل إلى 70.5 مليون طن مع ارتفاع الألياف الصناعية بنسبة 4.0 % إلى 44.1 مليون طن والألياف الطبيعية 4.5 % ليصل إلى 26.4 مليون طن. يبلغ عدد سكان العالم 6.8 مليار، وهذا يتوافق مع متوسط استهلاك الفرد من 10.4 كغ. (تقرير 'The Oerlikon Textile ليف السنة"،2010).

فقدت صناعة النسيج والملابس بأكملها حجمًا ضخمًا من التصنيع خلال مدة انتشار كورونا–كوفيد. مع الأخذ في الحسبان متوسط معدل النمو السنوي على المدى الطويل 3.4 %، فإن العجز في الطلب يصل إلى 15 مليون طن. نظرًا لأن الملابس ذات الأسعار المنخفضة كانت متاحة في جميع أنحاء العالم بعد انضمام الصين إلى منظمة التجارة العالمية في نهاية 2001.

من المتوقع أن ينخفض الإنتاج العالمي لألياف القطن بنسبة 4.8% إلى 22.3 مليون طن. "لقد أدى تزايد الموافقة على زراعة القطن المعدل وراثياً وزراعته إلى ارتفاع غلة القطن. في المقابل، من المتوقع أن يرتفع الاستهلاك العالمي بنسبة 5.4% إلى 25.2 مليون طن."

انخفض إنتاج الصوف العالمي بنسبة 7.4% ليصل إلى 1.1 مليون طن من الوزن النظيف في 2009، وشهد صوف الملابس أكبر انخفاض في الإنتاج، بينما انخفض إنتاج الصوف المستخدم في المنسوجات الداخلية بنسبة 6% إلى 547,000 طن. يأتي نصف الإنتاج العالمي تقريبًا من أستراليا والصين ونيوزيلندا.

ارتفع سوق الألياف السليلوزية ليصل إلى 3.8 مليون طن، وارتفع إنتاج الألياف الأساسية من الفسكوز ليصل إلى 2.7 مليون طن بفضل الطلب المتزايد على الأقمشة غير المنسوجة وتطبيقات المنسوجات والمنتجات المثبطة للهب على الرغم من الفرق غير المواتي في الأسعار. استفادت ألياف الفسكوز بشدة من النقص في القطن والمتطلبات المتزايدة للراحة التي لا يستطيع القطن الوفاء بها.

ارتفع إجمالي سوق الألياف الصنعية بنسبة 3.7% ليصل إلى 40.3 مليون طن. زاد إنتاج البوليستر بنسبة 5.3 % وارتفع الأكريليك بنسبة 4.4%. من ناحية أخرى، انخفضت مادة البولي بروبيلين بنسبة 6.5 % وانخفضت مادة البولي أميد بنسبة 1.4%. تراجعت تجارة الغزل المصنوعة من الألياف الصنعية في البلدان المتقدمة، بينما واصلت آسيا كسب حصص السوق. حجم التصنيع في آسيا أكثر من 36 مليون طن يتوافق مع حصة السوق العالمية 83%. نجحت الصناعة الصينية في رفع الإنتاج بنسبة 11.2% إلى 26.3 مليون طن.

عانت صناعة الغزول الصنعية من الركود في صناعة السيارات. انخفض الإنتاج العالمي للغزل الصنعي من البوليستر بنسبة 6.1% إلى ما يقرب من 1.1 مليون طن. بينما انخفض الإنتاج في أوروبا الكبرى انخفاضاً كبيراً بنسبة 44%، انخفض الإنتاج في الأمريكتان بنسبة 19%. وفقًا لأرقام رابطة الألياف الكيماوية الصينية، زاد الإنتاج الوطني بنسبة 22% ليصل إلى 550,000 طن.

قامت الهند، ثاني أكبر منتج، بزيادة إنتاجها من البوليستر بنسبة 15 % إلى حوالي 860,000 طن، على غرار مستوى ما قبل أزمة كوفيد- كورونا. تمكنت كل من تايوان وكوريا الجنوبية، في المركزين الثالث والرابع، من رفع الإنتاج أيضًا. الأجزاء

الأخرى من العالم عانت جميعها من انخفاض الإنتاج. انخفض الإنتاج في أوروبا الكبرى بنسبة 14% إلى أقل من 600,000 طن. بينما كانت تركيا مستقرة، انخفض إنتاج أوروبا الغربية من البوليستر بنسبة 23% إلى 268,000، وانهار نشاط الصناعات التحويلية بنسبة 18% إلى طن 82,000. في الأمريكتين، وانخفض الإنتاج بنسبة 15% إلى حوالي 725,000 طن.

استمر انتاج ألياف البولي أميد في الانخفاض بنسبة 1.4% إلى 3.5 مليون طن في 2009. أدى الارتفاع المستمر في أسعار الكابرولاكتام، الذي تضاعف تقريبًا، إلى زيادة أسعار المنتجات اللاحقة. على الرغم من زيادة الضغط من البوليستر، ارتفع خيوط النسيج بنسبة 8.3% لتصل إلى 1.6 مليون طن. عانت جميع القطاعات الأخرى من انخفاض النشاط فانخفضت تجارة الخيوط الصناعية بنسبة 7.4% بنسبة 0.9 مليون طن، وانخفض غزل السجاد بنسبة 8.0% إلى 0.7 مليون طن وانخفضت الألياف الأساسية بنسبة 15.7% إلى 214,000 طن.

انخفض سوق البولي بروبيلين في العالم بنسبة 6.5% ليصل إلى 2.6 مليون طن، ويعاني من زيادة كبيرة في أسعار الألياف الصنعية وخفض إنفاق المستهلكين على المنسوجات المنزلية. في الولايات المتحدة، فرض بطء الطلب على خيوط السجاد وزيادة الإحلال بواسطة البوليستر ضغطًا إضافيًا على الصناعة. بينما زادت تطبيقات الألياف الأساسية بنسبة 3.5% إلى 1.1 مليون طن.

شهد سوق ألياف الأكريليك تحسناً وارتفع الناتج العالمي بنسبة 4.4% إلى 1.9 مليون طن. بدأ انتعاش معدلات التشغيل في آسيا وأوروبا.

ارتفع الإنتاج العالمي من الخيوط (2009) بنسبة 4.0% إلى 61.8 مليون طن. تمكنت الولايات المتحدة من تحقيق حجم تصنيع يبلغ 9 مليون طن، تليها تايوان بـ 1.9 مليون وكوريا الجنوبية بـ 1.5 مليون طن. أسهمت بقية دول العالم بنسبة 1.1% في إنتاج الخيوط العالمية، بما يعادل 19 مليون طن.

1-2-اتجاهات الإنتاج والاستهلاك للمواد الأولية النسيجية في سورية

تتميز سورية بوجود سلسلة كاملة لإنتاج الصناعات النسيجية بدأً من مادة القطن الخام وحتى المنتج النهائي، واشتهرت منذ القدم بصناعتها النسيجية مثل الدامسكو والبروكار. انتشرت زراعة القطن في سورية، وتوسعت صناعة الغزل والنسيج القطني وشهدت صناعة الغزل والنسيج خلال مدة الأربعينات والخمسينات من القرن الماضي ازدهاراً كبيراً (فؤاد اللحام، الصناعات النسيجية في سورية، 2009).

منذ بداية السبعينيات من القرن الماضي قامت الدولة بتشجيع الصناعات النسيجية بقطاعيها العام والخاص، مما أدى إلى إقامة مشاريع حديثة في مجال الغزل القطني والتركيبي والنسيج والملابس والمنتجات النسيجية الأخرى.

يعد قطاع الصناعات النسيجية من أهم القطاعات الصناعية في سورية إذ يساهم بنسبة 27 % من صافي الناتج الصناعي غير النفطي وبحوالي 45 % من الصادرات غير النفطية، كما يعمل فيه حوالي 30 % من إجمالي العاملين في الصناعة، وهناك حوالي 25000 منشأة مختلفة الحجم مسجلة رسمياً تعمل في الصناعات النسيجية عدا المنشآت غير النظامية.

تطور إنتاج سورية من القطن المحبوب تطوراً ملموساً خلال المدة 1995-2005، فارتفع من 600 ألف طن في عام 1995 إلى 1082ألف طن في عام 2000 وهو أعلى رقم وصل إليه لينخفض إلى 618 في عام 2007 بسبب مواسم الجفاف التي مرت بها سورية. وتجدر الإشارة إلى الازدياد الكبير والمستمر في استهلاك القطن محلياً فوصلت نسبته في عام 2007 إلى 88%.

انحصرت الواردات النسيجية إلى سورية بالمواد الأولية ومستلزمات الإنتاج التي لا تنتج محلياً. وقد شكلت الألياف التركيبية والصنعية حوالي 54% من الواردات النسيجية السورية في عام 1995، كون هذه المادة لم تكن تنتج في سورية وقد أخذت هذه النسبة بالانخفاض إلى أن وصلت إلى 36% في عام 2007 نتيجة التوسع في إقامة مشاريع تنتج هذه المواد.

وتنحصر الواردات السورية من المنتجات النسيجية أساساً بالخيوط والأقمشة الصنعية والممزوجة، وشكلت الشعيرات والألياف التركيبية حوالي 73% من إجمالي قيمة الواردات النسيجية السورية في عام 2007.

تطور إنتاج سورية من القطن المحبوب، والجدول التالي يوضح تطور المساحة المزروعة وانتاج القطن خلال الفترة 2002-2007.

البيان	الوحدة	2002	2003	2004	2005	2006	2007
المساحة المزروعة	(ألف هكتار)	200	205	234	238	216	210
إنتاج القطن	(ألف طن)	802	811	795	1022	686	618
انتاجية الهكتار	(طن)	4.2	3.95	4.4	4.3	3.18	2.9

يصنف القطن السوري، وهو من نوع ابلاند، في الدرجة الأعلى من الأقطان متوسطة التيلة، ويتمتع بمواصفات متميزة. وفي عام 2006 نفذ وبالتعاون مع شركة AK الألمانية تنفيذ تجربة موسعة لدى مزارعي القطن وتحويل أكثر من عشرة آلاف هكتار تدريجياً نحو الزراعة العضوية، وبلغت كمية الأقطان العضوية المحلوجة لموسم 2007 حوالي 25 ألف طن.

تنتج المؤسسة العامة للصناعات النسيجية الغزول القطنية. وتقوم بتسويق إنتاجها من الغزول القطنية محلياً وخارجياً. وتتولى الإشراف على الشركات العامة.

1-3- البنية الجزيئية الضخمة للألياف النسيجية

The Macromolecular Structure of Textile Fibers

الأساس في بناء جسم القماش هي الألياف، وتغزل الألياف لغزول، وهذه بدورها تتعاشق مع بعضها بعضاً لتكوين النسيج المتشابك من هذه الغزول.

وبما أن الألياف هي الأصل فإن خواصها هي التي تحدد خواص المنتج من غزل أو نسيج في النهاية. والقاعدة العامة أن الخواص التي لا توجد في الألياف من المستحيل أو من الصعب إكسابه للمنتج فيما بعد سواءً أكان غزلاً أم منسوجاً.

وعليه فإن الاهتمام بدراسة الألياف وخواصها أمر بالغ الأهمية ويشكل الأساس المتين للصناعات النسيجية. ومن البديهي أن يقع العبء الأكبر على الغزال فهو الذي يتوخى الدقة في اختيار الألياف ذات الخصائص الجيدة لأنه أول من يستخدمها.

1-3-1-حالة الألياف-حالة خاصة للجسم الصلب

Fiber case- special case for steel body

توجد حالة الليف (الشعيرة) للمادة، التي، من كلا وجهتي النظر العلمية والعملية، لا تقل أهمية عن الحالات الأخرى للمادة، على سبيل المثال، الحالة الصلبة، والحالة السائلة أو الغازية.

البوليميرات يمكن تمييزها فقط من خلال حالتين وجوديتين وحالتين للمرحلة: الحالة البلورية crystal (الصلبة) والحالة عديمة الشكلamorphous (السائلة)، الحالة الثالثة (الغازية) غير ممكنة.

حالة الليف، إلى جانب حالة البلاستومر plastomer (البلاستومر هو مادة بوليمرية تجمع بين خصائص اللدائن واللدائن) والإيلاستومير Elastomer (بوليمر مرن)، يترتب أجسام كروية أعرض من الحالة الجزيئية الدقيقةmacromoleculation للمادة.

حالة الليف تتوافق مع بنية من نوع " ثنائي الطور"، التي فيها يوجد بحالة التوازن كل من الحالة البلورية الخاصة بالأجسام الصلبة، وكذلك الحالة عديمة الشكل amorphous الخاصة بالأجسام السائلة.

من خلال حالة الليف، يُفهم أنه هكذا بنية للمادة، وهكذا طبيعة، وهكذا ترتيب للذرات والجزيئات لمادة، التي ستوفر للمادة المعني مجموعة من الخصائص الفيزيائية-الميكانيكية، والكيميائية والحرارية التي تجعل منها قابلة للاستخدام في تكنولوجيا النسيج. أي كان مصدر الليف، طبيعياً، أم كيميائياً، فإن خاصية أساسية لحالة الليف هي تكوينه الجزيئي الدقيق macromoleculation. إذاً الألياف الطبيعية والصنعية التحويلية لها بالأساس بوليميرات طبيعية، أما الألياف الصنعية التركيبية، فأساسها بوليميرات صنعية.

تظهر المادة، عامة حالة الليف، إذا كانت بنيته الكيميائية والفيزيائية تحقق مجموعة من الشروط المتعلقة بالبناء الجزيئي Molecular Architectural، وهذا يعني:

– أن تكون المادة بوليمير ذا بنية ليفية الشكل، بدرجة كبيرة من البلورية، أن تكون قادرة على تشكيل قوى بين الجزيئات قوية، أن تحتوي، وهذا يفضل، على مجموعات وظيفية قطبية، الخ. هذه الشروط توجد ضمن اعتمادية متبادلة قوية الواحد على الأخر. أيضاً، حالة الليف النسيجي يتطلب أيضاً خصائص أخرى، على سبيل المثال:

– طول الألياف يعد مطلباً لتشغيلها على آلات الغزل والنسيج ليكون ممكناً تحويلها إلى خيوط.

– نعومة الألياف: تشكل الخاصية التي تعرف وتحدد درجة النعومة للخيوط المنتجة، وكذلك انتظاميتها. نعومة الألياف النسيجية تتغير ضمن حدود واسعة، من 5 حتى 50μm والأكيد أكثر من ذلك.

– مقاومة الألياف لمختلف الإجهادات (الشد، الثني، الفتل، الاحتكاك، الخ.) يجب أن تكون كبيرة كفاية لتصمد أمام كافة الإجهادات التي تظهر في أثناء عملية التشغيل الميكانيكي.

– مرونة الألياف يجب أن تكون هي أيضاً جيدة، لأجل أن تستطيع العودة إلى القيمة الأساسية بعد الإجهادات الميكانيكية، أي ألا تبقى تشوهات غير رجوعة.

– الثباتية والعازلية الحرارية، هي أيضاً خصائص إجبارية للألياف لإنتاج منتج نسيجي مناسب لمجال استخدامه.

– الثباتية الكيميائية للألياف، هي أيضاً تشكل خاصية أساسية لها، ضرورية مطلقاً في عمليات التكنولوجيا الكيميائية، مثل: التنظيف من بعض المواد المرافقة، التبييض، الصباغة، وكذلك معالجتها في مختلف المجالات المتعددة، ألا تتجعيد، سهولة العناية بها، الخ. تتطلب كشرط أساسي إجباري، الثباتية أمام سلسلة من المواد الكيميائية chemical agents التي ستستخدم لمعالجتها.

البنية الكيميائية، الفيزيائية والشكل الخارجي (المرفولوجية) هي الأساس في تفسير كافة الظواهر الكيميائية والفيزيائية–الميكانيكية للألياف.

فقط بمعرفة هذه العناصر الأساسية والبنيوية، يمكن تحقيق ألياف نسيجية أو تقنية وإنتاجها التي سترضي إلى أعلى مستوى المتطلبات التي من أجلها أنتجت هذه الألياف، وهكذا يمكن التوضيح منطقياً الخصائص التي تنتج عنها.

1-3-2-تعريف المواد ذات الجزيء الضخم وتصنيفها

Definition and classification of macromolecular substances

كما ينتج من تسميتها، المواد البوليميرية تتكون من جزيئات ضخمة، تسمى الماكروية (ضخمة الجزيء **macromolecular**)، مصطلح بولي مير Polymers مصدره من الكلمات اليونانية "Poly" وتعني "كثيراً" و"smer" وتعني " جزيئا".

الجزيء الضخم يشكل تجمع باتجاه محدد، لمجموعات الذرات أحادية أو متعددة الوظائف متحدة فيما بينها من خلال روابط تساهمية covalent التي تتكرر بعدد محدد من المرات. عدد التجمعات التي تتكرر على طول الجزيء الضخم تشكل " درجة البلمرة degree of polymerization(GP)" .

$$GP = \frac{\mathrm{M}}{\mathrm{m}}$$

حيث أن:

M- الوزن الجزيئي المتوسطة للبوليمير.

m- الوزن الجزيئي "لمجموعة الذرات" التي تشكل (الوحدات البنيوية).

المواد ضخمة الجزيء تتكون من مزيج من المركبات أحادية البنية، بدرجات بلمرة مختلفة، لذلك تتميز من خلال توزيع متعدد Polydisperse يؤثر على الخصائص الفيزيائية-الميكانيكية للبوليميرات. ولهذا السبب، للتمييز التام لمنتج بوليميري من الضروري أنه، إلى جانب الوزن الجزيئي المتوسط له، أن يعرف أيضاً توزع الكتل الجزيئية في البوليمير المعني.

مصطلح بولي مير Polymers يخص المواد التي تناسب مجال محدد للوزن الجزيئي، عامة فوق 100000، المنطقة الحدية تكون بالعلاقة مع طبيعة المادة، المنتجات

بدرجة بلمرة صغيرة (دي، تري، تيترا، بينتامير، الخ.) تسمى أوليغومير Oligomers الأوليغومر هو مركب يتكون من عدد محدود من المونومرات.

المونومير أو أحادي الجزيء: هي لفظ من الكلمة الإغريقية مونو تعني «واحد» ومير تعني «جزء» هو جزيء صغير يمكن أن يرتبط كيميائياً بأحاديات قسيمة أخرى مماثلة أو غير مماثلة لعمل مكثور (متعدد القسيمات).

يمكن تصنيف المواد ضخمة الجزيء (الماكروية) وفقاً لعدة معايير، منها:

1- وفقاً لمصادرها: صنعية تحويلية، صنعية تركيبية.

2- وفقاً لنوع تفاعل تشكيل البوليمير: تفاعل الإضافة المتعددة، تفاعل التكثيف المتعدد.

3- وفقاً لسلوكها تجاه الحرارة.

4- وفقاً للشكل الهندسي.

كما يمكن وفقاً للعالم كورشاك (V.V. Korsak, 1953) تصنيف البوليميرات وفقاً لطبيعة الذرات التي تشكل الضلع الرئيسي، أي وفقاً للبنية الكيميائية للسلسلة البوليميرية وهذا يعني:

1- بوليميرات كربونية السلاسل: يدخل بالسلسلة الرئيسية فقط ذرات الكربون مثل: البولي أكريل نتريل، البولي إيتيلين، البولي بروبيلين، البولي كلور فينيل، الخ.

2- بوليميرات متعددة الذرات بالسلاسل: يدخل إلى جانب الكربون بالسلسلة الرئيسية ذرات أخرى مثل: الأوكسجين، الأزوت، الكبريت (السلولوز، البروتينات، البولي أميد، البول استر، الخ)

1-3-3-تصنيف الألياف النسيجية Classification of textile fibers

التصنيف العام للمواد الخام النسيجية يجري وفقاً لمصادرها، وهو المتبع عموماً.

1-3-3-1- الألياف الطبيعية

توجد الألياف الطبيعية في شكل ألياف من جزيئات بسلاسل طويلة تصلح مباشرة لغزلها كخيوط، وتنقسم إلى ثلاث مجموعات هي:

1-الألياف النباتية/السللوزية Vegetable/Cellulosic Fibers

تنقسم الألياف النباتية إلى ثلاث مجموعات على النحو التالي:

أ- **ألياف البذور Seed fibers**: من أهم هذه الألياف القطن وهي التي تشكل أهم المواد الأولية النسيجية في صناعة الغزل والنسيج. وألياف الكابوك، وهي ليست ذات أهمية في أنها تفتقر إلى المقومات الغزلية التي تؤهلها لتصنيع خيوط يستفاد منها.

ب- الألياف اللحائية Bast Fiber: تستخرج من سيقان النباتات اللحائية ويمكن ترتيبها حسب الجودة كما يلي: الكتان Flax، التيل hemp، الجوت jute، الرامي ramie، الكناف kenaf، يورينا urina، ويتميز الكتان بأنه هو الوحيد الذي يستخدم في أغراض اللبس apparel. أما بقية الألياف فتستخدم لعمل الحبال والأكياس (الشوالات) والحصائر.

ج- الألياف الورقية Leaf Fibers: تستخرج من أوراق النباتات مثل السايسل sisal والدوم والمانيلا والأباكا، وتشكل شبكة من العصب تحيط به مادة الكلوروفيل، وتستخدم في صناعة الحبال والدوبارة، ولا تستخدم لأغراض اللبس.

2-الألياف الحيوانية Animal Fibers:

تتكون هذه الألياف من المجموعات التالية:

أ- الصوف وأهم مصادره أغنام المرينو من استراليا.

ب-ألياف شعرية hair fibers: ومنها شعر الموهير واللاما والحصان والجمل والأباكا ومصادرها أسيا وأمريكا الجنوبية.

ت-الحرير الطبيعي silk: حرير الشرنقة cocoon وهو من إنتاج دودة القز ويعتقد أن أول موطن لها الصين، وينتج الحرير من حشرات أخرى.

3-الألياف المعدنية Mineral Fibers:

توجد في الطبيعة في الصخور التي تتكون من بنية ليفية structure Fibrous ويعد الأسبستوس الخامة الأساسية لهذه الألياف.

يستخدم الأسبستوس في صنع أقمشة مقاومة للحريق لملابس رجال المطافئ، كما يستخدم في أسقف المنازل ومواسير الصرف الصحي واستعمالات اخرى.

1-3-3-2-الألياف الصنعية Man-made fibers

لأن الألياف الطبيعية توجد في الطبيعة وتتركب من سلاسل جزيئات طويلة long chain molecules مثل ألياف القطن والصوف والحرير، فإن الألياف الصناعية تصنع أما من مواد تركيبية synthetic أو مواد طبيعية. وفي الألياف التي تصنع من مواد تركيبية فإنه تتحد جزيئات صغيرة monomers إلى جزيئات عملاقة macromolecules أو بوليميرات polymers، وذلك بواسطة عملية صناعية تسمى "البلمرة" polymerization أي بلمرة الجزيئات الصغيرة للحصول على الجزيئات العملاقة، التي تمثل التركيب الصالح للألياف التي يمكن غزلها.

أما الألياف التي تصنع من المواد الطبيعية مثلاً كمادة السيللوز من الخشب أو جذوع الأشجار التي لا توجد في هذه المصادر في شكل جزيئات طويلة السلاسل وإنما ينبغي إخضاعها لعملية بلمرة ليتم اتحاد الجزيئات الصغيرة إلى بوليميرات، ومثل هذه الألياف تسمى ألياف محورة (محولة، مسترجعة، مخلقة regenerated)، لأن الأصل فيها هو مونومير السيللوز، ويجري تحويله/تحويره إلى بوليمير السيللوز، وهو الذي يمثل الألياف التي تشكل المادة الخام لأغراض الغزل والنسيج مثل رايون الفسكوز، فالأصل نباتي واحد وقد جرى تحويره أو استرجاعه.

الشكل 1-1: تصنيف الألياف الصنعية

1-الألياف الصنعية التحويلية Regenerated Fibers

من هذه الألياف المسترجعة من السيللوز ألياف رايون الفسكوز، ورايون النحاس النشادري، وألياف السيللوز المعدل مثل رايون الأسيتيت الثنائي di-acetate، والثلاثي tri-acetate، وهذان يختلفان عن رايون الفسكوز، ورايون النحاس النشادري، وكذلك أنواع أخرى من الرايون مثل الرايون عالي المتانة ورايون مقاوم للحريق وهكذا.

وكذلك تصنع ألياف محورة من أصل بروتيني كألياف الكازاين casein من اللبن والفيبروبين من عوادم الحرير الطبيعي وكذلك ألياف أخرى.

2-الألياف الصنعية التركيبية Synthetic fibers

تصنف الألياف الكيميائية في خمس مجموعات رئيسية هي:

1- مجموعة عديد أو كثير أو البولي أميد (النايلون) polyamide
2- مجموعة بولي استر Polyester
3- مجموعة مشتقات البولي فينيل Polyvinyl derivatives
4- مجموعة بولي أوليفين Polyolefin
5- بولي يوريثان أو متعدد اليوريثان Polyurethane

وكلها تصنع من مواد بترولية، عام 1938، استطاع العالم كاروثرس Dr.Carothers استنباط ألياف البولي أميد وأطلق على الألياف اسم النايلون Nylon وهو اسم تجاري. وكان ذلك إنجازاً بموجب برنامج تبنته ومولته شركة دي بونDu Pont الأمريكية. ثم تبع ذلك اكتشاف ألياف البولي إستر في إنكلترا وأطلق عليها الاسم التجاري تيرلين terylene، ثم أنتجت بقية المجموعات بواسطة دول عديدة وأطلقوا عليها أسماء تجارية مختلفة. لقد أصبحت هذه الألياف منافسة ولكنها مكملة للألياف الطبيعية وذلك بالكم الهائل من الأقمشة المخلوطة التي أصبحت سمة العصر الحالي، وذلك بخلط الألياف التركيبية مع الألياف الطبيعية لتحيق المزايا الموجودة في كل منها.

البولي يوريثان أو متعدد اليوريثان polyurethane: هو أيّ مكثور يتكون من سلسلة من الوحدات العضوية المربوطة بجذر يوريثان. الاختصار الشائع له PU. يُستخدَم كعازل لإعطاء متانة وحماية للأجسام التي يغطيها من الحرارة أو البرودة أو من التآكل جراء الاستخدامات المكثفة.

1-3-4-التطويرات التكنولوجية الحديثة في مجال الألياف الصنعية

حصلت في العشرين سنة الأولى من الألفية الثالثة عدة تطورات في مجال الألياف الصناعية تضمنت ارتفاع نسبة استهلاك الألياف الصناعية، ظهور وتعدد في

الأسماء التجارية للألياف الصناعية في السوق العالمية، تطوير الألياف الصناعية بأساليب كيميائية أو فيزيائية أو بتجهيز الاقمشة، كان الهدف منها تحسين خواص الألياف الصناعية وتوسيع مجالات استخداماتها (عادل عبد الحليم عبد المتعال،2009).
ونبين فيما يلي بعض هذه التطورات:

1-التطوير عن طريق الإضافات في عملية بثق الألياف في أثناء الغزل الكيميائي:

- إضافات لمزيل اللمعة (Delustrant)
- إضافة لمزهرات ضوئية (Optical Brighteners)
- إضافات لمواد ملونة (Pigments)
- إضافات لمضادات الاشتعال). (Flame resistance Agents)
- إضافات لمثبات (Stabilizers)

2-التطوير عن طريق تفاعلات البلمرة التعاونية لإنتاج ألياف بوليمر تعاوني (Copolymer):

- إنتاج ألياف بولي استر تعاونى (Polyester Compolymer).
- إنتاج ألياف بولى أكريليك تعاونى (Polyacrylic Copolymer).

3-التطوير عن طريق تعديل التركيب الكيميائي لبوليمرات الألياف الصنعية، ويتضمن:

- تعديل التركيب الكيميائي للبولي استر التقليدي (PET).
- إنتاج بولي استرات اليفاتية (Aliphatic) ذات مميزات الرخاوة وقابلية الصباغة.
- إنتاج بولي استرات أروماتية/عطرية (Aromatic) ذات متانة عالية.
- تعديل التركيب الكيمائي للبولي أميد التقليدي (Nylon).
- إنتاج بولي أميد أروماتي (Fully Aromatic) للاستخدامات الشاقة.
- إنتاج بولي أميد نصف أروماتي (Pratially Aromatic) يجمع بين المتانة والليونة.
- تحويل ألياف الأكلريليك إلى ألياف كربون (C.F).
- إنتاج ألياف سليلوزية أكثر تطوراً عن الألياف السليلوزية التقليدية للفسكوز.

4-التطوير عن طريق تشكيل مقطع الشعيرات Fiber cross-section Profiling .

5-التطوير عن طريق تغيير سطح الشعيرات لإنتاج خيوط ذات امتلاء حجمي (Bulk)، ويتضمن:

- عملية تجعيد الألياف (Crimping) وأساليب التجعيد.
- إنتاج ألياف بولي استر مجعدة ومرنة بطريقة الألياف ثنائية التركيب (Elastic and cimped Polyester Bicomponent Fibers).
- عملية تضخيم الألياف المستمرة (Texturising).
- إنتاج خيوط بولي بروبلين ذات امتلاء حجمي (BCF).
- إنتاج خيوط غزل أكريليك ذات امتلاء حجمي عالي (High Bulk Acrylic Yarns).

6-التطوير عن طريق إنتاج الألياف الدقيقة الميكرو (Microfibres).

7- التطوير عن طريق تجهيز الأقمشة البولي استر بعملية التقليص الوزني (Deweighting).

Damascus University

الفصل الثاني

خصائص المركبات ضخمة الجزيء المكوِّنة للألياف النسيجية

Properties of Macromolecular Compounds Constituent of Textile Fibers

كافة الألياف النسيجية الصنعية والطبيعية مصنوعة من البوليميرات. لذلك البوليمير هو الخطوة الأولى في تصنيع الأقمشة. البوليمير هو بنية من الجزيئات تشبه السلاسل، التي تشتق منها الألياف الصنعية. البوليمير يُنتج من اتصال وحدات جزيئية مع بعضها بعضاً تدعى المونوميرات monomers.

البلمرة هي تفاعل كيميائي الذي تتحد فيه جزيئات صغيرة لتشكل سلاسل جزيئية أكبر وأطول لتشكيل جزيئات البوليمير (A.Sabit, 2000) . هناك طريقتان للبلمرة: بلمرة ضم addition polymerization وبلمرة تكثيف condensation polymerization.

في بلمرة الضم، الصيغة الجزيئية للوحدة المتكررة متماثلة مع صيغة المونومير. والوزن الجزيئي للبوليمير الجديد المتشكل هو مجموع الوزن الجزيئي لوحدات المونومير المتحدة. البلمرة تحصل بواسطة إعادة ترتيب الروابط الكيميائية.

في بلمرة التكثيف، الوحدة المتكررة في البوليمير تحتوي ذرات أقل من المونومير أو المونوميرات. البوليميرات الصناعية مشتقة من النفط (Textile coach, 2021).

البوليميرات يمكن أن تصنف في نوعين: بوليمير يتكون من نفس المونومير homopolymer وبوليمير يتكون من أكثر من مونومير copolymer . في البوليمير الذي يتكون من نفس المونومير الوحدة المتكررة فيه هي نفسها على طول سلسلة البوليمير. هذا البوليمير يمكن أن يكون دورياً. البوليمير الذي يتكون من أكثر من مونومير له على الأقل نوعان من المونومير. وهذا النوع يمكن أن يكون متناوباً، عشوائياً، ومتشعباً.

اسم البوليمير يعطى من الاتحاد الدولي للكيمياء التطبيقية والبحتة (IUPAC) International Union of Pure and Applied Chemistry. على كل الأحوال الاسم المستخدم عموماً للبوليمير يمكن أن يختلف عن الاسم المعطى من (IUPAC).

يتضمن الجدول 2-1 بعض البوليميرات الصنعية المستخدمة في إنتاج الألياف النسيجية. هناك آلاف البوليميرات المكتشفة في العالم والحاصلة على براءات اختراع.

الجدول 2-1: أمثلة عن البوليميرات المستخدمة في إنتاج الألياف النسيجية.

الاسم الشائع	الاسم المعطى من (IUPAC)	الصيغة الجزيئية
بولي إيثيلين Polyethylene	بولي (إيثين) Poly(ethen)	$-[CH_2CH_2]-$
بولي بروبلين Polypropylene	بولي (بروبين) Poly(propen)	$-[CH_2CH(CH_3)]-$
بولي استر Polyester	بولي (إيثيلين تريفتالات) Poly(ethylene terephthalate)	$-[CH_2CH_2OCOC_6H_4COO]-$
نايلون Nylon 6.6	بولي (هيكساميثالين إيباميد) Poly(hexamethylene adipamide)	$-[NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO]-$
نايلون6 Polyester	بولي (هيكسانولاكتام) Poly(hexanolactam)	$-[NH(CH_2)_5CO]-$

يجب أن تتصف البوليمرات المستخدمة في صناعة الألياف بمواصفات دقيقة ونوعية، ولذلك نجد أن عدد البوليمرات المناسبة لهذا الغرض محددة فيجب أن تكون للبوليمر قوة شد عالية Tensile Strength بهدف الحصول على ألياف أو خيوط ذات متانة مقبولة بسبب صغر مساحة مقطع الألياف والخيوط المصنوعة من البوليمر هذا يتطلب أن يكون للبوليمر مواصفات تركيبه معينة ونذكر منها على سبيل المثال ما يلي (محمد اسماعيل عمر، تكنولوجيا الألياف الصناعية، 2002):

إن خصائص المركبات ضخمة الجزيء التي تُعرّف الليف النسيجي هي التالية:

A-الخصائص التركيبية لبوليمرات الألياف الصنعية:

2-1-كتلة جزيئية عالية High molecular mass: يجب أن تكون الكتلة الجزيئية عالية جدًا.

2-2-الطول Long: يجب أن تكون سلسلة البوليمر أطول لتحقيق مزيد من القوة في الألياف عن طريق تثبيت المناطق البلورية معًا. يلزم وجود بوليمر طوله 100 نانومتر لإنتاج ألياف ذات قوة كافية. يمكن توجيه البوليمرات بهذه الأطوال بسهولة. ستكون هناك قوى جذب بين البوليمرات إذا كانت البوليمرات موجهة. هذا يؤدي إلى تكوين نظام بوليمر متماسك، وبالتالي ألياف. سلسلة أطول α قوة أكبر.

2-3-خطية السلاسل البوليميريةlinearity of polymer chain يجب أن تكون للبوليمرات المناسبة لهذا الاستخدام سلاسل خطية غير متفرعة وغير متشابكة. تسمح البوليمرات الخطية بمحاذاة / جاذبية بوليمر مناسبة لإعطاء نظام بوليمر متماسك. لا يمكن أن تتراكم البوليمرات المتفرعة معًا، مما يمنع تكوين المناطق البلورية، مما يؤدي إلى ضعف الألياف. لذلك يجب أن تكون البوليمرات خطية.

2-4-قادرة على التوجيه Capable of orientation : يجب أن تكون البوليمرات قادرة على أن تكون موجهة. درجة عالية من التوجيه تعطي قوة شد كبيرة في الألياف. هناك نوعان من أشكال اتجاه البوليمر، غير متبلور وبلوري amorphous and crystalline. في عملية السحب، التي تمد الخيوط المبثوقة والمتخثرة تجعل البوليمرات توجه نفسها.

2-5-مرونة السلاسل البوليمر Flexibility of polymer chain

يجب أن يكون البوليمر مرنًا خطيًا بدرجة عالية من التناظر، كلما ازدادت مرونة السلاسل البوليمرية كلما كان ارتداد هذه السلاسل إلى التراكيب الحلزونية غير المنتظمة أسهل، وهذا يعني أن خصائص الألياف تتغير تدريجياً مع الزمن.

2-6-القوى الجزيئية: Intermolecular forces: يعد وجود القوى الجزيئية العالية بين سلاسل البوليمرات من المستلزمات الأساسية لصلاحية هذه البوليمرات لتكوين الألياف.

2-7-التبلور Crystallinity: ان معظم البوليمرات المناسبة لتكوين الألياف هي بوليمرات متبلورة، وذلك بسبب انتظام السلاسل البوليمرية ووجود القوى الجزيئية العالية، ولكن توجد بعض البوليمرات غير المتبلورة غير أنها قادرة على تكوين ألياف جيدة مثل بولي أكريلونيتريل، وذلك بتأثير مجاميع النتريل المستقطبة الموجودة في البوليمر.

B-الخصائص الاستخدامية:

التي تعتمد على مجالات استخدام الألياف:

2-8-القدرة على تشكيل نظام بوليمري ذي نقطة انصهار عالية (درجة التلين): Ability to form high melting point polymer system:

يجب أن تتمتع الألياف بنقطة انصهار عالية لتحمل ظروف الحرارة الشديدة، وذلك حتى تتمكن من مقاومة ظروف الاستخدام من الغسل والكوي والاستخدامات الأخرى التي تتعرض فيها الالياف الى درجات حرارة مرتفعة، كما هو الحال مع إطارات السيارات.

إن درجة حرارة انصهار البوليمرات المتبلورة ودرجة تلين البوليمرات غير المتبلورة تحددها عادة مرونة جزيئات البوليمر وقوى التجاذب الموجودة بين الجزيئات.

ألياف النسيج التي تلبي جميع المتطلبات المذكورة أعلاه هي القطن والفيسكوز والكتان والنايلون والبوليستر والحرير والصوف والأكريليك والأسيتات.

الألياف مثل البولي بروبلين والبولي إيثيلين وألياف الكلورو التي يقيد استخدامها في المنسوجات لأنها لا تلبي المتطلبات مثل امتصاص الماء، والقدرة على التوجيه والقدرة على تكوين نقطة انصهار عالية.

2-9- مقاومة المواد الكيميائية Resistant to chemicals: يجب أن تكون البوليمرات مقاومة كيميائياً لأشعة الشمس والعرق والغسيل وسوائل التنظيف الجاف.

توجد علاقة قوية بين التركيب الكميائي للبوليمر ومقاومته للانحلال، ونجد أن الياف البولي بروبيلين مثلاً ثابته جداً تجاه التحلل المائي، ولكنها معرضة للأكسدة بسهولة وخاصة تحت تأثير الضوء، والنايلون له مقاومة جيدة تجاه القواعد الكيميائية، ولكن يتحلل بسهولة عند وجود الاحماض، ومن ناحية أخرى نجد أن بولي تيرفيثالات الاثيلين يقاوم الأحماض بشدة ولكن يعيبه أنه حساس جداً للقواعد.

2-10- القابلية لعملية الصباغة Dyeability: يقصد بذلك قابلية الألياف الصنعية على التلون عند معاملتها بمواد الصباغة. المتطلبات الأساسية لصباغة الألياف هي: أن تكون الصبغة قادرة على الانتشار في الألياف، وبعد انتشار المواد الصبغية في الألياف يجب أن تثبت جزيئات الصبغة في مواضعها عن طريق تكوين روابط تساهمية أو أيونية بين الصبغة وجزيئات البوليمر. تعد صباغة الألياف الصناعية أكثر صعوبة من الطبيعية، ولهذا دعت الحاجة إلى تطوير أنظمة أخرى للصباغة، وفي بعض الأحيان تحوير تركيب البوليمر نفسه المكون للألياف ليعطي صباغة مرغوبة. ويعد النايلون من أكثر البوليمرات الصناعية قابلية للصباغة ... ولأن درجة الانتقال الزجاجي للنايلون منخفضة وتصل الى 50 م^{o} وفي درجة حرارة الصباغة وهي 100 م^{o} تكون جزيئات البوليمر في المناطق غير المتبلورة متحركة وبذلك تكون جزيئات الصبغة قادرة على الانتشار في الألياف.

2-11-امتصاص الرطوبةMoisture absorption (Hydrophilic):

تقيد طبيعة البوليمر المتبلور للألياف مرور الماء، مما يؤدي إلى ضعف امتصاص الرطوبة. أن لقابلية الألياف الصناعية على امتصاص الرطوبة تأثير في الراحة التي ترافق ارتداء الأقمشة المصنوعة من الألياف. فتكون الألياف ذات القابلية الضعيفة لامتصاص الرطوبة باردة. كما أن امتصاص الألياف للرطوبة يقلل من الكهربائية

المستقرة المتكونة نتيجة لاحتكاكها بالجسم، إن إحدى مساوئ الألياف الصناعية هي قابليتها المنخفضة لامتصاص الرطوبة.

2-12- خواص الألياف وعلاقتها بالمظهر: ترجع بعض خصائص ألياف النسيج إلى مظهرها الفيزيائي، ونظراً لأن معظم الألياف الفردية تكون صغيرة في حجمها لدرجة أنه لا يمكن فحصها فحصاً كاملاً بالعين المجردة، لذا فإن أفضل وسيلة لفحص هذه الألياف هو رؤية مظهرها الفيزيائي وفحصها تحت المجهر، ويمكن بذلك رؤية وملاحظة طول الألياف وقطرها وحدودها وسطحها ولونها.

1-اللون Color: تتعدد وتتغير ألوان الألياف الطبيعية، فبعضها مثل القطن أبيض اللون أو ذات لون أصفر، وبعضها الأخر مثل الصوف، تتعدد ألوانه ما بين البني والأبيض والأسود، حتى الألياف الصناعية تكون عادة بيضاء اللون أو ذات لون أصفر. وإذا تداخل هذا اللون مع عمليات الصباغة أو الطباعة فيمكن في هذه الحالة إزالة اللون بعملية قصر الألوان أو تبييضها.

2-الرونقLuster : يعرف بأنه كمية الضوء التي تعكسها الألياف. وتتميز الألياف الصناعية بالرونق الباهر. ولخفض هذا الرونق كيميائيا يضاف أكسيد التيتانيوم للمادة التي ستصنع الألياف منها، وتعمل الجزيئات الصغيرة على تكسير الضوء المنعكس، مما يعطى للألياف رونقا أقل.

3-الشكل والبريق Shape and Luster: يمكن فحص شكل الألياف من شكل المقطع العرضي والطولي، إن فحص المقطع العرضي يظهر الشكل الثلاثي الأبعاد للألياف، كما تعد الطريقة من وسائل المقارنة، ويتغير المقطع العرضي تبعاً لنوع الألياف (دائري، البيضاوي، شكل حرف U، المجوف.... الخ.

4- التجعد: crimp: بعض الألياف لها تركيب فيزيائي متموج، وتسمى تلك الخاصية بالتجعد، فالصوف له تجعد طبيعي ثلاثي الأبعاد. وتتجعد بعض الألياف الصناعية

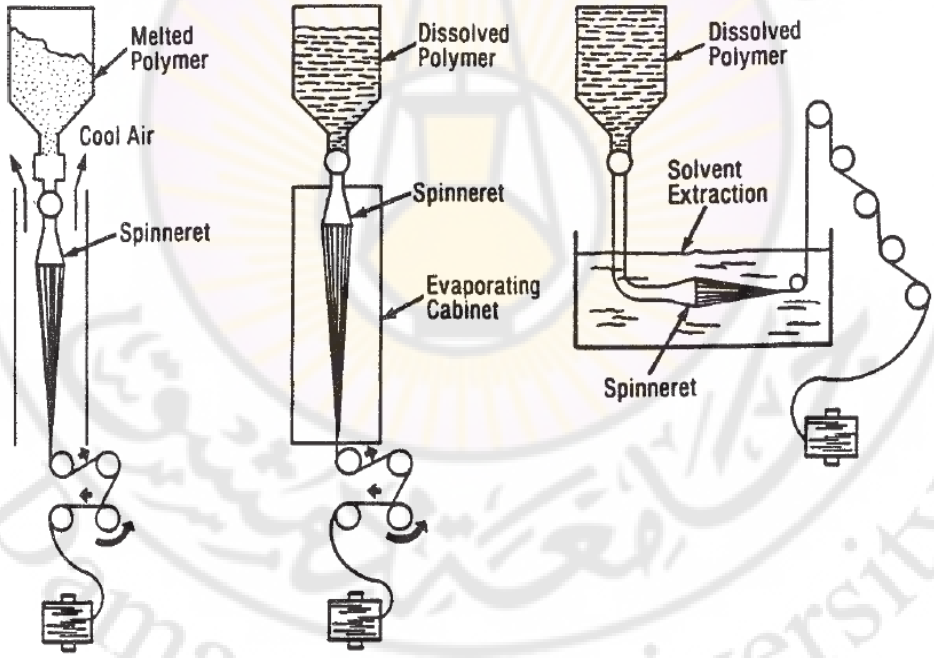
خلال عملية التصنيع. والنسيج المتجعد يكون له ميل ليكون أكثر رجوعية مع زيادة في الحجم الجرمي وقوة الالتصاق والدفء.

5-المقاومة للاشتعال: وهناك خواص أخرى مثل مقاومتها للاشتعال وخاصة الألياف المستخدمة في إنتاج بعض معدات مكافحة الحرائق مثل ملابس فرقة الإطفاء وغيرها.

6- المقاومة لحساسية الجلد وتأثير البكتيريا والفطريات وغيرها.

2-13-الطرق الرئيسية لعمليات غزل الألياف الصنعية:

هناك ثلاث طرق رئيسية لعمليات غزل الألياف الصنعية: الغزل الجاف dry spinning والغزل الرطب wet spinning والغزل بالانصهار melt spinning (الشكل 2-1).



الشكل 2-1: الأشكال الأساسية لعمليات الغزل

في الغزل بالانصهار، يصهر البوليمير بالحرارة. البوليمير المصهور يُضخ من خلال فتحات صغيرة جداً للمغزل، وهكذا يتشكل الليف. عندئذٍ يبرد الليف ويتصلب.

في الغزل الجاف يذاب إذابة البوليمير في مذيب. بعد البثق من المغزل، يتبخر المذيب وتتصلب الألياف.

في الغزل الرطب، يذاب البوليمير في مذيب. كما في حالة الغزل الجاف. بعد البثق، يزال المذيب في وسط محلول التخثر.

من بين هذه النظريات الثلاث لتشكيل الألياف الصناعية، الغزل بالانصهار هو الشائع أكثر في الصناعة.

إذا كان البوليمير قابلاً للانصهار، فإن الغزل بالانصهار هو الطريقة المختارة لإنتاج الألياف.

آلة بثق الألياف النموذجية تحتوي على: وعاء قمعي الشكل، الباثق، مضخة القياس، المغزل، حوض التبريد، قضبان الإنهاء، الملفاف.

أشكال فتحات المغزل تتفاوت بالاعتماد على الاستخدام النهائي للألياف. الشكل 2-2 يظهر أشكال متعددة من فتحات المغزل.

الشكل 2-2: أمثلة عن أشكال ثقوب المغزل 2001 By Sulzer Textil Limited Switzerland

يجب الملاحظة أنه إضافة إلى الغزل الجاف، الغزل الرطب، والغزل بالانصهار هناك طرائق أخرى للغزل.

يتضمن الجدول 2-2 أهم خصائص الألياف التي تؤثر على مظهر الأقمشة وخواصها وأدائها.

الجدول 2-2-أهم خصائص الألياف التي تؤثر على مظهر الأقمشة وخواصها وأدائها

Characteristics	الخصائص	Characteristics	الخصائص
Cross-sectional shape	شكل المقطع العرضي	length	الطول
Maturity(natural fibers)	النضج (للألياف الطبيعية)	luster	اللمعان
Finish presence	الشكل النهائي	Crimp level	درجة التجعد
Surface characteristics	خصائص السطح	color	اللون
Density(finesse)	الكثافة (النعومة)	bulk	الحجم
Strength	القوة	Type (staple, filament, etc.)	الشكل(التيلة، الشعيرة المستمرة، الخ.
Melting point	درجة الانصهار	Stiffness (flexibility)	الصلابة (المرونة)
Moisture content	محتوى الرطوبة	Grad	التصنيف
Refractive index	مؤشر الانكسار	Dye affinity	الانجذاب للصباغ
Resiliency	المرونة	Shrinkage	الانكماش
Flame resistance	مقاومة اللهب	Solubility	قابلية الذوبان
Absorbency	قابلية الامتصاص	Abrasion resistance	مقاومة الإحتكاك
Glass transition temperature	درجة الحرارة الانتقالية للتزجيج	Chemical resistance	المقاومة الكيميائية

2-14-الألياف المستمرة والألياف القصيرة

Microfilaments and a microfibers

في الآونة أصبح هناك شعبية كبيرة للألياف الميكروية الناعمة جداً في صناعة النسيج. مصطلح (دقيق micro) يستخدم للشعيرات المستمرة filaments المفردة التي نعومتها أقل من 1.0 dtex، بينما الشعيرات المستمرة المفردة الخشنة بعض الشيء مثل 1.25 أو dtex 1.30، فهي تعود للشعيرات المستمرة الناعمة أو للشعيرات المستمرة الأكثر نعومةً (الجدول 2-3).

الجدول 2-3: مقارنة بين نمر ألياف مختلفة

الألياف	Fibers	Dtex
البوليستر	Polyester	2.2
الصوف	Wool	1.7
القطن	Cotton	1.4
الحرير الطبيعي	Silk	1.0
الألياف المستمرة	micro	0.55

في مجال الخيوط المغزولة من ألياف قصيرة، فهي تخلط مع ألياف القطن نمرة 1.1 dtex، أو تخلط مع ألياف الصوف نمرة 1.3 dtex.

هذا التعديل adjustment ضروري، بالرغم من أن الألياف القصيرة الأنعم finer staple fiber، مثل 0.8 dtex. يمكن أن تغزل. ما عدا ذلك، الألياف الدقيقة يمكن أن تكون حساسة بالمقارنة مع الألياف الطبيعية المخلوطة معهم.

في هذه الأيام، حالة تكنولوجيا الغزل الفنية قابلة لإنتاج الألياف الصنعية المستمرة الدقيقة التي تستخدم استخداماً جيداً أكثر من الألياف الطبيعية وهي أنعم منها. غزل الألياف الدقيقة المستمرة أسهل مع البوليستر، أكثر منه مع البولي أميد. لهذا السبب، فإن ألياف البوليستر المستمرة مثل Trevira®, Finesse®, Diolen Mikro®, Micrell® and ,Setila® كانت هي الأولى في حالة هذا التطوير.

اليوم، الألياف الدقيقة (Tactel®, Meryl®) ذات الجودة العالية تصنع من البولي أميد كذلك.

تكنولوجيا الغزل العصري ليس لها قيود عملياً. من الناحية التقنية، يجب أن يكون من الممكن غزل الألياف الدقيقة المفردة ذات النعومة 0.1 dtex.

بنية القماش المنسوج من الألياف الدقيقة microfibers تجعل من الممكن استخدامه في مجالات واسعة جداً. لذلك إن عمليات إنهاء القماش، ذات أهمية كبرى وتشكل مطالب مهمة، على براعة القائمين على الإنهاء.

إن مجالات تطبيق الألياف الدقيقة تتضمن الملابس الوظيفية (الألبسة المطرية، الألبسة الرياضية، ألبسة الجبال)، وكذلك في مجال الجمال والموضة (الملابس الخارجية للرجال والنساء، البلوزات والقمصان).

في مجال الملابس الوظيفية، المتطلبات تتركز على الخاصية الصادة للماء waterproofness ولكن النفاذية للبخار، وشدة الرياح ومقاومة الاحتكاك. هذه المطالب تكون، كقاعدة، منجزة أساساً في الأقمشة الكثيفة المنسوجة من الألياف الدقيقة microfibers.

الملابس العصرية أقل بالوزن بعض الشيء. شكل السطح مهم جداً لذلك هو مختلف. في الوقت الحاضر معالجة الحساسية للجلد peach skin treatment مهمة جداً وغالباً تنجز قبل عملية الصباغة.

هناك موضوع آخر مهم هو السطح الحي للقماش vivid surface، مثل التجعيد للسطح أو النقوش. تكنولوجيات الإنهاء تشهد في الوقت الحاضر انتعاشاً وتطوراً ملحوظاً، لأن معالجات سطح الألياف الدقيقة سُمحت لمعظم مجموعات الأقمشة المصنوعة من الألياف الدقيقة. من ناحية أخرى، من الممتع ملاحظة المعالجات النهائية العصرية تأخذ اتجاهاً بيئياً إيجابياً.

اليوم كافة الرواد القياديين في صناعة الألياف الصنعية يستخدمون الألياف الدقيقة المستمرة والمقطعة من البوليستر والبولي أميد في سلعهم commodities. إن الخيوط المتوفرة هي الخيوط المسطحة الفلات flat والمجعدة (المنفوش) texturized.

2-15-معالجة الألياف المستمرة Processing Microfilaments

إن الأقمشة المحاكة من الألياف الدقيقة تملك بنية كثيفة. وإن هذا يعد متطلباً إجباري في الأقمشة الوظيفية، بهدف الحصول على الأقمشة غير النفوذة للماء. أما من الناحية الجمالية للألبسة، فإن كثافة القماش تشكل عاملاً لزيادة الحجم والكتلة ودرجة كافية من خصائص الجمالية والانسيابية.

لأجل خيوط اللحمة، النمر(titre) الأنعم مثل 50أو 76 dtex تكون مفضلة. مع الألياف الدقيقة المستمرة. كثافات اللحمة العالية تتطلب سداء عالي الجودة.

إن صانعي الألياف الدقيقة يقدمون مطاوي سداء منشاة(sized) محددة من الألياف التي يمكن استخدامها في السداء، ويفضل مع خيوط من نمر قياسية مختلفة، لكن أيضاً بكميات محددة من خيوط السداء مطلوبة من المستهلكين.

إن جميع الألياف الدقيقة يمكن، أن تشغل وبدون أي صعوبة على آلات النسيج القذيفة، الحراب، وآلات النفث الهوائي.

لأجل نشر خيط اللحمة، فإن التدوير الأولي للخيوط وفرملة الخيوط يجب أن تطبق، فإن ذلك يكون مناسباً لتشغيل الخيوط المستمرة.

وللحصول على سلوك جيد بالنسبة للأقمشة المصنعة من الألياف الدقيقة المجعدة(texturized)، فإن عملية المزج يجب أن تكون كاملة. يجب ضبط بارامترات (عوامل) التشغيل لآلة النسيج بشكل جيد ومراقبتها بدقة للحصول على مظهرية مثالية للقماش مع هذه الأقمشة الكثيفة.

2-16-الخيوط yarns:

تعد الخيوط هي الوحدة البنائية الأساسية للأقمشة. وتوجد أنواع مختلفة من الخيوط، ويمكن تصنيفها اعتماداً على خاصيات الغزول المختلفة.

بالاعتماد على طريقة التصنيع، يمكن تصنيف الخيوط إلى خيوط مستمرة filaments، وخيوط مغزولة staple yarns. إن تصنيع خيوط الميكروفلامنت يمكن عن طريق غزل (بثق) البوليميرات. يتجميع عدد من الألياف الناتجة spun مع بعضها

لإنتاج خيط مستمر بالحجم المطلوب. تحوي هذه الخيوط على أقل عدد من البرمات الضرورية لإبقاء الخيط متماسكاً . وتكون ما بين (0–2.5) برمة/انش.

خيوط الفيلامنت المستمرة تكون غير ملائمة لعديد من أقمشة الألبسة. لذلك تخضع هذه الخيوط لعملية التجعيد (texturing). لتجعل خيوط الفيلامنت المستمرة أضخم وقابلة للإمتطاط. تستخدم عمليات مختلفة للتجعيد مثل البرم الكاذب، التجعيد، حياكة–دي–حياكة knit–de–knit، والدفع الهوائي.

تقص الألياف الصنعية الطويلة إلى ألياف أقصر لتصنيع خيوط من الألياف المتقطعة. يمكن أن تستخدم لتصنيع الخيوط المعزولة.

عملية تصنيع الخيوط من الألياف القصيرة تدعى بالغزل.

الطرق الرئيسية للغزل هي:

قبل عملية الغزل الفعلية، تتم عملية التحضير للغزل. وهذه قد تتضمن:

- الخلط Blending
- الفتح opening
- التنظيف cleaning
- التسريح (الكرد) carding
- السحب drawing
- التمشيط combing
- البرم Roving

وذلك بالاعتماد على متطلبات الخيوط، وليس كل مرحلة ضرورية لكل خيط مغزول.

هناك طريقتان رئيسيتان للغزل بالدفع الهوائي:

1– طريقة موراتا للغزل بالدفع الهوائي (MJS) Murata jet spinning يُستخدم صمامي هواء لبرم وتشبيك (entangle) الألياف في الشريط.

2- طريقة فورتكس للغزل بالدفع الهوائي(MVS)Murata vortex spinning: هي جديدة نسبياً، طورت للخيوط 100 % قطن. وفيها يمتلك الخيط برم حقيقي في بنيته، والتي تكون مشابهة للبرمات في الغزل الحلقي.

في الغزل الاحتكاكي friction spinning: توضع الألياف في فوهة تغذية ساحبة، ويدفع بين اسطوانتين دوارتين مثقبتين، إن دوران هاتين الاسطوانتين يعطي البرمات والترابط بين الألياف.

إن الخيوط المنتجة بكل تقنية غزل تملك بنية مختلفة تماماً وخواص مختلفة، وإن هذا سوف يؤثر على عملية التنشية وعملية النسيج.

إن خيوط الغزل الحلقي تتميز بمستوى عالٍ من البرمات المتجانسة، أما في الغزل التوربيني فإن هناك نواة واضحة من الألياف بعدد قليل من البرمات.

في الخيوط المغزولة بطريقة الطرف المفتوح (open-end)، توجد نواة مستقلة من الألياف ببرم متخفض نسبياً، والألياف الأخرى تبرم حول النواة.

الفصل الثالث

الألياف الصنعية التحويلية Regenerated Fibers

يطلق اسم الألياف الصناعية على الألياف كلها التي يصنعها الإنسان سواء أكان مصدرها من مواد طبيعية من مصادر نباتية سللوزية أو بروتينية لا توجد في شكل الألياف وإنما تحور هذه المواد ليصنع منها ألياف تصلح للأغراض النسيجية ونسمي هذه الألياف محورة أو مسترجعةRegenerated . يمكن استخدام جذوع الأشجار لصنع ألياف تصلح للغزل.

فالخشب يعامل معاملة خاصة لتحويل المونوميرات monomers الجزيئات الصغيرة إلى بوليميرات polymers وهذه جزيئات عملاقة طويلة السلاسل وهي التي تصلح للأغراض النسيجية وتسمي الألياف رايون الفسكوز، وهي مسترجعة أو محورة لأنها تتكون من نفس مادة الخشب السللوزية، إلا انه يجري الحصول عليها بتحويل المادة من الخشب ذي الجزيئات الصغيرة إلى ألياف بجزيئات عملاقة Macromolecular، أو بوليميرات Polymers. وهنا يأتي عمل الإنسان في تصنيعها بهذا التحويل لتحقيق المواصفات المطلوبة.

أما الألياف الطبيعية كالقطن والصوف والحرير فهي أساساً توجد في الطبيعة في شكل جزيئات بسلاسل طويلة Long chains وهي مباشرة صالحة لأغراض الغزل، ولا تحتاج لتحوير في مادتها.

الألياف الكيميائية مختلفة تماماً إذ أنها مصنوعة من مواد كيميائية مركبة يصنعها الإنسان في شكل بوليميرات أو ألياف مختلفة المواصفات وذلك بعملية بلمرة Polymerization وهي العملية التي تتحد فيها الجزيئات الصغيرة (المونومير) إلى الجزيئات الضخمة (البوليمير) بغرض التوصل لخواص معينة لهذه الألياف.

أسهم تطوير تكنولوجيا الألياف الصناعية في إنتاج ألياف صناعية عديدة بالتحكم في ظروف تصنيعها لتحقيق خواص فيزيائية وكيميائية حسب ما هو مطلوب لأغراض معينة ولتلائم مختلف الاستخدامات.

3-1-الألياف التحويلية ذات أساس نباتي (سللوزية)

Regenerated cellulosic fibers

تعرف الخامات الأولية بأسماء عامة دون تحديد أسماء تجارية لها (Trade Name)، فيطلق عليها عادة: أساسية (Basic) أو قياسية (Standard) أو تقليدية (Conventional) أو خامات الجيل الأول (First-generation) .

إذا عدلت تلك الخامات فإنها تباع تحت اسم تجاري يعرف بخامات الجيل الثاني (Second Generation)، وتتمثل عملية التحويل أو التعديل في :

1- تحويل في شكل الخامة في القطاع العرضي، السمك، تجويف القلب (Hollow).

2- تحويل في التركيب الجزيئي والبلمرة لتحسين المتانة، مقاومة التكور مقاومة الاستطالة .....الخ.

3- إضافة بعض المواد إلى محلول الخامة لتحسين بعض الصفات مثل مقاومة ضوء الشمس، مقاومة تولد الشحنات الكهربائية الاستراتيجية، مقاومة الحريق.

4- تعديل في عمليات الغزل لإكساب الخامة تجعدات.

كما يمكن الجمع بين بوليميرين من نفس العائلة أو بين مجموعتين عامتين مختلفتين وتعرف بخامات الجيل الثالث (Third Generation Fibers) منها:

1- الألياف الثنائية التركيب bicomponent fibers

2- الألياف ثنائية التداخل Biconstituent Fibers

3- الخيوط المخلوطة Blended Filament Yarns

أنواع الألياف الصنعية التحويلية Regenerated Fibers

أ-**ألياف نترات السيللوز**: يعد العالم شاردوني Chardonmet أول من اخترع ألياف الرايون التي أمكن إنتاجها بكميات تجارية باستخدام نترات السيللوز (Cellulose Nitrates) بإذابته بالكحول وضخ المحلول في فونية (Spinneret) في الماء ثم تجفيف الخيوط المستمرة وإخضاعها لعملية شد Stretching لتوجيه الجزيئات في اتجاه محور الشعيرة

لإكسابها الصلابة وقد أقام شاردوني عام 1889 مصنعا لإنتاج ألياف نترات السيللوز وفي عام 1895 أسس شركة لإنتاج ما سمي آنذاك بالحرير الصناعي والاسم انبثق بحكم استمرارية الخيوط كخيوط الحرير الطبيعي.

ب-ألياف الرايون فسكوز Viscose Rayon: لقد قام بإنتاج الرايون فسكوز العالمان البريطانيان كروس Cross وبيفان Bevan عام 1891 وطرأت عليها تحسينات كثيرة حتى يومنا هذا.

ويوجد منها نوعان:

1- الرايون الفائق الصلابة High Tenacity Rayon و يستخدم في صناعة اطارات السيارات.

2- الرايون المقاوم للحريق.

ج-الألياف البروتينية المحورة: كألياف الكازين وألياف أخرى من الصويا ومن الفيبروين من عوادم تصنيع الحرير الطبيعي.

3-1-1-تكنولوجيا إنتاج ألياف رايون الفسكوز (الحرير الصناعي)

3-1-1-1- تصنيع وخواص رايون الفسكوز: تخضع عمليات تصنيع الألياف لمراجل عديدة كيميائية وفيزيائية وميكانيكية وفقاً للمراحل التالية:

1-عملية النقع والغمر: ينقع ورق السيللوز بمحلول الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 17.5-20 %، إلى أن يتحول السلولوز إلى سيليلوز قلوي alkali cellulose وتجري عملية النقع في أحواض مزودة بمكابس هيدروليكية، بعد اكتمال عملية النقع تستخرج الصودا الكاوية الزائدة بواسطة الضغط بهذه المكابس، وتعصر الرقائق وتتحول إلى عجينة رخوة، وبعد عملية الغمر يخضع ورق السيليلوز القلوي إلى عملية تفتيت وتكسير إلى قطع صغيرة.

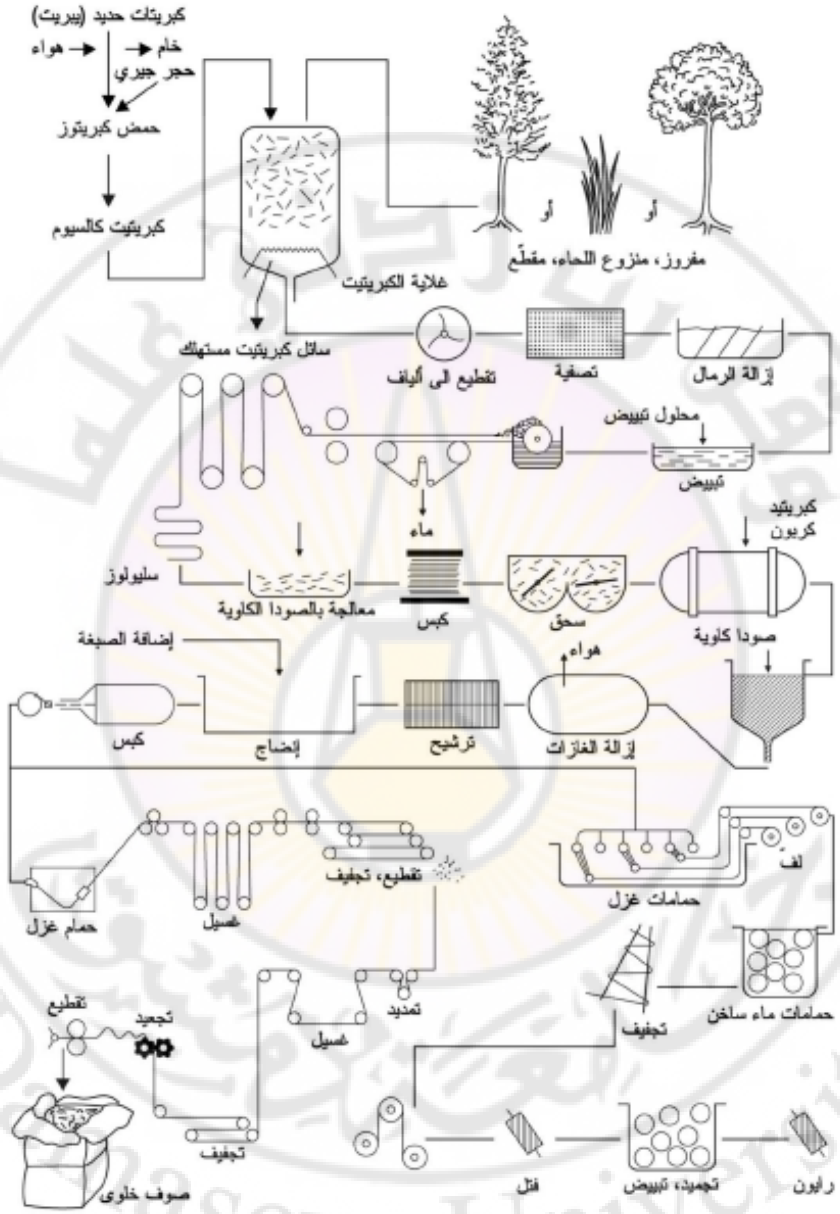
2- عملية التفتيت/الفرم: مهمة هذه العملية تكسير ورق السيللوز القلوي إلى قطع صغيرة، لتسهيل عمليتي التعتيق والكبرتة، وذلك باستخدام ماكينة الفرم.

3-عملية التعتيق (التخمير): تتمثل هذه العملية في معالجة زمنية لإكمال تكوين السلولوز القلوي، وذلك لمدة يوم أو يومين بعملية أكسدة وهي عبارة عن تفاعل كيميائي بين السلولوز القلوي والأكسجين الموجود في الهواء، فينخفض طول سلسلة بوليمير السيللوز من درجة بلمرة عالية إلى درجة بلمرة أقل تتناسب مع نوع الرايون المطلوب، ويتحكم في خواص الألياف بدرجة حرارة ثابتة 25م° أو بدرجة حرارة أعلى لتقصير زمن المعالجة، وتؤثر الخبرة تأثيراً مهماً في هذه العملية. وحتى هنا تنتهي مرحلة السللوز القلوي ويسمى أيضاً سيللوز الصودا soda cellulose وهو أبيض اللون.

4- الكبرتة لعمل محلول (الزانتيت) Xanthate : وفي هذه المرحلة يخلط السللوز القلوي مع ثاني كبريتيد الكربون Disulghide carbon للحصول على محلول الزانتيت، وينجم عن عملية الكبرتة توليد طاقة حرارية عالية جداً ولذلك يُبرد سطح الصهريج الذي تجري فيه عملية الكبرتة باستخدام الماء لامتصاص الحرارة المتولدة من التفاعل الكيميائي. وكنتيجة لتكوين الزانتيت فإن اللون الأبيض للسيللوز القلوي يتحول إلى اللون الأصفر وأخيراً إلى لون الزانتيت البرتقالي في نهاية عملية الكبرته، ويسمى الزانتيت: زانتيت سيلولوز الصوديومsodium cellulose xanthate.

5- مرحلة الإذابة والخلط لتكوين محلول الفسكوز: في هذه المرحلة يذاب محلول الزانتيت في محلول الصودا المخفف بنسبة تركيز 3-5% أو أكثر للحصول على محلول في لون العسل ويترك المحلول لمدة حتى يصل لدرجة التجمع الصحيحة لتحسين خاصيته عند دفعه خلال ثقوب فونية الغزل spinneret. وفي هذه المرحلة يمكن إضافة ثاني أكسيد التيتانيوم titanium dioxide للحد من لمعان الفسكوز ويترك محلول الفسكوز للنضج.

6- مرحلة النضج: وتتراوح مرحلة النضج ما بين يوم أو أكثر في درجة حرارة 15-20م°. وفي هذه الأثناء تزداد درجة لزوجة محلول الفسكوز لتناسب أغراض الغزل. وقبل تسليم المحلول لعمليات الغزل تجري عملية ترشيح وتهوية. هذا ويختبر السائل للتأكد من تجمده بواسطة كلوريد الأمونيوم ammonium chloride.



الشكل 3-1: دورة إنتاج رايون الفسكوز (أبو زيد، محمود عبد اللطيف، 2012)

7- الترشيح وإزالة الهواء Filtration And Deaeration: بعد التأكد من وصول المحلول لدرجة التجمد المناسبة فإنه لا يمكن تمريره إلى فونيات الغزل مباشرة بل يرشح محلول الفسكوز عدة مرات لتنقيته من أي شوائب وتتم تهويته لإزالة فقاقيع الهواء التي لها آثار سالبة على الخواص الميكانيكية. هذا وتستخدم مرشحات التفريغ الهوائي vacuum filtration لترشيح المحلول.

8- مرحلة غزل رايون الفسكوز: يُغزل رايون الفسكوز بطريقة الغزل المبلل (الرطب) wet spinning، وتمر الألياف بعد ضخها ودفعها خلال ثقوب فونية الغزل spinneret في حمام تجمع coagulation bath الشكل (3-1)، ويتكون من حامض الكبريتيك sulfuric acid H_2SO_4 وسلفات الصوديوم Na_2SO_4 وسلفات الزنك $ZnSO_4$ كذلك إضافات أخرى additives وهذه المكونات للحمام هي التي تتحكم في درجة تجمد الألياف بعد خروجها من الحمام.

التفاعلات الكيميائية:

Cellulose + caustic soda ⟶ soda cellulose + water

النقع

$(C_6H_{10}O_5)_n + n\ NaOH \longrightarrow (C_6H_9O_4Na)_n + nH_2O$

Sodium Cellulose + carbon disulfide ⟶ Sodium Cellulose xhantate

الكبرتة

$C_6H_9O_4Na)_n + nCS_2 \longrightarrow C_6H_9O_4OCS_2Na)_n$

Sodium Cellulose xhantate + H_2SO_4 ⟶ Cellulose (Viscose type) + nCS_2 + Na_2SO_4

الشكل 3-2: المعادلات الكيميائية لإنتاج رايون الفسكوز

يبين خط الإنتاج في الشكل 3-1 مسار المادة، فيمر ورق السيلولوز pulp باستخدام الصودا الكاوية والمواد الأخرى حسب مراحل الإنتاج من 1حتى 8 المبينة أعلاه. وبعد خروج الألياف من من حمام التجمع يمكن لف الألياف على بوبينات بطريقة غزل الحلة pot spinning، وتمر الألياف بعد خروجها من حمام التجمع حول بكرتين (أ) و(ب)، وتدور البكرة الثانية بسرعة أكبر من (أ) لإحداث شد بين البكرتين بالقدر المطلوب، وكنتيجة لهذا الشد يحدث توجيه orientation للجزيئات في اتجاه موازٍ لمحور الألياف، لإكسابها الصلابة. بعد ذلك تمر الشعيرات رأسياً إلى أسفل علبة توبهام topham box، حيث تتلقى الألياف البرم كنتيجة للسرعة الدورانية للعلبة وترص الألياف حول الجدار الداخلي للعلبة في طبقات متتالية بأثر الحركة الترددية الرأسية لدليل الخيط.

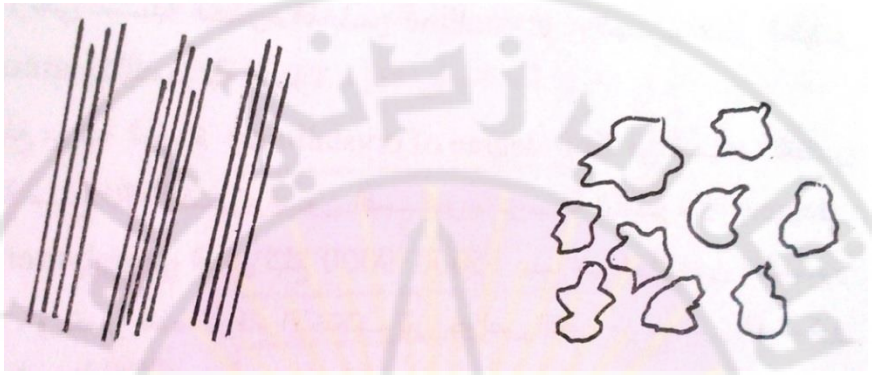
خواص ألياف رايون الفسكوز Properties of Viscose Rayon

تعتمد خواص ألياف رايون الفسكوز على التركيب الداخلي للشعيرة وكيفية ترتيب الجزيئات في المادة، وعلى نسبة الجزء المتبلر crystalline والجزء غير المتبلر amorphous وكذلك درجة البلمرة. تبلغ درجة التبلر degree of crystalline 60% في ألياف القطن بالمقارنة مع في رايون الفسكوز 40 %. درجة البلمرة degree of polymerization في القطن تبلغ 9000-15000، بينما هي في رايون الفسكوز 500 فقط. وتفسر هذه الأرقام الاختلاف بين خواص القطن ورايون الفسكوز، فتقل المناطق المتبلرة وتزداد المناطق غير المتبلرة في رايون الفسكوز، مما يجعل القطن أكثر متانةً وأقل مطاطية من رايون الفسكوز.

الخواص المورفولوجية

القطاع العرضي: يمكن التحكم في القطاع العرضي لشعيرة رايون الفسكوز، الشكل 3-2 تبعاً لتكنولوجيا التصنيع. يتراوح قطر الشعيرة من 12-40 مايكرون. وتتراوح ثقوب فونية الغزل في الحجم والعدد وفقاً لنمرة الشعيرة، وبذا يتحدد عدد الشعيرات في الخيط. فإذا كانت ألياف الرايون مقدراً لها أن تخضع لعملية تقطيع لتصنع بنظام القطن فإن عدد الثقوب يمكن أن يكون حتى 30000 ثقباً، وتجمع الألياف من جميع فونيات الغزل التي

تغزل في نفس الوقت. وتُقطع للأطوال المرغوبة لتصنيعها بنظام غزل القطن. يتميز القطاع الطولي لألياف رايون الفسكوز بمظهر ناعم أملس وتظهر الألياف مستقيمة وبها مجاري بطول الألياف وتؤثر هذه المجاري أو التجاويف، الشكل 3-3.



الشكل3-2: مقطع عرضي لرايون الفسكوز **الشكل3-3: مقطع طولي لرايون الفسكوز**

الخواص الفيزيائية:

اللمعان Luster: تبدو ألياف الرايون لامعة وشفافة وللحد من درجة اللمعان تضاف مادة ثاني أكسيد التيتانيوم titanium dioxide إلى محلول الفسكوز في مرحلة الإذابة.

ويقوم ثاني أكسيد التيتانيوم كمادة إطفاء اللمعة delustering agent بتكسير أشعة الضوء وتقليل اللمعة ويكون الأثر تبعاً لكمية المادة المستخدمة.

المتانة Tenacity: تبلغ متانة رايون الفسكوز عند القطع في المتوسط 2.5-3 غ/دينير، ويمكن أن تكون 6 غ/دينير للألياف عالية المتانة، وتنخفض متانة الشعيرات المبللة بنسبة 30-50 % تقريباً.

الاستطالة Elongation: تتراوح الاستطالة بين 15-30% للألياف العادية و9-26 % للألياف عالية المتانة، وذلك في الجو القياسي وفي حالة الشعيرات المبللة تزيد الاستطالة بنسبة 30-40%.

الكثافة النوعية Specific Density: تبلغ الكثافة النوعية 1.5 غ/سم^3 لكل أنواع الرايون تقريباً.

الاسترجاع Resiliency: عموماً ألياف الرايون لا تتمتع بدرجة عالية من الاسترجاع، وهي شبيهة بالقطن، إذ يحتاج رايون الفسكوز لمواد تجهيز finishes مانعة للكرمشة والتجعد anti-crease finishes، وتبلغ رجوعية الشعيرات 82% عند استطالة 2%.

إكساب الرطوبة Regain: تبلغ نسبة الاكتساب في الجو القياسي 12%.

أثر الأحماض والقلويات: مثل القطن لا يتأثر بالأحماض المخففة، ويتحلل بالأحماض المركزة الساخنة، ولا يتأثر الرايون بالقلويات إلا أن تكون بدرجة عالية من التركيز وفي وسط ساخن.

أثر الحرارة: إذا تعرض الفسكوز لحرارة تفوق 200 م° فإنه يتحلل، وإذا تم تخزين الألياف وتعرضت لضوء الشمس فإن هذا يؤدي لتلفها.

تأثير المواد المؤكسدة: عند تبيض ألياف رايون الفسكوز ينبغي ألا تتعرض لمواد مؤكسدة مركزة، ولكن التبييض بهيبوكلوريد الصوديوم أو ماء الأكسجين هيدروجين بير أوكسايد لا يؤثر على الألياف ولكنها تذوب في محلول النحاس النوشادري كوبر أمونيوم.

3-1-2-تكنولوجيا إنتاج الخيوط التقنية من الفسكوز- الكوردCord

تتطلب خيوط الحبال (الكورد) أكثر من مرحلة زوي، ويُزوي خيطان سبق إجراء عملية الزوي عليهما. لعمل الخيوط المجدولة تتم كما يلي:

زوى خيطان معاً مرتين، زوى خيطان معاً ثلاث مرات، زوى ثلاث خيوط معاً مرتين، زوى خيطان معاً أربع مرات.

3-1-3-تكنولوجيا إنتاج الألياف القصيرة من رايون الفسكوز Rayon Viscose

الاسم عبارة عن نسخة مختصرة من خيط الحرير الصناعي، مما يعني أنه خيط حريري لامع صناعيًا. تسمى الألياف الطويلة بالرايون، والألياف القصيرة (الألياف الأساسية) تسمىsufu.

3-1-4-تصنيع وخواص رايون الكوبرأمونيوم (النحاس النشادري)

Cuprammonium Rayon

يصنع النحاس النوشادري من المواد الخام التي تستخدم في تصنيع رايون الفسكوز وهي السيللوز من الخشب وزغب القطن linters، وهو انقى من الخشب، ولذلك ينقى الخشب بمعاملته بالصودا الكاوية لرفع نسبة ألفا سيليولوز.

لقد كان شفايتزر Schweitzer هو الذي قام بتحضير ألياف النحاس النوشادري وذلك عام 1853 م، حيث أكتشف أن المواد السلولوزية يمكن إذابتها في محلول النشادر وأكسيد النحاس، وجاء الكيميائي الفرنسي Henry Despeisses وقام في عام 1890 بإذابة السيللوز في خليط من النوشادر ammonium وسلفات النحاسcopper sulphate وتمكن من غزل المحلول لألياف مستمرة، وبالاشتراك مع شركة هنري برونرت Henry Bronnert Co. بمانشستر، وقامت الأخيرة بتصنيع رايون النحاس النوشادري عام 1900، إلا أنه لم يتحقق بنجاح إلا في عام 1911، حيث قامت مصانع بمبرج Bemberg بسحب الألياف في أثناء عملية الغزل بطريقة السحب أثناء الغزل stretch spinning، وبهذه الطريقة أمكن الحصول على ألياف عالية المتانة. وبذلك أصبح لألياف النحاس النوشادري أهمية كبيرة جداً. وبفضل اكتشاف طريقة السحب أثناء عملية الغزل التي طورتها مصانع بمبرج فإنه أحياناً يطلق هذا الاسم على ألياف المحاس النوشادري وتسمى حرير بمبرج.

طريقة إنتاج ألياف النحاس النوشادري (Cuprammonium rayon (Cuprarayon

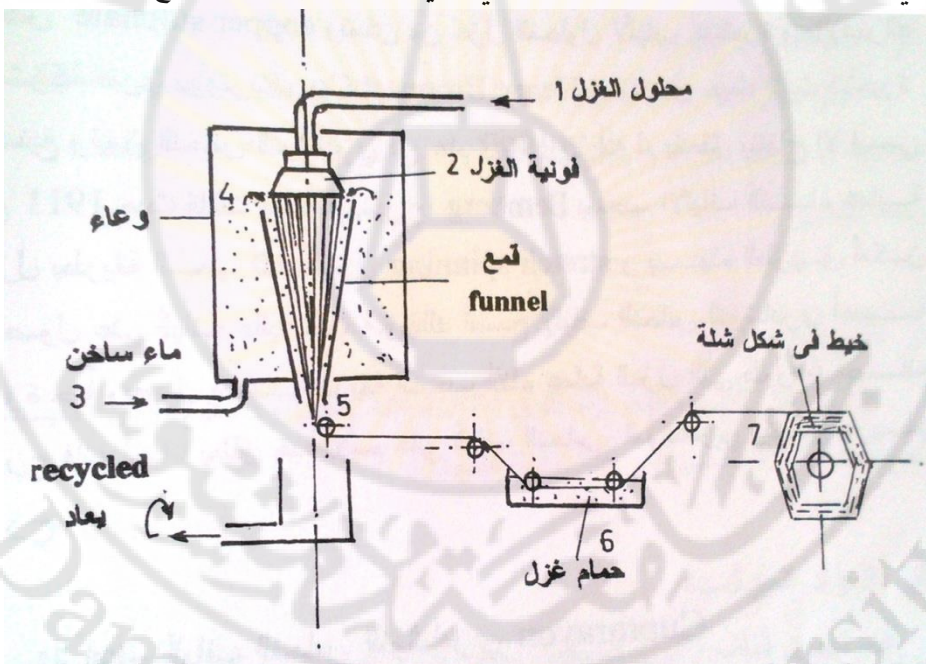
يذوب السيللوز في محلول نحاس نوشادري يحتوي على 3% نحاس و25% نوشادر وتبلغ نسبة السيللوز 10%.

هذا وبمعاملة السيللوز مع النحاس النوشادري فإن السيللوز لا يذوب مباشرةً في محلول النحاس النوشادري (الكوبرامونيوم) ، ولكن تتم المعاملة في وسط يضم الصودا الكاوية NaOH وكبريتات النحاس CuSO4، ويخلط جيداً وينتج عن ذلك سيللوز هيدروكسيد النحاس cupric hydroxide cellulose الذي يذوب في محلول الأمونيوم، وهو مخلوط مركز. ويخفف المحلول حتى تبلغ نسبة السيلولوز 9-10% ثم يرشح محلول

النحاس النوشادري. وبعد مدة تعتيق ليوم أو أكثر يضخ المحلول خلال ثقوب فونية الغزل. يوضح الشكل 2–7 طريقة إنتاج خيوط رايون الكوبرامونيوم.

تتلخص طريقة الإنتاج في الآتي:

يضخ المحلول 1 خلال ثقوب فونية 2 على ماء ساخن يدخل في 3 من أسفل إلى أعلى حتى يصل إلى حافة القمع 4 وعند دخول الماء إلى أعلى القمع، فإنه يتجه في حركته إلى أسفل القمع ويضيق قطر القمع شيئاً فشيئاً حتى يبلغ أصغر حجم عند 5 وعليه تزداد سرعة الماء إلى أعلى مستوى في 5، وبالتالي تتعرض الشعيرات إلى حالة شد بعد خروجها من الفونية وهي في حالة تعجن وتزداد نسبة الشد إلى ستة أضعاف وهي ذات المقدار لمضاعفة سرعة الماء في سريانه من أعلى لأسفل القمع الشكل 3–4.



الشكل 3–4: طريقة إنتاج ألياف رايون الكبرأمونيوم (النحاسي النوشادري)

Copper ammoniac fibers

وبذلك بأثر الشد تزداد متانة الشعيرات بإعادة ترتيب جزيئاتها في اتجاه محاور الألياف. وبعد ذلك تمرر الألياف بعد خروجها من الفوهة السفلى للقمع إلى حوض التجمع الحمضي 6 ومن ثم تمر الألياف في ماكينة الغزل إلى حيث تلف في 7 في

شكل شلة بعد غسلها إثر خروجها من الحمام الحامضي بإزالة أي سائل عالقة وإدخال مقدار البرم المطلوب لتكوين الخيوط إذا كانت ضرورة للبرم.

كذلك يمكن إنتاج هذه الألياف بطريقة الغزل المستمر (طريقة نلسون Nelson).

خواص ألياف النحاس النوشادري

الخواص المورفولوجية والفيزيائية:

تعد ألياف النحاس النوشادري أكثر الألياف تشابهاً بألياف الحرير الطبيعي في المقطع الطولي. أما المقطع العرضي فهو بيضاوي أو دائري خلافاً لشكل الحرير في مقطعه العرضي، حيث يبدو الحرير في شكل مثلثات مدببة الأركان.

المتانة: نسبة لسحب الألياف خلال عملية التجميع stretch spinning فإن ألياف رايون الكبرا تتمتع بمتانة 2 غرام/دينير بإعادة ترتيب الجزيئات محورياً بسبب الشد وتقل هذه المتانة عند البلل.

الاستطالة: تبلغ 15-16% للألياف الجافة و17-37% للألياف المبللة.

تأثير الرطوبة: تمتص الألياف الماء وتبلغ نسبة الاكتساب التجاري regain11%.

التأثر بالحرارة: مثل ألياف رايون الفسكوز وبقية الألياف النباتية يحترق رايون الكبرا برائحة الورق المحروق وتتحمل الألياف حرارة حتى 150م°، وتبدأ بعد ذلك في التحلل قبل وصول مرحلة الانصهار.

الخواص الكيميائية: لألياف النحاس النوشادري خواص كيميائية شبيهة برايون الفسكوز في التركيب وكذلك شبيهة بالقطن والكتان.

استخدامات ألياف النحاس النشادري:

تستخدم ألياف النحاس النشادري في صناعة الملبوسات الناعمة كالشيفون وكذلك في صناعة الملابس الداخلية والجوارب وأقمشة التريكو ولأن إنتاج هذه الألياف باهظ التكلفة فإنها أطلق عليها الخامة الأرستقراطية.

3-1-5-ألياف السللوز المعدلة Modified Cellulose Fibers

3-1-5-1-ألياف رايون الأسيتيت Acetate Rayon Fibers

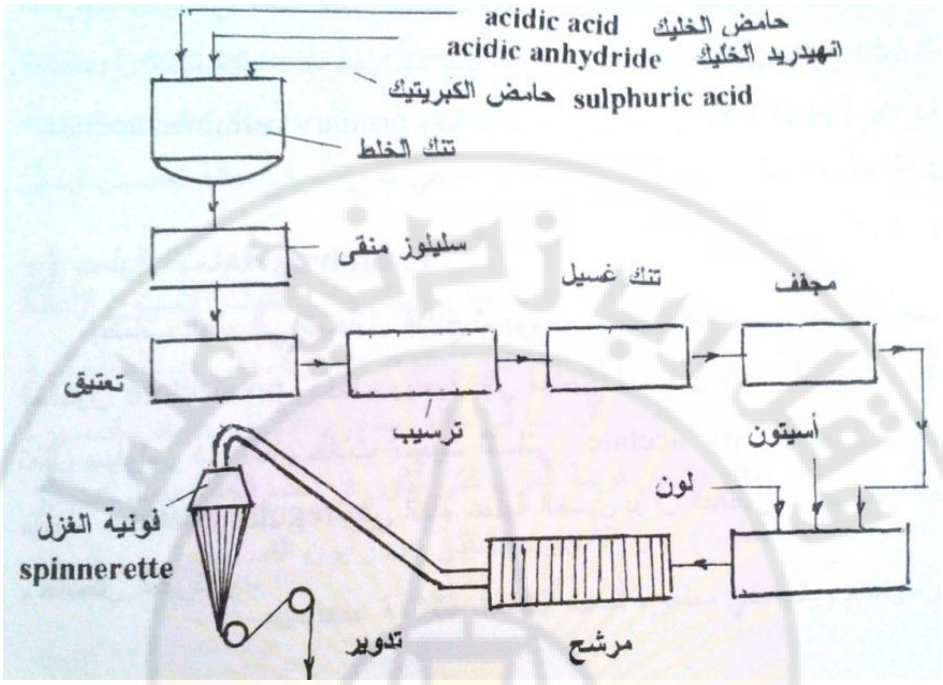
يعد كل من رايون الفسكوز ورايون الكبرامونيوم عبارة عن ألياف سيللوزية حُورها regenerated. أما ألياف رايون الأسيتيت فتعد نوعاً آخر من الألياف الصناعية السيللوزية. حيث يتحول السيللوز من الخشب أو زغب القطن بعد معاملته كيميائياً باستخدام حامض الكبريتيك كمادة محفزة catalyst، وبعد إماهة وترسيب ينتج عن هذا التفاعل الأسيتيت المنتظم أو الثنائي regular or di-acetate، وهو محلول الغزل لصنع رايون الأسيتيت، وتعرف الألياف باسم الأسيتيت.

وقد استخدم في بادئ الأمر المذيب العضوي الكلوروفورم عام 1894 م إذابة أسيتات السيللوز حتى كان عام 1903، واستخدم مذيب الأسيتون الاقتصادي، وكان يستخدم الأسيتيت في بادئ الأمر كطلاء لأغراض صناعية قبل تطوير المادة للأغراض النسيجية وفي عام 1921 نجحت مصانع سيلانس Cilanese في إنتاج خيوط الأسيتيت، إلا أن المشاكل التي واجهت هذه الخيوط هي فقد قابلية الألياف للصباغة، مما استوجب إجراء تميؤ سطحي للألياف لتمتص مادة الصباغة ولكن هذا أدى لضعف الألياف وتقليص متانتها. ولقد أمكن فيما بعد تطوير مادة الصباغة المناسبة دون الحاجة لعملية الإماهة hydrolysis.

طريقة تصنيع ألياف الأسيتيت: يوضح الشكل 3-5 طريقة تصنيع ألياف الأسيتيت.

تتم عملية تصنيع ألياف(خيوط) الأسيتيت كما يلي (الشكل 3-5):

أ-عملية تنقية المادة الخام Cellulose Purification: تُصنع ألياف (خيوط) الأسيتيت من سيللوز الخشب أو زغب القطن كما في صناعة رايون الفسكوز ورايون الكوبرا، ويخضع السيللوز لعملية تنقية بمادة قلوية ويغسل وذلك لرفع نسبة الألفا سيللوز. كما أنه أحياناً يخضع السيللوز لعملية تبييض باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم sodium hypochlorite. بعد ذلك يغسل السيللوز ويجف لتهيئته لمرحلة النقع steeping أو عملية الأستلة والأسترة.



الشكل 3-5: طريقة تصنيع ألياف ثنائي الأسيتيت Di-acetate rayon

ب-عملية الأستلة والأسترة Acetylation and Esterification: ينقع السللوز من عوادم زغب القطن أو الخشب، بعد عملية التنقية، في حامض الخليك acetic acid مع مادة أنهيدرو الخليك إضافة إلى مادة محفزة، كحامض الكبريتيك، وذلك في عملية عجن Kneading، وبعد إكمال عملية الأستلة يترك المحلول لمدة نضج، فيتكون أسيتيت السيلولوز الأولى primary cellulose acetate، وهو سائل صافي يسمى acid dope.

ج-عملية الإماهة Hydrolysis: يضاف الماء إلى المحلول الناتج ثم يرسب أسيتيت السيلولوز ويغسل الراسب المتكون precipitate ويخفف ويحول إلى مبشور أبيض white flakes، وهي تمثل سيلولوز في شكل خلات أسيتيت ثنائي secondary acetate أو أسيتيت منتظم regular acetate، وفي أثناء عملية الغسيل يزال الفائض من حامض الخليك وحامض الكبريت.

د-الإذابة وتكوين محلول الغزل: يذاب مبشور أسيتيت السيلولوز بعد إزالة الفائض من حامض الخليك وحامض الكبريتيك في الأسيتون الذي يحتوي على قليل من الماء (10%) ويترك المحلول لمدة عشر ساعات ويكون المحلول في شكل خلات ثنائية-di acetate أو أسيتيت منتظمregular acetate، وهو يمثل محلول الغزل spinning dope.

هـ-عملية الغزل spinning process: يرشح المحلول بعد ذلك لإزالة الشوائب وأي أسيتيت لم يذاب ويمكن إضافة بعض المواد الكيماوية قبل إجراء عملية الغزل، وذلك مثل ثاني أكسيد التيتانيوم titanium dioxide لتقليل حدة لمعان الأسيتيت، وكذلك يمكن إضافة الصبغات في هذه المرحلة. بعد ذلك يضخ المحلول في فونيات الغزل ويغزل الأسيتيت بطريقة الغزل الجافdry spinning. وبعد خروج الألياف من الفونية يقابلها تيار هواء ساخن يعمل على تبخير الأسيتون الذي يمكن استعادته تاركاً خلايا الأسيتات في صورة شعيرات تسحب لتوجيه الجزيئات محورياً وهي مازالت في حالة تعجن قبل تبخر كل الأسيتون وذلك لتحسين متانة الألياف.

يُجمع الهواء المشبع ببخار الأسيتون ويمكن تكثيف الأسيتون لإعادة استعماله. تلف الخيوط في بكرة في حالة إنتاج خيوط مستمرة. وفي هذه الحالة تكون فونية الغزل بعدد من ثقوب أقل مما في حالة استخدام الألياف كألياف قصيرة، وتقطع الألياف الخارجة من فونية الغزل التي تكون في هذه الحالة بعدد كبير من الثقوب. هذا ويختلف رايون الأسيتيت الثنائي عن رايون الفسكوز ورايون الكوبرامونيوم ويشبه في مظهره ألياف الخلات الثلاثية tri-acetate.

استخدام ألياف الأسيتيت:

تستخدم ألياف الأسيتيت في صنع الأقمشة وخاصة الأقمشة النسائية، وتتمتع الألياف بخاصية العزل الكهربائي، ولذلك تستخدم في عزل الأسلاك الكهربائية. كذلك تخلط الألياف مع ألياف الصوف لصنع أقمشة ذات خصائص متميزة.

3-1-5-2-ألياف أخرى معدلة:

تمثل الأمثلة التالية أليافاً معدلة من ألياف السيللوز:

3-1-5-2-1-ألياف ثلاثي الأسيتيت Tri-acetate rayon

تصنع هذه الألياف من نفس المادة الخام التي تستخدم للأسيتيت الثنائي di-acetate وهي لب الخشب أو زغب القطن، وطريقة تصنيعها شبيهة بطريقة صنع ألياف الأسيتيت الثنائي حتى مرحلة التعتيق التي لا تطبق لألياف الأسيتيت الثلاثي لاستبعاد عملية الإماهة. وتعرف ألياف الأسيتيت الثلاثي على أنها ألياف أسيتات السيللوز cellulose acetate الذي تتم فيه أستلة acetylation بنسبة 92% على الأقل من مجموعات الهايدروكسيل hydroxyl group ولا يستخدم مذيب الأستون في الأسيتيت الثلاثي وإنما يستخدم بدلاً منه كلوريد الميثيلين methylene chloride، وتتم عملية الغزل كما للأسيتيت الثنائي، أي بطريقة الغزل الجاف dry spinning.

وفي حالة استخدام الألياف كخيوط مستمرة، فإن كثافة الثقوب في فونية الغزل تكون صغيرة للحصول على خيوط بكثافة خطية أعلى higher linear density (دينير/تكس)، أما إذا كانت الألياف ستستخدم كألياف قصيرة staple fibers فتحتوي الفونية على عدد كبير جداً من الثقوب.

لتحسين جودة الألياف بتحسين درجة بلمرة ألياف الأسيتيت الثلاثي تخضع الألياف لمعاملة حرارية (وفي حدود الأمان تكون الحرارة الجافة حوالي 200°م والحرارة الرطبة بالبخار حوالي 130م°، وهذا يؤهل الألياف لتحتفظ بذات الشكل المورفولوجي الذي كانت عليه خلال المعاملة الحرارية.

هذا وألياف الأسيتيت هي عبارة عن بوليمير يتكون من وحدات أسيتات السيلولوز، فإنه من وحدات الهايدروكسيد OH الثلاثة في الغلوكوز تستبدل بالوحدتين acetyl radicals OOCCH3، وتبلغ درجة البلمرة 350-400 ولمزيد من المعرفة يمكن استشارة المراجع المتخصصة في كيمياء الألياف.

خواص ألياف الأسيتيت:

ألياف الأسيتيت سواءً أكانت الثنائي المنتظم أو الثلاثي فهي ألياف يصنعها الإنسان man-made، ويمكن أن يضفي عليها الصفات المطلوبة من حيث الشكل بالتحكم في شكل الثقب في فونية الغزل spinnerette والتحكم في حجم الثقب حسب الكثافة الخطية (دينير/تكس) المطلوبة لإنتاج مختلف أنواع الخيوط.

كذلك يمكن التحكم في الصفات الفيزيائية للألياف بالشد أو المعاملات الحرارية أو استخدام مختلف المواد الكيميائية، وعلى سبيل المثال لا الحصر فإن استخدام ثاني أكسيد التيتانيوم titanium dioxide يقلل من لمعان ألياف الأسيتيت والأسيتيت الثلاثي ويسمى delustering.

3-1-5-2-2-الفسكوز ذو المتانة العالية High Tenacity Viscose:

لأن درجة التبلر degree of crystallinity لألياف الفسكوز لا تتعدى 40% فإن الفسكوز العادي لا يتمتع بمتانة القطن مثلاً، ولذلك نشأ الاتجاه لإنتاج فسكوز عالي المتانة، وذلك بتعديل في عملية الغزل وحمام التجمد. بهذا فقد أمكن في عام 1930 إنتاج فسكوز متوسط المتانة، وكان هذا مرحلة أولى للتوصل للألياف عالية المتانة، وذلك بتعديل نسبة سلفات الزنك في حمام التجمع من 0.8% إلى 4-6% مما ساعد في إبطاء عملية التحوير regeneration للسيللوز ونتج عن ذلك ألياف بمتانة عالية لها غشاء خارجي skin أكثر سمكاً ولب core أقل حجماً.

3-1-5-2-3-رايون بمتانة عالية عند البلل High Wet Modulus Rayon:

تمتاز هذه الألياف عن ألياف رايون الفسكوز العادي بمتانتها عند البلل High Wet strength، وذلك بتطبيق عدة عوامل للوصول لهذه الغاية وذلك بدرجة أعلى من البلمرة ونسبة أعلى من السيللوز وكذلك نسبة الصودا الكاوية للسيللوز تكون بدرجة أعلى، وكذلك نسبة ثاني كبرتيد الكربون carbon diselphideCS2 للسيللوز. كذلك زيدت نسبة سلفات الزنك في حمام الغزل spin bath وخفف تركيز الملح lower salt concentration، كما أن عملية التحوير regeneration تتم بمعدل أبطأ مما في الرايون

العادي. وكذلك يستخدم شدد أعلىhigher stretch. ومن كل ذلك فإن الألياف الناتجة تشبه في خواصها عند البلل ألياف القطن. وبالمقارنة مع ألياف الفسكوز العادي فإنها تفوقها في قوة الشد ولها استطالة أقل عند القطع حتى لو تعرضت الألياف لمؤثرات قوى شد عالية.

3-1-5-2-4-ألياف الفسكوز المجوفة Hollow Viscose Fibers

تتمتع هذه الألياف بضخامة وزن أكبر وتسمى أحياناً ألياف الفسكوز المضخمة inflated viscose ولها خاصية امتصاص بدرجة أكبر، كما أن حجمها الكبير يعطيها درجة غطاء أكبر بالمقارنة مع خيوط أخرى لها نفس الكثافة الخطية (دينير/تكس). كذلك تتمتع الألياف بملمس handle طري مثل القطن وعادةً تضاف كربونات الصوديوم Na2CO3 لحمام التجمد لتكوين ثاني أكسيد الكربون CO2 الذي يساعد في انتفاخ الألياف وتضخمها.

3-1-5-2-5-رايون مقاوم للحريق Flame-Resistant Rayon

نشأ الرايون المقاوم للحريق نتيجة للقوانين التي سنت، والتي تحظر استخدام الألياف القابلة للحريق في أغراض اللبس apparel، وهذه الظاهرة هي التي عجلت بعزوف المصنع والمستهلك عن استخدام نيترات السيللوز nitro cellulose لشدة اشتعالها. وألياف الرايون مقاومة للحريق لا تستخدم بكثرة لارتفاع تكلفة تصنيعها بالنسبة للسلع الاستهلاكية العادية consumer goods.

وإنما تجد استعمالات في مجالات صناعية أو أي أقمشة أخرى تتطلب خاصية التماسك الحراري thermal-bounding. هذا وإنتاج الرايون المقاوم للحريق تستخدم مواد كيميائية معينة مثل ألكايل فوسفازين alkylphosphazene مع الفسكوز العادي وتحدث أثراً دائماً بالقماش لمقاومته للحريق والذي لا يزول مع الاستعمال.

3-1-5-2-6-ألياف سيللوز أخرى

1- ألياف الجنيت Alginate fibers:

استكمالاً لأنواع الألياف المحورة السلولوزية فأنه لابد من ذكر ألياف لها الخاصية شبه النباتية وإن كانت ليست لها الأهمية المؤثرة في الصناعات النسيجية، تلك هي ألياف الجنيت من الأعشاب والطحالب البحرية، وتصنع ألياف الجنيت من طحالب وأعشاب البحر sea weeds، وتحتوي هذه الألياف على مواد أساسية شبيهة بالسيلولوز.

تصنع ألياف الجنيت باستخراج حامض الجنيك Algenic acid من أعشاب البحر، ويعامل هذا الحامض بالصودا الكاوية NaOH وينتج عن هذا التفاعل الجينات الصوديوم Sodium alginate (وتسمى الجين algine)، ثم يذاب الألجين في الماء لتكوين محلول الغزل spinning dope وبعد ترشيح المحلول وتنقيته من الشوائب يضخ خلال فونيات الغزل، ويغزل بطريقة الغزل الرطب wet spinning، ويضاف لحمام الغزل كلوريد الكالسيوم $CaCL_2$ وحامض هيدروكلوريدHCL مخفف ويحل الكالسيوم محل الصوديوم في محلول الغزل فتتكون شعيرات الجينات الكالسيوم calcium alginate وهي ألياف مقاومة للحريق.

ولكن من عيوبها أنها تذوب في المحاليل القلوية حتى المخففة، ولذلك لا تصلح هذه الألياف لأغراض اللبس apparel، فتتأثر بالغسيل العادي باستخدام الصابون.

وللتغلب على هذا العيب تعامل الجينات الكالسيوم بمحاليل أملاح معدنية فتتحول إلى أملاح غير ذائبة مثل الجينات الألمنيوم aluminum alginate، وكذلك ألياف ألجينات البريليوم beryllium alginate ولكن هذه الأخيرة ألياف سامة ولذلك لا تستخدم.

خواص ألياف الألجنيت

1- سطح الألياف مجعد والقطاع العرضي غير منتظم بين دائري وبيضاوي.

2- الخواص الميكانيكية: المتانة 1.6-2.0 غرام/دينير، وهي جافة وتنخفض المتانة عند البلل إلى 0.5 غرام/دينير. أما الاستطالة فهي 2-6% للألياف الجافة وتصل إلى 25% في حالة البلل.

3- الثقل النوع 1.8 جرام/سم^3 وهو أعلى من ثقل القطن.

4- الأثر الحراري: ألياف الجنيت مقاومة للحرارة احتوائها على الكالسيوم.

5- أثر الكيماويات: تذوب الألياف في المحاليل القلوية المخففة ولا تصلح لأغراض اللبس، فإن غسل الملابس بالصابون يحلل الألياف، ولذلك تحول الجينات الكالسيوم إلى أملاح معدنية لا تذوب مثل الجينات الألمنيوم. لا تتأثر الألياف بالمذيبات العضوية.

استخدام ألياف الألجنيت

تستخدم الألياف مخلوطة مع ألياف أخرى لصنع أقمشة لتذوب عند غسل القماش في محلول قلوي مخفف كالصابون مثلاً. وتبقى الخيوط من الألياف الأخرى في جسم القماش، وذلك لأغراض محددة. كذلك تستخدم خيوط الجنيت الكالسيوم والصوديوم في الطب في خياطة العمليات الجراحية، حيث يمكن أن تذوب الخيوط بعد تضميد الجروح، وكذلك تستخدم في حشو الأسنان.

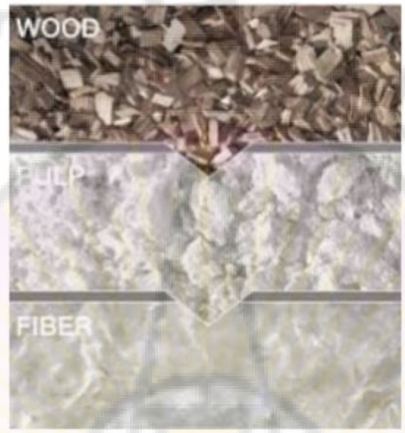
2- ألياف الليوسيل Lyocell Fibers

الليوسيل ألياف مصنعة من سيليلوز لب الشجر. صنعت لأول مرة في عام 1987من قبل شركة(Courtaulds Fibres U) ، ثم شركة لينزينغ (Lenzing AG) النمساوية التي ابتاعت عام 2004 خط إنتاج ألياف الليوسل من شركة Courtaulds) Fibres).

المُصنِّع شبه الوحيد عالمياً هو اليوم شركة لينزينغ (Lenzing AG)، التي تنتج الليوسيل وتسوقه منذ عام 2004 تحت العلامة التجارية باسم تنسل (Tencel).

معمل اللايوسل الأكبر في العالم موجود في مدينة هاليغينكرويتس (Heiligenkreuz) في النمسا، كما يوجد مصنعان آخران في كل من المملكة المتحدة في (Grimsby) والولايات المتحدة الأمريكية في موبيل.(أندريولي، تشيزاري ، وفريتي، فابريتسيو، (2004).

عرّفت لجنة التجارة الاتحادية (Federal Trade Commission) ألياف لايوسل بأنها ألياف سيليلوزية يتم الحصول عليها بعملية الغزل باستخدام مذيب عضوي. وصنّفته على أنه أحد الأصناف الفرعية للرايون. يستخدم لايوسل في تصنيع عديد من الملابس مثل الجينز، والبناطيل، والمعاطف، الشكل 3-6.



الشكل 3-6: منشأ الليوسيل

طريقة تصنيع الليوسيل:

تعد عملية انتاج ألياف الليوسيل تحديثاً للعمليات التقليدية المتبعة لإنتاج الفيسكوز، فبدلاً من اللجوء إلى عمليات التحويل الكيميائي المعقدة التي تسبب التلوث كحلقة وسيطة، فهي تقوم على أساس إعادة بناء السيليلوز من خلال محلول السليلوز بواسطة مذيب عضوي.

تصنع ألياف الليوسل عبر تذويب السليولوز (لب الخشب) مباشرة في أكسيد المورفولين (N-Methylmorpholine N-oxide)، معطيًا محلولاً يسمى «معجون»، ويدفع هذا المعجون في فوهة الغزل (المغزال) لتشكيل الألياف تُسحب لتترسب مجددا في الماء. تغسل الألياف بعدئذ وتسترجع المواد الكيميائية من المياه، وتنقى، ويعاد استخدامها. كما يمكن إعادة تدوير نفايات الأقمشة السليولوزية (القطنية) بتذويبها وتحويلها إلى ألياف ليوسل. يتم تصنيعه بالخطوات التالية:

- صنع اللب الخشب:

يتم حصاد الأشجار مثل أوكالبتوس وبيرش من مزارع الأشجار أو الغابات وإرسالها إلى المصنع ليتم نزعها وتقسم إلى عدة قطع. ثم يتم وضع هذه القطع الخشبية في الهضم الكيميائي لتلين في اللب الرطب. بعد ذلك يتم غسل اللب بالماء وفي بعض الحالات يتم تبييضه. تجفف ثم تدحرج على بكرات.

- **إذابة السليلوز:** إذابة السيللوز عن طريق تقسيمه إلى أجزاء صغيرة وتحميله في حاويات ساخنة مضغوطة مليئة بأكسيد أمين.

- **التصفية:** في هذه المرحلة بمجرد ذوبان السليلوز في المذيب إلى محلول واضح، يرش عبر مرشح، للتأكد من أن جميع السليلوز المقطوع قد ذاب.

- **الدوران:** في هذه المرحلة، يضخ المحلول عبر المغازل.

- **التجفيف:** يُجفف ويُشحم الماء في هذه المرحلة من ألياف الليوسيل عن طريق تسخينه. في هذه المرحلة، تمر خيوط الألياف عبر منطقة التشطيب، وتستخدم مواد تشحيم مثل الصابون أو السيليكون أو بعض العوامل الأخرى. هذا يساعد على فك خيوط الألياف وتسهيل عملية تمشيط الغزل والخيوط.

وأخيرًا، تلف خيوط الألياف الممزوجة وترسل أو تشحن إلى معمل النسيج.

خصائص الليوسيل:

ألياف Lyocell تمتلك كل مزايا الألياف الاصطناعية والطبيعية. ويعتقد أن المنتجات منها يمكن أن تتنافس تنافساً خطيراً مع المنتجات من المكونات الطبيعية. الأقمشة المصنوعة منها ناعمة وأنيقة ولامعة إلى حد ما، مثل الحرير، دافئة كالصوف، خفيفة كالقطن.

- **لون الليوسيل:** تم إنشاء لايوسيل مع مراعاة اللون، بسبب الامتصاص العالي للألياف. يمكن صبغ الأقمشة وفقًا لمعايير الجودة العالية.

- **امتصاص الرطوبة:** يتميز هذا النسيج البيئي بخاصية التهوية الطبيعية وامتصاص الرطوبة بنسبة 50% عن القطن.

– **مضادة للبكتيريا:** بسبب امتصاصها للرطوبة، فإن لايوسيل مضاد للبكتيريا أيضًا.

– **نعومة الليوسيل:** تتميز Leocell بسطح ناعم للغاية ناعم يضفي عليه شكلاً جميلاً لإطلالة كل شخصية.

– **عظيم للبشرة الحساسة:** يشعر سطح الألياف الناعم الخاص بشركة ليوسيل بالنعومة والمرونة في الجلد وقدراته المذهلة على الإبقاء على الجلد جافًا، مما يجعل ليوسيل نسيجًا رائعًا للبشرة الحساسة لذلك يستخدم في ملابس الأطفال.

– **المتانة:** يمكن لهذه الألياف الفائقة أن تصمد أمام الضرب عندما تكون رطبة وجافة، وتكون أكثر مقاومة للتجاعيد.

استخدامات الليوسيل كحشوات:

ألياف الليوسل حاليًا أكثر كلفة من إنتاج القطن أو الرايون، لكنها موجودة في منتجات الاستعمال اليومي. تستخدم الألياف في الملابس مثل الدنيم، تشينوChino) ، الملابس الداخلية، وغيرها من الملابس غير الرسمية، وحتى في مناشف الحمام والأغطية والشراشف والفرشات.

تستخدم ألياف لايوسل في المنتجات ذات المظهر الحريري، مثل الفساتين، وقمصان الرجال. يمكن مزج ألياف لايوسل مع مجموعة متنوعة من الألياف الأخرى مثل الحرير، والقطن، والرايون، والبولي استر، والكتان، النايلون، والصوف. كما تستخدم في تصنيع السيور الناقلة، وفي بعض الأوراق الخاصة والضمادات الطبية.

اليوم في السوق يمكنك العثور على مجموعة واسعة من الفراش مختلفة في المظهر واللون والحجم. لذلك، ليس من الصعب على أي مشتر أن يختار وسادة أو بطانية وفقا للمعايير المطلوبة (أندريولي ، تشيزاري ، وفريتي ، فابريتسيو ،2004).

3-2-تكنولوجيا ألياف البروتين المحول

Technology of Regenerated Protein Fibers

3-2-1-الألياف من بروتينات حيوانيةAnimal protein fibers

الكازاين Casein Fibers هو البروتين الرئيسي في اللبن، ويستخدم في صناعة ألياف محورة تحمل اسمه، ويصنع من اللبن الخالي الدسم skimmed milk بإزالة القشطة cream scum من سطح اللبن. ويعامل اللبن بمادة حامضية، ويرسب الكازاين، ثم يجفف للحصول على بودرة بيضاء. تعامل البودرة بمادة قلوية مخففة لتكوين محلول الغزل spinning dope وتغزل الألياف بطريقة الغزل الرطب ويستخدم لحمام التجمد حامض الكبريتيك المجفف H2SO4 مشبعاً بكبريتات الصوديوم Na2SO4 إضافة لمادة فورم الدي هايد formaldehyde وذلك لإحداث التقلص السريع للألياف. كذلك تعامل الألياف بأملاح الألمنيوم لإكمال التجمد للألياف. تضاف الأصباغ لمحلول الغزل لإنتاج ألياف بمختلف الألوان.

وفي حالة استخدام الألياف كألياف قصيرة staple fibers فإن الألياف المستمرة تقطع حسب الأطوال المطلوبة.

خواص ألياف الكازاين The Casein Fibers Properties

ألياف الكازاين شبيهة بألياف الصوف في مسلكها تجاه الصباغ وهي في ملمسها كذلك أشبه بالصوف، وهي كيميائياً مثل تركيبة الصوف الكيميائية وكلاهما مادة بروتينية، إلا أن الكازاين ليست لها خاصية التلبيد felting لأن سطحها خالٍ من الأقحاف والقشور scales التي يتميز بها الصوف عن سائر الألياف. لذلك تستخدم ألياف الكازاين مخلوطة مع الصوف لتخفيف حدة التلبد. وفي الصفات الميكانيكية فإن متانة ألياف الكازاين ضئيلة وهي في المتوسط 1 غرام/دينير وهي من أقل الألياف النسيجية متانة، ولكنها في الاستطالة فهي أعلى من الصوف.

ولقد شكلت الألياف التركيبية منافسة حادة بالنسبة لألياف الكازاين ونسبةً لأنها تصنع من اللبن، وهذا يعد من المواد الغذائية التي تدخل في غذاء الأنسان ولا ينبغي

التعرض لها، وكذلك نسبةً لأن الألياف التركيبية بعد الانطلاقة الكبرى في عام 1938 عام ميلاد ألياف النايلون (عديد الأميد) في أمريكا وما تلى ذلك من اكتشاف ألياف البولي استر عام 1941 في إنكلترا، وكذلك مجموعات أخرى من الألياف فقد تقلصت أهمية ألياف الكازاين شيئاً فشيئاً أمام المنافسة الحادة من الألياف الصناعية التركيبية.

فمثلاً تقلصت صناعة ألياف الفيبرولين من بروتين الكازاين المسترجع وكانت تنتج في بريطانيا، وكذلك الحال بالنسبة لألياف مارينوفا التي كانت تصنعها إيطاليا وهي من بروتين الكازاين.

3-2-2-ألياف محولة من بروتينات نباتية

Modified fiber from vegetable protein

أمكن تصنيع ألياف من بروتينات نباتية مثل الفول السوداني وفول الصويا والذرة، وبلغ الإنتاج مستواً تجارياً بالفعل، ولكن هذه الألياف لم تصمد أمام منافسة الألياف المسترجعة من السيلولوز، كرايون الفسكوز ولا من الألياف الصناعية الأخرى التركيبية synthetic، ولذلك لم تعد هذه الألياف ضمن الألياف التي يجري إنتاجها تجارياً اليوم.

هذا ولقد أنتجت اليابان أليافاً صناعية تحويلية من اللبن تشبه خواص الحرير الطبيعي من دودة القز وتشبه الخيوط والأقمشة من هذا الحرير الصناعي المحور الخيوط والأقمشة من الحرير الطبيعي. وتتميز العملية الصناعية اهذه الألياف بأنها أقل تكلفةً من الطريقة التقليدية في إنتاج الحرير المحور من الكازاين. إلا أنها لم تعمم تجارياً على أساس واسع بعد وربما تخضع لميزان الموازنات العامة في إنتاج اللبس على حساب الغذاء وما تحققه الألياف بهذه الكيفية بالمقارنة مع ما هو متاح الآن من ألياف تركيبية وهي يمكن تجويدها لتقليد أي صفات للألياف الطبيعية.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

الألياف الصنعية التركيبية Synthetic fibers

يتم تصنيع الألياف الصناعية إما من مواد موجودة في الطبيعية في شكل بوليمرات طبيعية من السيلولوز والمواد البروتينية. وتتم معالجة هذه المواد في سلسلة عمليات ميكانيكية وكيميائية وفيزيائية لعملية تحويل regeneration أو استرجاعها لتكوين محلول الغزل dope spinning الذي يضخ خلال فونيات الغزل لتكوين الألياف التي تمتاز بجزيئات طويلة السلاسل، هي من نفس المادة الخام الأصلية إلا أنه قد حولت.

أما الألياف التركيبية فهي تختلف عن الألياف المسترجعة إذ أنها من بوليمرات تركيبية polymers synthetic طورت لإكساب الألياف الخواص المطلوبة، كانت الانطلاقة في مجال هذه الألياف في عام 1938 حين استطاع W. Carothers على رأس فريق من الباحثين بتمويل من شركة ديبون في أمريكا تطوير ألياف النايلون 6.6 وهي من مجموعة عديد الأميد poly-amide. ويعني الرقمان 6-6 عدد ذرات الكربون في كل جزيء من هيكسا ميثلين ديامين hexeamethylene diamine وحامض أديبك adipic acid.

وفي عام 1941 طورت إنجلترا أليافاً من مجموعة البوليستر وأطلق عليها اسم تيريلين terrylene، ثم توالت الاكتشافات لتشمل مجموعات الألياف التركيبية الأربعة إضافة للمجموعتين أعلاه فقد طورت مجموعتنا مشتقات عديد الفينيل وعديد الأوليفين.

4-1- ألياف البولي أميد الأليفاتية وخيوطه Polyamide yarns and filaments

4-1-1-ألياف البولي أميد Polyamide fibers (Nylon)

يطلق على البولي أميد اسم النايلون Nylon ويعدّ النايلون من أهم الألياف الصنعية، أما الاسم الذي أعطى لهذا المنتج فهو ناتج عن دمج اختصار لكلمتي نيويورك "NY"ولندن "LON "فأصبح الاسم "NYLON" نايلون.

النـايلون: هـي تسمية لعائلـة من البوليميرات الصـنعية التـي تعرف عـادة بـالبولي أميدات الأليفاتية، وأول إنتاج لها كان في 28 شباط 1935، حين قام والاس كاروثرز بذلك في مركز أبحاث شركة دوبون. والنايلون هو أحد أكثر البوليميرات المستخدمة شهرة. وتدخل مادة النايلون في كثير من الصناعات وأهمها الأكياس وأغلفة الأطعمة والحقائب .

تاريخ النايلون:

فـي العـام 1927 قامـت الشـركة الأميركيـة "دوبونـت (DuPont) "بانشـاء مختبـر للأبحاث والتطوير، يهدف من خلاله دراسة طرق تركيب" المكثور "المكونة من مواحيد خطيـة والسـعي إلـى زيـادة عـدد المواحيـد، وقـد تـم توكيـل هـذه المهمـة إلـى "والاس هيـوم كاروترز ."

ففـي عـام 1928 قـام كـاروثيرز والمولـود فـي ولايـة أيـوا الأمريكيـة بتـرك وظيفتـه محاضراً للكيمياء العضوية في جامعة هارفارد ليقود فريق الأبحاث بمخابر شركة دوبونت في ديلاوير. وهناك بدأ برنامج أبحاث عن المكاثير بدراسة تشكلها والعوامل المؤثرة على خواصها، وبغضون عدة سنوات اكتشف هو ومساعدوه أن كوثرة (بلمرة) مزيج من حمض الأديبيك و6.1- ثنائي أمينو الهكسان ينتج مادة مكثورة يمكن سحبها إلى خيوط حريرية قوية .

وتم إطلاق اسم البولي أميد 6 على هذا الناتج المكثوري قبل أن يتم إيجاد اسم النـايلون 66 كـان أول تطبيـق عملـي للنـايلون كمنـتج للزبـائن فـي عـام 1938 عنـدما تـم استخدامه في صناعة شعيرات فراشي الأسنان إلا أنه وجد تطبيقًا كبيرًا له في أكتوبر 1939عندما استخدم في صناعة الجوارب النسائية وذلك بسبب مشابهته لملمس الحرير ولرخص ثمنه .

الخواص الطبيعية لألياف النايلون:

أ- تأثير الحرارة:

يلين النايلون بالحرارة ولهذا يجب الحرص عند كي الملابس المصنوعة منه فإن ارتفاع درجة الحرارة يعمل على تغير شكل الألياف مع لمعان سطح الخامة وذلك بسبب

ليونة الألياف التي تنصهر عند درجة من 250 – 190 درجة مئوية ثم يتحلل الى نشادر وماء وثاني أكسيد كربون وإذا تعرض النايلون لدرجات حرارة عالية في وجود الهواء فإن هذا يعمل على تلون الخامة بلون أصفر.

كما أن النايلون يشتعل ولا يساعد على انتشار اللهب، وبإزالة اللهب يقف الاشتعال.

ب- المتانة والمرونة والدقة:

يتصف النايلون بقوة أليافه ومتانتها ومرونتها والقدرة على الالتواء وهو من أكثر الألياف دقة ويمكن سحبه في درجات حرارة عالية إلى خيوط أكثر دقة.

ث- الكثافة النوعية:

المعروف عن النايلون أنه أخف الخامات فتصل كثافته الى 1.15 غ/سم^3 .

ج-امتصاص الرطوبة:

تعد قلة امتصاص النايلون من أهم عيوبه ولذلك لا يستخدم في صناعة الملابس الداخلية نظراً لفقد امتصاصه للعرق وقدرته الضعيفة على نفاذية بخار الماء.

د- العزل الكهربي:

النايلون الجاف غير موصل للكهرباء لذلك يستخدم النايلون بكثرة في عزل سلوك الكهرباء.

هـ- تأثير الماء:

ينكمش النايلون بالغمر فى الماء ارتباطاً بدرجة حرارة الماء، فالغمر فى الماء البارد يعمل على انكماش النايلون بمقدار % 2 والغمر فى الماء الساخن يعمل على انكماش النايلون بنسبة% 8 بينما يؤثر البخار تأثيرا بالغا إذ تصل نسبة الانكماش إلى% 15 .

ن- تأثير بخار الماء:

يأخذ النايلون شكلاً ثابتاً عند تعرضه لبخار الماء الساخن لمدة وجيزة من الوقت ولا يفقد هذا الشكل بعد ذلك بعمليات الغسيل والتنظيف، بشرط أن تكون درجات الحرارة التي يتم فيها الغسيل والتنظيف أقل من درجات الحرارة التي جرى فيها التثبيت الحراري.

الخواص الكيميائية لشعيرات النايلون:

أ- تأثير الأحماض :

- يذوب النايلون بسرعة في الأحماض المعدنية المركزة على البارد مثل حامض الكبريتيك- وحامض النيتريك
- لا تؤثر الأحماض المعدنية المخففة على البارد ولكنها مع التسخين تؤدى الى تحلل النايلون.
- لا تؤثر الأحماض العضوية على النايلون إلا في درجات الحرارة المرتفعة.
- لا يتحمل النايلون عملية التفحيم التي تجرى على الصوف، ولكنها تجرى باستخدام حامض- كبريتيك بتركيز % 4 لمدة ساعة دون أن تؤثر على ألياف النايلون.

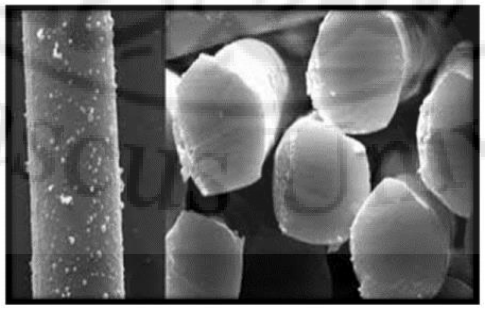
ب- **تأثير القلويات:** يقاوم النايلون القلويات وبذلك فهو يتفوق على الصوف الذي يتأثر بشدة بالقلويات.

ج- تأثير الكلور: النايلون حساس جداً بالنسبة للكلور، ولذلك لا يستخدم الكلور في عمليات تبيض النايلون، ولذلك يمكن استخدام ماء الأكسجين مع البرمنجنات البسلفيت.

د- تأثير الصبغات :يمكن صباغة النايلون بالصبغات القاعدية والحامضية مثل الصوف والحرير الى جانب الصبغات المنتشرة.

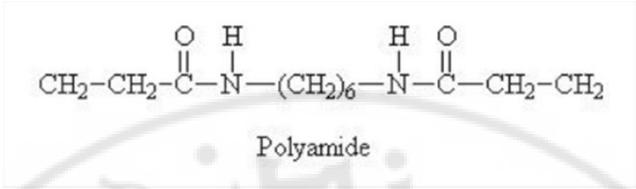
المقطع العرضي والطولي للنايلون:

يوضح المقطع العرضي لألياف النايلون تحت الميكروسكوب وهو شبه كامل الاستدارة.



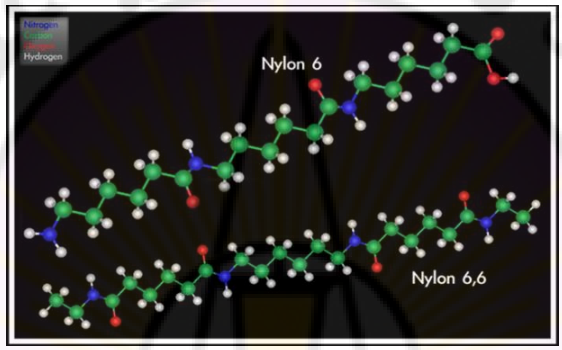
الشكل 4-1: المقطع العرضي والطولي للنايلون

التركيب الكيميائي للبولي أميد(النايلون):



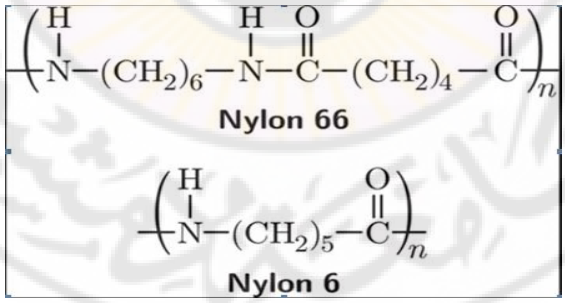
الشكل 4-2: التركيب الكيميائي للنايلون

النايلون 6 ونايلون 66:



الشكل 4-3: نايلون 6 ونايلون 66

الصيغة الكيميائية لنايلون 6 ونايلون 66:



الشكل 4-4: الصيغة الكيميائية لنايلون 6 ونايلون 66

خطوات صناعة نايلون66 :

يمر النايلون 66 بمجموعة خطوات يمكن عرضها كالتالي:

أ- **تكوين ملح النايلون:** يتكون ملح النايلون من خلال تفاعل حامض الأديبيك وهكتاميثيلين داي أمين Hexamethylene Diamine and Adipic Acid الذي يتكون من

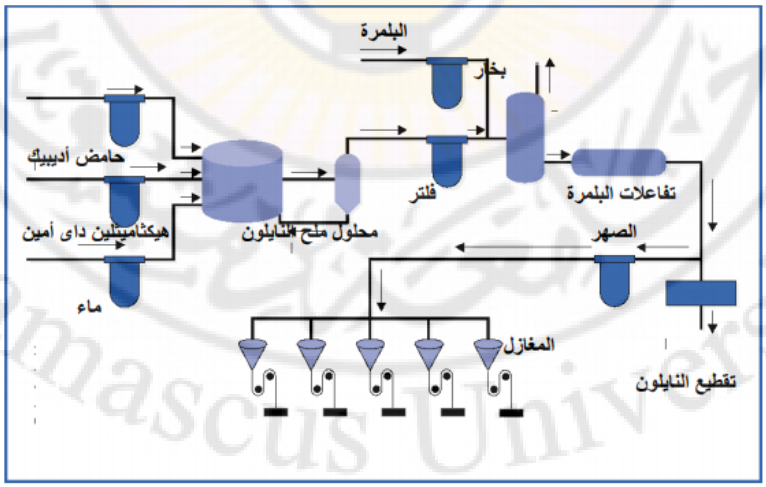
خلال خلطهما مع الماء وينبغي تصفية المياه لإزالة المعادن والأكاسيد الضارة حتى لا تلوث ملح النايلون ويؤثر على عملية البلمرة وملح النايلون المترسب ينصهر عند 183 درجة مئوية.

ب- البلمرة: في هذه العملية الكيماوية ينتج بوليمر النايلون باستخدام مادة كابرولاكتوم وحامض أسيتيك لتنظيم عملية البلمرة وتجري هذه العملية في مراجل خاصة كما هو موضح بالشكل وفي معزل عن الهواء مع تسخين منظم يصل بدرجة الحرارة في حدود من230- 280 درجة مئوية مع الضغط العالي.

ويكون النايلون الناتج على شكل سائل غليظ القوام، ويمرر النايلون المنصهر عبر فتحات دقيقة مستطيلة ثم ينساب على أسطوانة خاصة معرضاً لتيار من الماء البارد مما يجعل يتجمد.

ج- تقطيع شريط النايلون: يمر شريط بوليمر النايلون على ماكينة تقطيع لتقوم بتحويل الحبل المستمر الى خرز النايلون.

د- الصهر: في هذه العملية يتم صهر خرز النايلون تمهيداً لضخه إلى فونيات الغزل ذات الثقوب الدقيقة حسب النعومة المطلوبة.



الشكل 4-5: صهر النايلون، (بوبينات لف النايلون المغزول)

ح- الغزل: وتسمى بعملية الغزل الانصهاري وفيها يضخ البوليمر المصهور من خلال ثقوب فونية الغزل، وبمجرد خروج المصهور من الثقوب يقابله هواء بارد فتتجمد الشعيرات، وينتج شعيرات النايلون المستمرة ويلاحظ أن تجري عملية الغزل في وجود غاز خامل مثل النتروجين ولا تجري في وجود الأكسجين الجوي الذي يؤثر تأثيراً ضارا على المادة المنصهرة.

الشكل 4-6: غزل النايلون

خ- السحب والبرم: في هذه العملية يجرى شد على الشعيرات الناتجة ويمكن شد النايلون الى أربعة أمثال طوله الأصلي، ثم تعطى برمات وتدور على بكر بالشكل المطلوب لإنتاج خيوط نايلون بشعيرات مستمرة الشكل 4-7.

الشكل 4-7: سحب وبرم النايلون

وتحدد نسبة السحب درجة المطاطية لألياف النايلون تحديداً كبيراً، كما هو موضح بالجدول (4-1).

الجدول 4-1: نسبة السحب ومعامل المطاطية

نسبة السحبDraw Ratio	معامل المطاطية(GPa) Elastic Modulus
1	1.97
2	2.74
3	3.70
4	4.59

يتضمن الجدول 4-2: خصائص نايلون 66:

الجدول 4-2: خصائص نايلون 66:

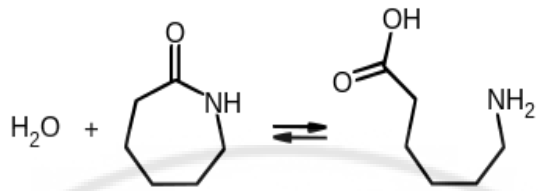
الكثافة	1.15غ/سم^3
الناقلية الكهربائية(σ)	10^{-12}سيمنز/متر
الناقلية الحرارية	0.25 (واط/متر•كلفن)
درجة الانصهار	463 كلفن 624كلفن 190° مئوية° - 250 مئوية 374° فهرنهيت °663-فهرنهيت

النايلون 6:

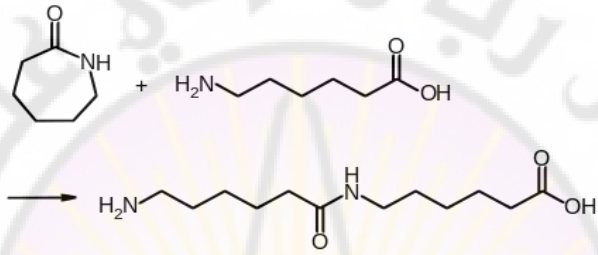
أطلت ألمانيا على هذا النوع اسم برلون، بينما يسمى في البلدان الأخرى نايلون 6 ويشير رقم النايلون هنا 6 إلى أنه مكون من تكاثف ذاتي لمركب واحد يحتوى على6 ذرات من الكربون، وتجرى عملية غزل نايلون 6 وصهره بنفس الطريقة التي يجري فيها غزل وصهر نايلون 66 .

التحضير:

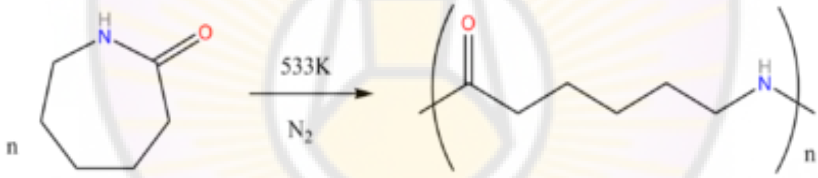
يحضّر نايلون 6 من تفاعل بلمرة فتح الحلقة لمركب كابرولاكتام، والذي لديه 6 ذرات كربون، ومن هنا أتت الترميز بالعدد 6، وللتمييز عن نايلون 66 ، يحدث في البداية تفاعل حلمهة للكابرولاكتام يحدث فيه فتح للحلقة :



يتفاعل الحمض الأميني الناتج مع جزيء كابرولاكتام آخر ليتشكل ديمر :



ويستمر تفاعل البلمرة لنحصل على الناتج حسب شروط التفاعل:



درجة كلفن = الدرجة المئوية + 273.15

خصائص نايلون 6:

إن لأليـاف بـوليمر نـايلون 6 خصـائص جيـدة، فـي مقاومـة الشـد إضـافة إلـى المرونة، كما أنها مقاومة للتجعد، وتتمتع بثباتية جيدة تجاه الأحماض والقلويات .

الجدول 4-3: خصائص نايلون 66:

الاسم النظامي (IUPAC)*	poly(hexano-6-lactam)
صيغة جزيئية	$(C_6H_{11}NO)_n$
الكثافة	1.08 غ/سم^3

***International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)**

* الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية

استخدامات نايلون 6:

أنتج سنة 2010 حوالي 4 طن من نايلون 6، وكان توزيع نسبة الاستهلاك في إنتاج سنة 2008 كالتالي: 60% في صناعة النسيج والألياف 20% في تطبيقات هندسية، 10% في صناعة الرقائق والأفلام.

أوجه الاختلاف بين نايلون 66 ونايلون6 ، (الجدول 4-4):

الجدول 4-4: الاختلاف بين نايلون 66 ونايلون

وجه المقارنة	نايلون66	نايلون6
المتانة	متانة عالية	أقل في المتانة
نعومة الملمس	أقل نعومة في الملمس	ناعم الملمس
الصباغة	يمكن صباغته	أكثر سهولة في الصباغة
درجة حرارة الانصهار	ينصهر في درجة حرارة 190-250 درجة مئوية	ينصهر في درجة حرارة أقل

معالجات أخرى على ألياف النايلون:

يمكن إجراء بعض العمليات على شعيرات النايلون للحصول على تأثيرات زخرفية أو مظهرية في خيوط النايلون الناتجة مثل عمليات التضخيم، السحب والتجعيد.

- **التضخيم** :تجرى هذه العملية على خيوط النايلون لإعطائها شكلا متضخماً وذلك بتسخين الخيط ثم تجعيد الشعيرات وتبريدها لإنتاج خيوط النايلون ذات المطاطية العالية.
- **السحب والتجعيد:** تجرى هذه العملية في خط إنتاج ألياف النايلون، حيث تجمع أشرطة الشعيرات المستمرة من فونيات الغزل ويجرى عليها شد وتجعيد.

استخدامات النايلون بشكل عام:

في السنوات الأخيرة اتسع نطاق استخدام شعيرات النايلون في مجالات عديدة يمكن عرضها كالآتي:

1- في صناعة الملابس:

- في صناعة جوارب السيدات والرجال
- في صناعة ملابس البحر
- في صناعة البلوزات والملابس الداخلية للسيدات
- في صناعة الأقمشة الخفيفة مثل الفوال والجورجيت

2- في صناعة أقمشة الأرضيات:

يستخدم النايلون على نطاق واسع في صناعة السجاد والموكيت وفرش الأرضيات

3- في الأغراض الطبية:

في صناعة فرش الأسنان وأدوات الجراحة. (سلطان، دار المعارف).

4- في الأغراض الصناعية:

- في صناعة الحبال والسيور
- في صناعة المرشحات المستخدمة فى معاصر الزيوت
- في صناعة المناخل
- في صناعة خيوط السراجة
- في صناعة شباك الصيد
- في صناعة أحبال وأقمشة مظلات الهبوط

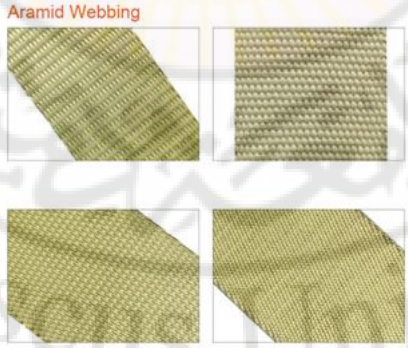
4-1-2-ألياف الأراميد Aramid

ألياف الأراميد هي ألياف تركيبية حصل عليها عن طريق غزل التكثيف المتعدد الغزل من العطريات. تحتوي الألياف على مقاومة جيدة للحرارة وخصائص عزل، ولها خواص كيميائية مستقرة للعمل، وهو مقاوم جدًا للأحماض الضعيفة والقواعد الضعيفة ومعظم المذيبات العضوية. ومع ذلك، فإنها ضعيفة المقاومة للضوء. إذا حفظ عليه لمدة عام واحد تحت التعرض لأشعة الشمس، فإن شدته (التوتر تحت منطقة المقطع العرضي للوحدة) ستنخفض بنسبة 50 %. لذلك، من الضروري عادة إضافة مثبت ضوئي لمنع ذلك.

الاسم الكامل للأراميد هو "ألياف البولي أميد العطرية"، وهو نوع جديد من الألياف الاصطناعية ذات الأغراض الخاصة. هناك نوعان عمليان من الأراميد: أحدهما عبارة عن ألياف ميتا–أراميد مع ترتيب متعرج في السلسلة الجزيئية، وهو ما يسمى الأراميد 1313 في الصين؛ والآخر هو الألياف شبه الأراميد مع ترتيب سلسلة الجزيئية الخطية. الصين تسميها ارامید 1414.

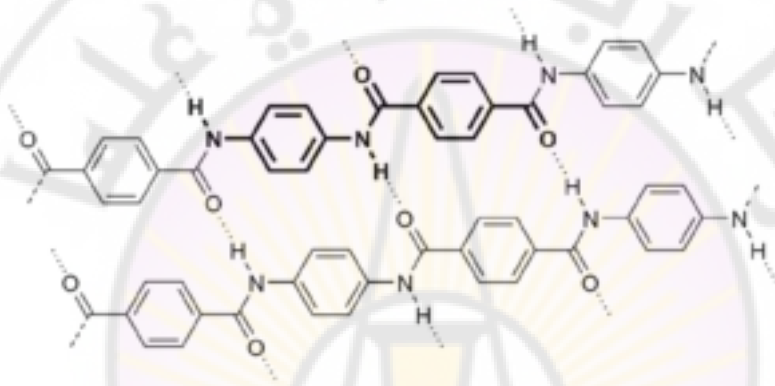
يبلغ الإنتاج العالمي للأراميد 1313 حوالي 32000 طن، كما أن العرض والطلب متوازنان أساسًا. في العرض والطلب المحلي، يبلغ الطلب على الأراميد في الصين حوالي 10000 طن، في حين يبلغ إجمالي الطاقة المحلية 8600 طن. وتبلغ الطاقة العالمية شبه الأراميد حوالي 65000 طن. في عام 2011، كان الطلب العالمي شبه الأراميد حوالي 53000 طن. المنتجان الرئيسيان في العالم شبه الأراميد هما دوبونت وتايجين اليابانية، بطاقة تبلغ 28600 طن و28،450 طن على التوالي، تحتكران السوق الدولية تقريبًا. يبلغ الطلب السنوي على شبه الأراميد في الصين أكثر من 5000 طن، وكلها تعتمد على الواردات، والسعر المستهدف هو 200000 يوان / طن.

تقوم شركة Weaver Textile بإنتاج مواصفات مختلفة من حزام الأراميد، ويمكن الحصول على منتجات عالية الجودة بسعر معقول. بعض الصور من أشرطة الأراميد مبينة في الشكل 4–8.



الشكل 4–8: أشرطة الأراميد

بنية بارا أميد: أراميد أحد أصناف الألياف الصنعية القوية والمقاومة للحرارة. يستخدم في التطبيقات العسكرية وصناعة الفضاء، ونسيج تسليح جسم الصواريخ البالستية، وكبديل لمادة الأسبستوس. كيفلر هو اختصار من (Aromatic polyamide). وهي عبارة عن ألياف فيها السلاسل الجزيئية متوجه بدرجة عالية على طول محور الليف، وبالتالي تزداد إمكانية نشوء الروابط الكيمياوية بين السلاسل الجزيئية.



الشكل 4-9: بنية بارا أميد

إنتاج ألياف الأراميد:

الأراميد Aramid ألياف صناعية مشابهة للنايلون، غير أنها أقوى من الفولاذ. وكما هو الحال في ألياف النيلون يصنع الأراميد من مركبات كيميائية تسمى الأميدات. وترتبط الأميدات بحلقات أروماتية (حلقات من ست ذرات كربون من بينها مع ثلاث روابط كيميائية مزدوجة بين الذرات)، لتكون جزيئات تشبه السلسلة تسمى البوليمرات. ولكن بخلاف الأميدات في النايلون، يتم ربط 85% على الأقل من الأميدات في الأراميدات مباشرة باثنتين من الحلقات الأروماتية. ويؤدي هذا الترتيب إلى نسيج أكثر قوة وأكثر مقاومة للحرارة من النايلون.

اكتشفت الكيميائية "ستيفاني كوليك" وكانت تعمل في معامل دو بونت الارميد في أثناء تجاربها لإنتاج مادة تصلح لصناعة إطارات السيارات. وقامت في أثناء ذلك بإجراء

خلطة من مبلمر ومذيب وكان الناتج غريبا عن المتوقع . ولم تتكئ على احتمال وقوعها في خطأ، بل تابعت الأمر وأتضح لها أنها قد اكتشفت مادة جديدة أقوى من الفولاذ.

تغزل ألياف الأراميد ويصنع منها أنسجة قوية جداً. تصنع منها صداري واقية من الرصاص، وعتاد حربي يستخدم في المعارك. كما لها أغراض مدنية مثل صناعة مضارب التنس وطلاء أواني الطبخ فهو يتحمل الحرارة العالية. كما يستخدم الأراميد في صناعة القوارب وصناعة مراوح طاقة الرياح. وعلاوة على ذلك تستخدم الياف الأراميد في صناعة إطارات السيارات.

خصائص ألياف الأراميد:

تشارك ألياف الأراميد ميزة توجه السلاسل الجزيئية مع ألياف أخرى تسمى عديد الإثيلين مفرط الوزن الجزيئي، وهذه الخاصية تعطي الأراميد خصائصه المميزة التالية:

- مقاومة جيدة للحك.
- مقاومة جيدة للمذيبات العضوية.
- غير ناقل للكهرباء أو الحرارة.
- لا يوجد له نقطة انصهار، وإنما يبدأ التفكك عند درجة حرارة 500 م.
- بطيء الاشتعال.
- قماش متماسك عند درجات الحرارة العالية.
- حساس للحموض والأملاح.
- حساس للأشعة فوق البنفسجية.
- يميل إلى تكون شحنة ساكنة إذا لم يعالج.

بارا أراميد Para Aramid:

تتميز ألياف بما يلي:

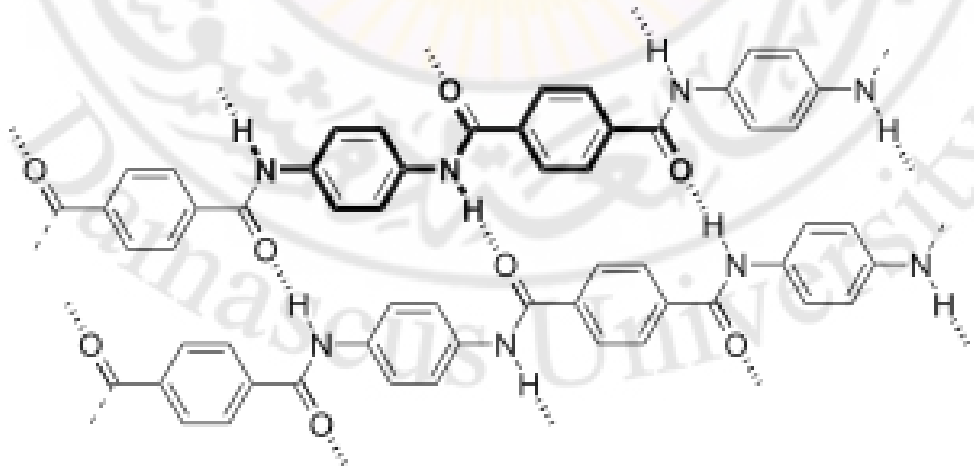
- خصائص مميزة بمقارنة نسبة قوتها إلى وزنها.
- معامل يونغ مرتفع.
- متانة عالية.

- زحف منخفض.
- استطالة منخفضة عند الانكسار (3%).
- صعبة الصباغة، تصبغ عادة أثناء تشكيلها.

4-1-3-ألياف الكيفلار Kevlar fibers

البنية الجزيئية لألياف كيفلار. الخط الغامق يشير إلى المونومر، الخط المنقط يشير إلى روابط هيدروجينية.

ألياف كيفلار Kevlar هي علامة تجارية لألياف اصطناعية من البارا أراميد، قوية وخفيفة، وتشبه ألياف الأراميد الأخرى مثل نومكس وتكنورا. طورت شركة دو بونت في عام 1965 ألياف كيفلار، واستخدم تجارياً لأول مرة فيبدايات 1970 كبديل للفولاذ في دواليب سيارات السباق. استخدامه النموذجي يغزل إلى حبال أو نسجه إلى أقمشة، استخدم مكوناً أساسياً في المواد المركبة. يوجد الآن عدة تطبيقات لألياف كيفلار، من دواليب الدراجات الهوائية، وزوارق السباق الشراعية، وتقوية هياكل الأجسام، وذلك لخصائصه المميزة مقارنة بوزنه، ويعد أقوى بخمسة أضعاف من الفولاذ بنفس الوزن. يوجد نوع آخر من الألياف يسمى تويرون بنفس البنية الكيمائية تقريباً، يصنع الآن من قبل شركة تايجين (Teijin).



الشكل 4-10: ألياف كيفلار Kevlar لألياف كيفلار Kevlar

خصائص ألياف كيفلار Kevlar

عندما تغزل ألياف كيفلار تنتج أليافاً ذات مقاومة شد كبيرة (3000 ميجاباسكال)، ذات كثافة نسبية (1.44)، وعند استخدامه مواداً منسوجة، فإنه مناسب لحبال إرساء السفن، وتطبيقات أخرى تحت الماء.

يوجد ثلاثة أنواع من ألياف كيفلار: كيفلار، كيفلار-29، كيفلار-49. تستخدم ألياف كيفلار أساساً لتدعيم الدواليب. تستخدم ألياف كيفلار-29 في صناعة الكابلات، وكبديل للأسبستوس، وبطانة المكابح، وتصنيع السترات الواقية. تتميز ألياف كيفلار-49 بأكبر مقاومة شد بين أنواع ألياف الأراميد، وتستخدم كمواد بلاستيكية داعمة لهياكل القوارب والطائرات والدرّاجات. إن الأشعة فوق البنفسجية لضوء الشمس تحلل وتفكك ألياف كيفلار، بما يعرف بالانحطاط بالأشعة فوق البنفسجية. ولذلك لا تستخدم ألياف كيفلار في الاستخدامات الخارجية بدون حماية من ضوء الشمس.

الخصائص الكيميائية لألياف كيفلار Kevlar:

تتألف ألياف الكيفلار من سلاسل جزيئية طويلة مصنّعة من poly-) PPTA (paraphenylene terephthalamide. تكمن قوة ألياف كيفلار في الروابط الكيميائية المتعددة بين السلاسل الجزيئية. كما يأتي جزء من قوة ألياف كيفلار العالية من الروابط الهيدروجينية لسلاسل البوليمير المتجاورة المتشكلة بين زمرة زمر الكاربونيل والبروتونات من سلاسل البوليمير المجاورة وروابط تكدس الحلقات العطرية للبنزينوئيد بين الفروع المتراصة. إن لهذه الروابط تأثيراً أكبر على ألياف كيفلار من قوى فان دير فالس وطول السلسلة الذي يؤثر على خصائص بوليميرات وألياف تركيبية أخرى مثل داينيما. إن وجود بعض الأملاح والشوائب، وخصوصاً الكالسيوم في أثناء التصنيع، يمكن أن يؤدي لدخولها في الروابط بين السلاسل الجزيئية، لذلك تؤخذ الحيطة في أثناء إنتاجه. تتألف بنية كيفلار من جزيئات صلبة نسبياً تميل لتشكيل بنى مسطحة صفائحية تشبه البروتين في الحرير.

الخصائص الحرارية لألياف كيفلار Kevlar:

إن المقاومة الحرارية للكيفلار عالية مقارنة بالبوليمرات الأخرى، كما أنه يحافظ على قوة الشد ورجوعيته في درجات حرارة منخفضة تصل إلى -196°م. ومن الملاحظ أن قوة الشد له تزداد زيادة طفيفة في درجات الحرارة المنخفضة. عند ارتفاع درجة الحرارة عن حد معين، تبدأ مقاومة الشد في الانخفاض بما يصل إلى 10-20%، وتزداد هذه النسبة عند التعريض للحرارة العالية لعدة ساعات. على سبيل المثال فإن الكيفلار يفقد 10% من قوة الشد عند تعريضه لدرجة حرارة 160°م لمدة 500 ساعة، أما عند تعريضه لـ 260°م فإنه يفقد 50% من مقاومة الشد بعد 70 ساعة فقط. يتسامى الكيفلار عند درجة 450°م.((Kadolph, Sara J. Anna L. Langford, 2002)

4-2-ألياف البوليستر Polyester fibers and yarns

4-2-1-أهمية البوليستر

في الواقع إن كاروثر (مكتشف البولي أميد) هو أول من وجه اهتمامه إلى البولي أستر، ويسند اكتشاف ألياف البولي أستر إلى الكيميائيين الدكتور داكسون والسيد هوينفيلد، فقد تمكن هذان العالمان من مواصلة أبحاث العالم كاروثر حتى اكتشف البولي أستر، وأطلق عليه في البداية اسم تريلين، ثم أعطيت شركة ديبون (Du Pont) الأمريكية ترخيصاً لإنتاج متعدد الأستر بأمريكا، وسميت الألياف في بادئ الأمر بألياف (Fiber V) ثم غير الاسم إلى ألياف أميلر (Amiler)، وأخيراً استقر على تسميته بالداكرون وينطق (day-cron).

البوليستر هو فئة من البولميرات التي تحتوي على المجموعة الوظيفية استر في سلسلتها الرئيسية، وأعلن اكتشاف البوليستر بعد نجاح البولي أميد بثلاث سنوات وذلك في بريطانيا وقد أخذ الاسم التجاري تيرلين في المملكة المتحدة، Lavsan في روسيا، وداكرون في الولايات المتحدة، ونتيجة لخصائصه المميزة فقد انتشر إنتاج البوليستر ليحتل مركز الصدارة في إنتاج الألياف عالمياً .

وهناك عدة أسباب لأهمية البوليستر:

1- المواد الخام المصنع منها البوليستر سهل الوصول لها نسبياً.

2- عملية الحصول على البوليستر هي عملية كيميائية بسيطة جداً ومفهومة.

3- مستوى السمية المنخفض لجميع المواد الخام والمنتجات الجانبية خلال إنتاج البوليستر ومعالجتة.

4- الخصائص الميكانيكية والكيميائية المتميزة للبوليستر.

5- قابل لإعادة التدوير فإن البوليستر يعالج ويعاد تدويره في أكثر من 10000 مصنع في العالم.

6- تشكيلة واسعة من المنتجات المتوسطة والنهائية المصنوعة من البوليستر.

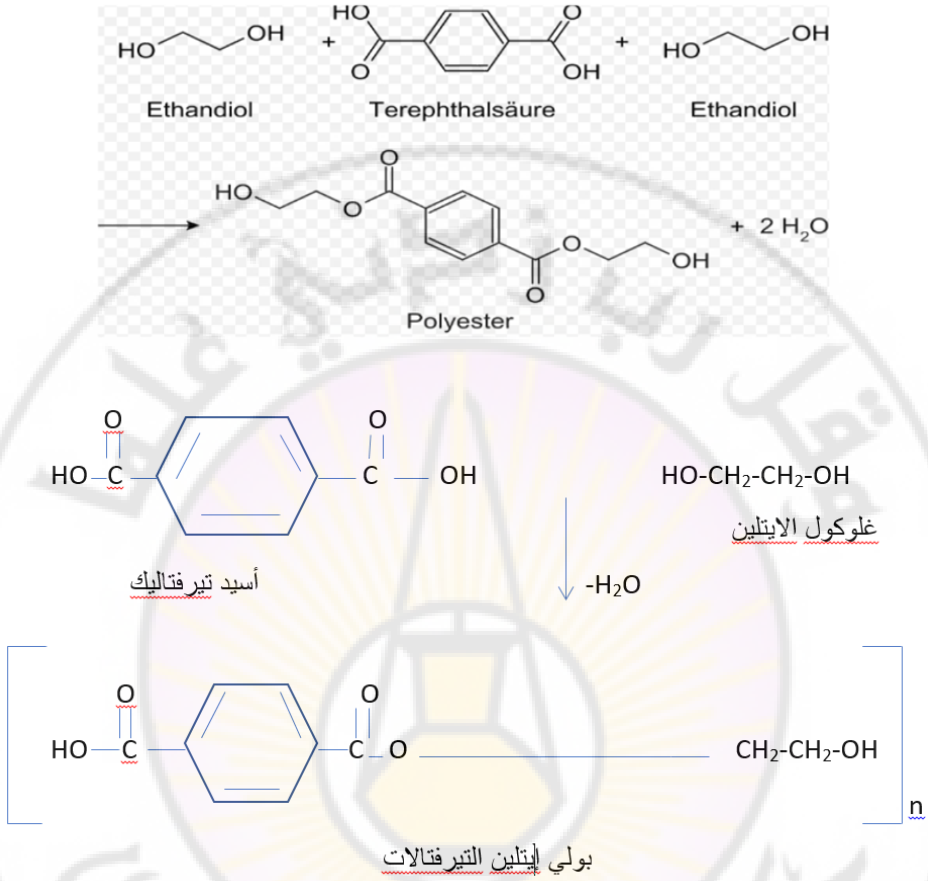
4-2-2-البنية التركيبية للبوليستر:

إن أحد الخصائص المميزة للبوليستر تعود إلى حلقات البنزين في السلسلة البوليميرية، ويؤدي وجود الجزيء العطري إلى قوة في السلسلة التي تمنع التشوه في المناطق غير المنتظمة (الشكل 4-11).

وتبدي ألياف البوليستر بالمقارنة مع ألياف البولي أميد ميلاً أكبر إلى تشكيل بنية بلورية، ويعزى ذلك على الأرجح إلى وجود الحلقات العطرية في جزيئة الليف.

وأما الترابط بين السلاسل فهو ناتج عن روابط هيدروجينية إضافة إلى قوى فاندرفالس والقوى الناتجة عن التفاعلات ثنائية القطبية، ونشوء القوى بين السلاسل يعزز القدرة على تشكيل شعيرات جيدة وعلى الميل إلى التبلور (ترتيب السلاسل الجزيئية)، وهذه القوى التفاعلية تخلق قوى ربط متينة وتؤدي إلى مقاومة عالية للشد والرطوبة والمحاليل والصبغات.

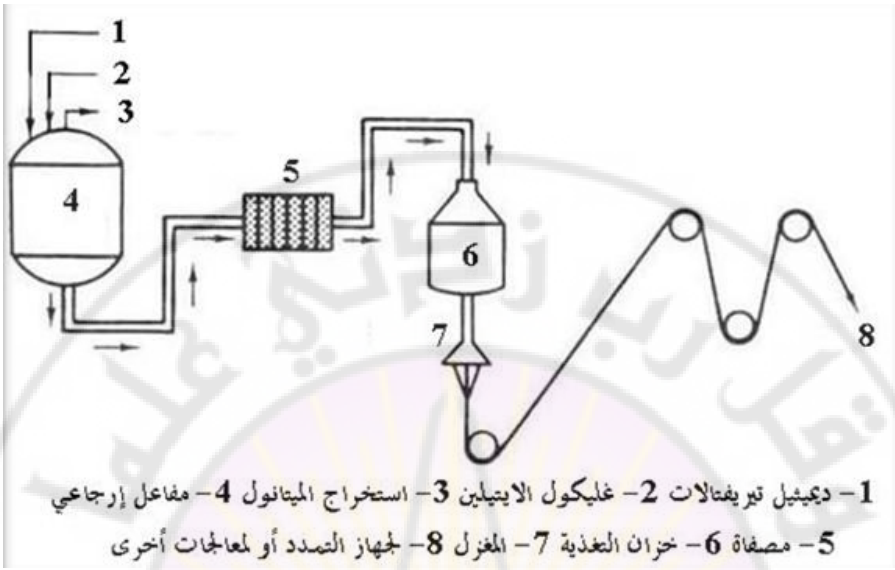
أما المرونة الموجودة في الجزيئات فتعود بشكل أساسي إلى مجموعات الايتلين، وتتأثر بنية الشعيرات كثيراً ببارمترات عملية التشكيل كسرعة الغزل وعمليات السحب وسرعة ودرجة التثبيت الحراري.



الشكل 4-11: البنية التركيبية للبوليستر

4-2-3-تصنيع ألياف البوليستر:

تُصنع ألياف البوليستر من مواد أولية مأخوذة من البترول، تحضر عن طريق تفاعلات كيميائية بدرجة حرارة عالية وبمعزل عن الهواء من مادة بولي إيثيلين تريفثالات Polyethylene terephthalate (PET) ثم تُصب المادة المنصهرة على أسطوانات مع رشها بالماء البارد فتتجمد وتجف في صورة قشور. تُغزل قشور ألياف البوليستر بطريقة الغزل الانصهاري، وتتجمد الألياف بتعرضها للهواء، ثم تجري عليها عملية سحب وهي في درجة حرارة 128°C لتوجيه الجزيئات. وتُشكل ألياف البوليستر إما على هيئة خيوط مستمرة عادية أو على هيئة شعيرات قصيرة متجعدة. [2,3,4].



الشكل 4-12: يوضح طريقة تصنيع البوليستر

4-2-5-بعض المعالجات الكيميائية لألياف البوليستر

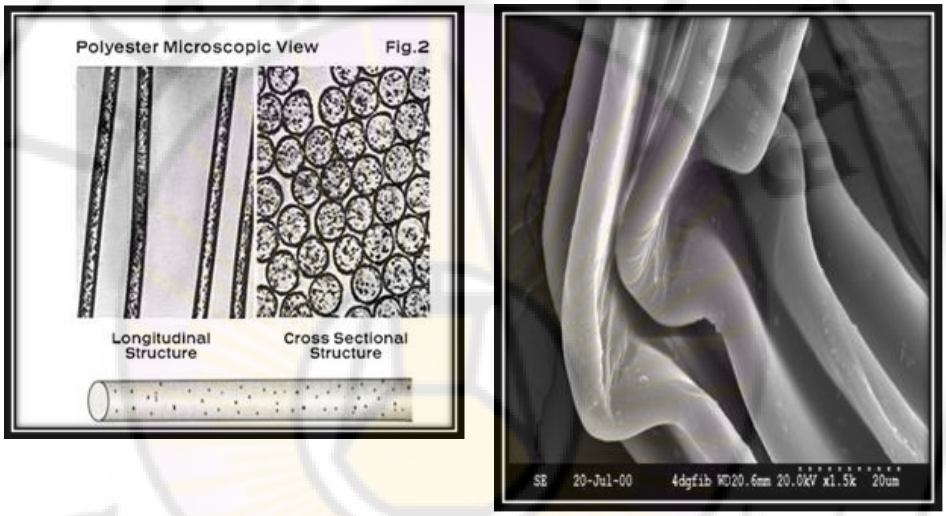
يكون لألياف البوليستر المحضرة من حمض التريفتاليك وإيتلين غليكول بعض النواقص في الخواص التي ينتج عنها بعض الصعوبات في تصنيع الألياف ومعالجتها. وهي الثبات الحراري القليل وألفة قليلة نحو الصباغة وقلة امتصاصه للماء. ولقد أجريت تجارب عديدة لتحسين تلك الخواص، مثال ذلك: بالتكاثف المختلط أو بإدخال مكونات أخرى مثل اتحاد حمض التريفتاليك مع حمض ثنائي الكربوكسيل يحصل بذلك على بوليستر ذي قابلية جيدة للصباغة دون أي تغير في الخواص النسيجية.

وتؤدي زيادة الوزن الجزيئي إلى زيادة في خصائص المتانة، وبوجود خصائص المرونة والنعومة ومقاومة الاحتكاك فإنه سيظهر في الليف قابلية تشابك الشعيرات مع بعضها التي تشكل ظاهرة الحبحبة على سطح القماش وهي مشكلة حقيقية تسئ إلى مظهرية القماش، ولحل المشكلة يمكن تعديل خصائص الألياف، إذ أن تخفيض الوزن الجزيئي سيؤثر على المتانة والمرونة ومقاومة الاحتكاك وبالتالي سيؤدي إلى تخفيض قابلية البوليستر لتشكيل الحبحبة، إلا أن انخفاض الوزن الجزيئي سيقلل من انتظامية الشعيرات وانخفاض لزوجة الانصهار التي يمكن رفعها بإضافة مركبات ذات ارتباطات

عرضية وغالباً ما تكون مجموعات هيدروكسيلية. ومن الخصائص التي يمكن إضافتها أيضاً: الثباتية ضد التجعد التي تتحقق بزيادة حرارة التسخين أو تقليل نسبة السحب.

4-2-6-خواص ألياف البوليستر:

4-2-6-1-الشكل الميكروسكوبي: تبدو ألياف البوليستر ملساء ناعمة، وقطاعها العرضي دائري، أما الشعيرات القصيرة فتظهر متجعدة (الشكل 4-13).



البوليستر **المقطع العرضي** **المقطع الطولي**

الشكل 4-13: الشكل الميكروسكوبي للبوليستر

4-2-6-2-الخواص الفيزيائية والكيميائية لألياف البوليستر:

-المتانة:

- متانة الألياف ذات المتانة العالية بين 6-7 gr/den
- متانة الألياف (متوسطة المتانة) حوالي 4.5-5.5 gr/den
- الشعيرات القصيرة فتقع متانتها بين 3.5-4 gr/den، ولا تتأثر متانة الألياف عندما تصبح مبتلة.

الاستطالة:

– الاستطالة بين 20–30% وتصل هذه النسبة في الألياف ذات المتانة العالية بين 7–15%.

– استطالة الشعيرات القصيرة تقع بين 25–40% ولا تتأثر نسبة الاستطالة بامتصاص الرطوبة.

الوزن النوعي: $1,38\ gr/cm^3$.

الرطوبة المكتسبة: حوالي 4%.

مقاومة مواد التبييض والمواد المؤكسدة: جيدة.

مقاومة الأحماض المعدنية والعضوية الضعيفة متوسطة التركيز: ممتازة.

مقاومة عالية للقلويات الضعيفة، بينما القلويات المركزة فتسبب انخفاضاً في الوزن والقوة.

مقاومة الطقس: جيدة.

تأثير ضوء الشمس: يتحول إلى اللون الأصفر ويحتفظ بمقاومة 70–80% عند التعرض الطويل.

يعد البوليستر مادة عازلة ممتازة.

4–2–6–3–الخواص الحرارية:

للبوليستر مقاومة جيدة للحرارة بين 230– 240°C، وتنصهر الألياف عند درجة 260 °C، وعند تعرضه للهب فإنه ينكمش وينصهر. ويمكن تشكيل البوليستر عند درجة حرارة بين 180–220 °C.

4–2–7–تطبيقات البوليستر:

تعد ألياف البولي إستر من الألياف الصناعية الأكثر شيوعاً.

تستخدم أقمشة البوليستر في الثياب وأقمشة المفروشات مثل أغطية الأسرة، والستائر والأغطية. ويستخدم في التطبيقات الصناعية كما في دواليب السيارات، والسيور الناقلة، وأحزمة الأمان في جميع السيارات، والأقمشة المطلية (Coated

(textile، واللدائن الداعمة ذات قدرة الامتصاص العالية. وتستخدم ألياف البولي إستر أيضاً كمواد مالئة كما في الوسائد والحشوات المريحة واللحف.

تعرف أقمشة البولي إستر بأنها أقل راحة من مثيلاتها المصنوعة من الألياف الطبيعية مثل القطن، ولكنها تتميز عنها بعدة مزايا مثل مقاومة الاهتراء، ومقاومة التجعيد. وللاستفادة من خصائص كلا النوعين من الألياف، عمد إلى إنتاج غزول تحتوي على كلا النوعين وبنسب تختلف طبقا للمواصفات والتطبيقات المختلفة.

ويستخدم البولي إستر في صناعة القوارير، والأغشية الرقيقة، والقماش المشمع، والمصافي والمرشحات، والأغشية العازلة كهربائيا، وأغلفة الأسلاك الكهربائية، إلخ.

يستخدم البولي إستر المقسى حرارياً (Thermosetting Polyester) في المواد المؤلفة، كمادة للتقوية أو كمادة أساس ووجد هذا النوع من المبلمرات تطبيقات عديدة في صناعة هيكل القوارب، وعديد من أجزاء السيارات.

4-3-ألياف مشتقات عديد الفينيلPolyvinyl derivative fibers

4-3-1-ألياف الأكريليك والمود أكريليكAcrylic and Modacrylic Fibers

تنتج ألياف الأكريليك والموداكريليك من مادة الأكريلونيتريل، وهي مادة بتروكيماوية. تحدد لجنة التجارة الفيدرالية الأمريكية الألياف بنسبة 85 % أو أكثر من وحدات الأكريلونيتريل كألياف أكريليك: بالنسبة إلى المودياكريليك، فإن الرقم هو 35-85 %. كانت الألياف المبكرة تعتمد على أكريلونيتريل بنسبة 100 %، ولكن أنتجت نسخ أكثر نجاحًا من خلال إدراج ما يصل إلى 15 % من الوحدات الكيميائية الأخرى التي حسنت قدرة الألياف الناتجة على امتصاص الأصباغ. في الخمسينيات من القرن الماضي، وهو العصر الذهبي للألياف الاصطناعية الجديدة، أصبحت ألياف الأكريليك معروفة جيدًا تحت أسماء تجارية مثل أورلون، وأكريلان، وزفران، وكريسلان، وكورتيل: تضمنت الموداكريليكات Dynel و Teklan و Verel.

إن تباين التركيب الكيميائي، جنبًا إلى جنب مع الاختلافات في طرق إنتاج الألياف، يعني أن الإصدارات الفردية من ألياف الأكريليك تختلف عن بعضها بعضاً

أكثر من الألياف الاصطناعية الأخرى. وبالمثل، أنتج عديد من ألياف المونداكريليك المختلفة، على الرغم من أنها تميل إلى احتواء كميات كبيرة من الوحدات القائمة على الكلور. يوفر مكون الكلور هذا خصائص مقاومة اللهب للمونداكريليك. انخفضت الحصة السوقية لكل من ألياف الأكريليك والمونداكريليك إلى حد ما منذ الثمانينيات، وعلى الرغم من أنها منفصلة عامة، فمن المناسب مناقشتها معًا.

تحتوي ألياف الأكريليك على مقاطع عرضية مستديرة أو غير منتظمة إلى حد ما تتميز بشكل نموذجي بالفول أو عظم الكلب أو الفول السوداني. حجم معين من الألياف خفيف الوزن نسبيًا (كثافة الألياف 1.17غ/سم³). تبلغ قوة ألياف الأكريليك حوالي نصف قوة النايلون أو البوليستر (تبلغ الثبات 2–3.5 غ / يوم)، ولها استخدام محدود، وتكون القوة مطلبًا رئيسيًا. مثل معظم المواد التركيبية، فإنها تمتص القليل من الماء (استعادة الرطوبة من 1 إلى 2 في المائة)، ومواد ألياف الأكريليك سريعة الجفاف. تتعافى الألياف جيدًا من كميات صغيرة من التمدد. لديهم مقاومة ممتازة لأشعة الشمس والعوامل الجوية ومجموعة واسعة من المواد الكيميائية، وخاصة الأحماض غير العضوية. إنها لدائن حرارية، تنعم عند 450–500 درجة فهرنهايت (230–260 درجة مئوية)، ويمكن ضبطها بالحرارة وتركيبها، على الرغم من أن الحرارة الزائدة ستسبب اصفرارًا. تتميز Modacrylics بخصائص مماثلة باستثناء كثافة أعلى (~ 1.35)، ودرجات حرارة مخففة أقل من 50–100 درجة فهرنهايت، واستجابة اللهب "ذاتية الإطفاء" التي تأتي من محتوى الكلور.

سمحت الوحدات الكيميائية المتغيرة في الألياف للألياف ذات سلوك الصباغة المختلف، أنتج بعضها لتكون قابلة للصبغ بالأصباغ الحمضية، مثل الصوف. في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، كانت معظم أنواع ألياف الأكريليك مصبوغة بأصباغ أساسية (كاتيونية). عديد من الأصباغ الصنعية المبكرة (بما في ذلك Perkin's Mauve كانت أصباغ أساسية، وقد تبنيت للأكريليك، لكن صانعي الصباغ قاموا لاحقًا بتطوير أصباغ أساسية "معدلة" خصيصًا للاستخدام مع هذه الألياف. قد تكون الصبغات المتفرقة مفيدة أيضًا للظلال الباهتة. كمية كبيرة من الأكريليك وألياف مود اكريليك تلون

في أثناء التصنيع، إما كألياف "مصبوغة بالمحلول" أو عن طريق وضع الصبغة على الألياف مباشرة بعد الغزل في "صباغة الهلام".

ينتج معظم الأكريليك كألياف أساسية، وتنتج الخيوط الضخمة من مزج ألياف ذات خصائص انكماش مختلفة. تنتج الألياف المصنوعة من مادتين أكريليك مختلفتين ("ألياف ثنائية المكونات") أليافًا وخيوطًا ضخمة الحجم خاصة. كما توحي سهولة إنشاء خيوط ضخمة الحجم، واللاحقة "-lan" أو "-lon"، فإن الألياف تجد تفضيلًا في الاستخدامات الطرفية الشبيهة بالصوف: السترات، والبطانيات، والجوارب، وخيوط الحياكة. في إصدارات الألياف الدقيقة، يصنع الأكريليك أوشحة ناعمة جدًا. أدت مشكلات القابلية للاشتعال والافتقار إلى المرونة إلى تقييد استخدام ألياف الأكريليك في السجاد. لسنوات عديدة، كانت البلوزات والسراويل تعتمد على مزيج من ألياف القطن والأكريليك: لقد أخذ البوليستر الآن الدور الاصطناعي في هذا الاستخدام النهائي. تعد ألياف Modacrylic والاكريليك أنجح فراء مزيف وتستخدم على نطاق واسع في وصلات الشعر وشعر الدمية. المقاومة الفائقة لأشعة الشمس لكلا الألياف تجعلها مفيدة للتطبيقات الخارجية مثل المظلات، وتوفر modacrylics مقاومة إضافية للهب. توفر القابلية المنخفضة للاشتعال في المواداكريليك مقياسًا للسلامة على الرغم من درجة حرارة التليين المنخفضة: الاستخدامات النهائية القائمة على هذه الخاصية شملت بطانيات الخطوط الجوية والسترات العسكرية. تستخدم ألياف الأكريليك كمواد أولية في إنتاج ألياف الكربون (الجرافيت)،(Adnaur, Sabit., 1995) .

يسهل العناية بالمنتجات المصنوعة من ألياف الأكريليك، فهي تجف بسهولة وتحافظ على أبعادها إذا ضبطت ضبطاً صحيحاً في أثناء التصنيع. قد تؤدي الظروف المفرطة إلى فقدان الحجم أو الانكماش.

4-3-1-1-ألياف الأكريليك Acrylic Fibers

ألياف الاكريليك هي ألياف تركيبية مصنوعة من بولمير (بولي أكريلو نتريل) بمتوسط وزن جزيئي يصل إلى 100.000، ويحتوي على حوالي 1900 وحدة مونومير.

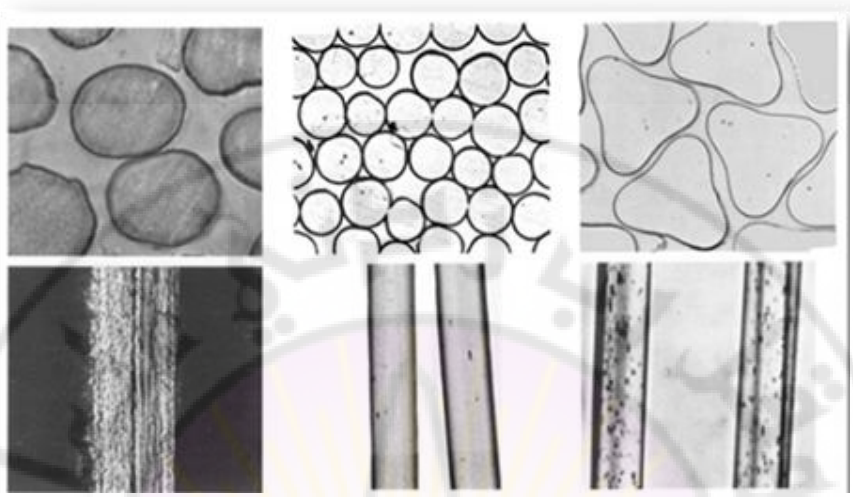
ويجب أن يحتوي البولمير على ما لا يقل عن 85% مونومير أكريلو نتريل. تنتمي شعيرات الأكريلك إلى مجموعة من الشعيرات لها نفس الأساس الكيميائي وهو بولي أكريل نتريل.

ألياف الأورلون Orlon هي أول الألياف التي أخذت من مادة كثير أكريل النيتريل في عام 1950، وينتمي إلى هذه الفصيلة عدد ليس بالقليل من الألياف في معظم بلدان العالم. فهناك ألياف الأكريلان Acrilan، وألياف الزفران Zefran، وألياف الفيريل Verel، وألياف الكورتيل Courtelle. وتختلف أسماء هذه الألياف من بلد لآخر وفقاً للشركات المنتجة.

1- تصنيع ألياف الاكريليك:

يحضر البولي أكريل النتريل من العناصر الأولية الموجودة في البترول وهي الهواء والماء والجير، ويتكون المحلول نتيجة عدة تفاعلات كيميائية مركبة، وتتصل جزيئات كثير أكريل النتريل معاً مكونة البوليمير ثم تُغزل بطريقة الغزل الجاف، ويجري على الخيوط عملية سحب حتى تكتسب الخامة بعض خواصها الطبيعية مثل القوة والمتانة والدقة... إلخ. ومن مميزات ألياف كثير أكريل النتريل أنه يمكن الحصول منها على ألياف مستمرة وشعيرات بطول تيلة معينة حيث تُغزل إلى خيوط لاستعمالها في الأقمشة والتريكو، أو تُغزل إلى شريط شعيرات مستمرة على شكل خصلة.

يوضح الشكل 4-14: المقطع الطولي والعرضي لألياف الاكريليك والنايلون.



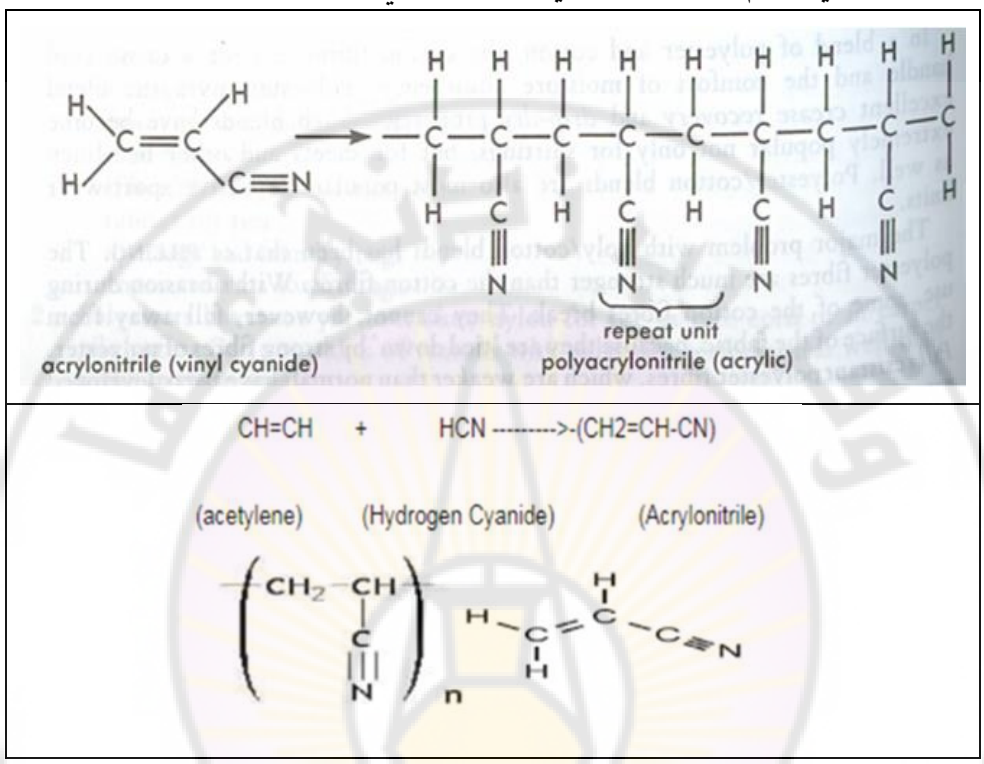
الشكل 4-14: المقطع الطولي والعرضي لألياف الاكريليك والنايلون

2- التركيب الكيميائي لألياف البولي أكريلك:

تتكون السلسلة الجزيئية لألياف البولي أكريلك بالتفاعل الإكثاري لمونيمرات الأكريل نيتريل، وتمثل هذه المادة كما ذكر حوالي 85% من وزن الخامة. أما الكمية الباقية فعبارة عن مونيمرات أخرى مثل الأسيتات والكلوريد وكذلك الأستيرين بغرض تحسين خواص هذه المادة نحو عمليات الصباغة ويجب أن نفرق هنا بين ألياف البولي أكريلك وألياف المودأكريليك، (الشكل 4-15) التي تحتوي على نسبة أكريل نتريل 35-84%.

الشكل 4-15: المواداكريليك

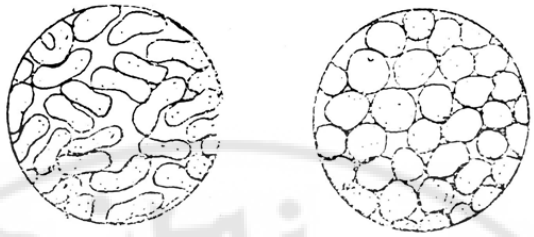
والاكريليك يتم تصنيعه عن طريق التفاعل التالي:



يتراوح الوزن الجزيئي لمتعدد أكريلو نتريل الذي له قابلية على تشكيل الليف في المجالات الواقعة بين 50000–100000، وتتناوب الزمر النيتريلية في جزيئة متعدد أكريلو نتريل الضخمة، لذا يمكن الافتراض بتشكل قوى تجاذب ما بين الجزيئات على شكل جسور هيدروجينية بين زمر الآزوت النتريلية وذرات الهيدروجين للسلاسل المجاورة. وهذا يعني أنه يفترض هنا تشكل مناطق متبلورة، ولأجل توجيه الألياف أيضاً عند السحب.

3–خواص ألياف البولي أكريلك:

شكل القطاع: ألياف الأكريلك مثل باقي الشعيرات الأخرى فهي ملساء السطح وأسطوانية الشكل بالرغم من أن ألياف الأورلون يكون قطاعها العرضي على شكل عظمة الكلب (dog–bone) أما شعيرات الأكريلان فهي ملساء السطح أسطوانية، والشكل يبين قطاع عرضي لألياف الأكريلان والأورلون.



قطاع عرضي لشعيرات الأكريلان قطاع عرضي لشعيرات الأورلون

الشكل 4-16: قطاع عرضي لألياف الأكريلان والأورلون

4-الخواص الفيزيائية والكيميائية لألياف الاكريليك:

- المتانة: 2.5-3.6gr/den. وتصل متانة الألياف المبللة إلى 95% من متانتها وهي جافة.
- الاستطالة: حوالي 25%. ويمتلك الأورلون درجة مرونة عالية وتصل نسبة استطالته بين 15-17%.
- الثبات البيولوجي: لهذه الألياف مقاومة عالية إزاء العفن والبكتريا والعثة والحشرات.
- اللون: أبيض إلى أصفر فاتح.
- تأثير الضوء والعزل الحراري:
- للألياف مقاومة عالية للأشعة الضوئية، وتمتاز بقدرتها على العزل الحراري، وتصل درجة امتصاصها للرطوبة حوالي 2%.
- تأثير الأحماض والقلويات: تمتاز الألياف بمقاومتها العالية للأحماض، وتتحمل القلويات في درجات التركيز المختلفة.

5-الخواص الحرارية لألياف البولي أكريليك:

لعل أهم ما يميز ألياف البولي أكريليك عن باقي الألياف الفينيلية الأخرى هو ارتفاع مقاومتها لتأثير الحرارة فهذه الألياف يمكن أن تسخن إلى درجة 150م° لمدة طويلة بدون أن يحدث بها تحلل أو تفقد قوتها، ولا تبدأ الألياف تلين إلا عند درجة 230 م°، ومن أغرب خواص هذه الألياف أنه بتسخينها مدة طويلة في درجة 200م° يقتم لونها

شيئاً فشيئاً إلى أن تصبح سوداء إلا أنها حتى في هذه الحالة تحتفظ بجانب لا بأس بها من قوة الشد.

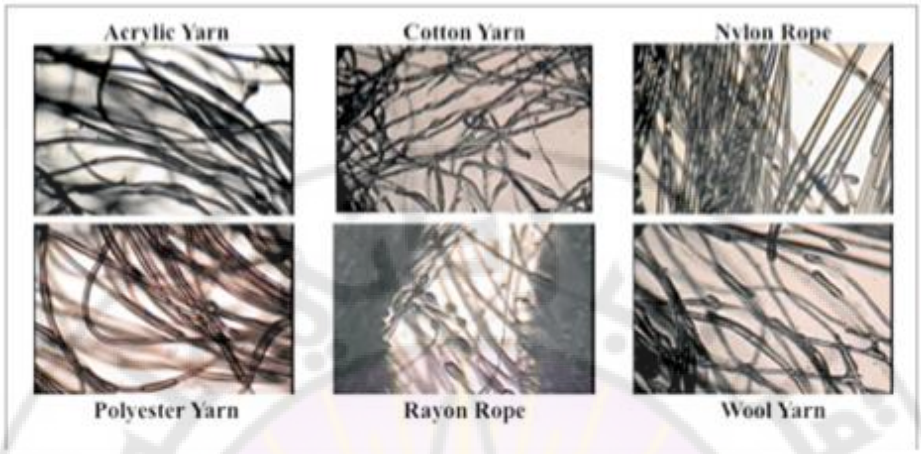
6-تطبيقات الاكريليك:

عند بدء إنتاج ألياف البولي أكريليك كانت تستخدم الخيوط للستائر المركزية إذ تعد ممتازة في هذا المجال نظراً لثباتها الفائق ضد الأشعة الشمسية. ولترويج هذه الألياف في قطاع المنسوجات فقد تم تحسين قابليتها للصباغة عن طريق عمل بلمرة مزدوجة مع مركبات فينيل أخرى، لذلك فإن جميع ألياف الأكريليك التي تنتج على نطاق صناعي في الوقت الحاضر تحوي مركباً آخر بخلاف الأكريل نيتريل. وبدأت الألياف القصيرة للأكريليك تدخل في مجالات النسيج المختلفة وقد نزلت إلى الأسواق بأسماء تجارية عديدة فقامت شركة (دي بون) بإنتاجها تحت اسم (أورلون) وكانت أولى المجالات الواسعة التي دخلها الأورلون هي إنتاج بلوزات السيدات. كما أنتجت شركة (باير) هذه الألياف تحت اسم الدرالون. وفي عام 1952 أنتجت شركة (كيمستراند) هذه الألياف تحت اسم (أكريلان) ومنذ ذلك الوقت وقائمة المنتجين لتلك الألياف في تزايد مستمر وبوحدات إنتاجية ضخمة.

وعلى الرغم من أن جزءاً كبيراً من ألياف البولي أكريليك القصيرة العادية تغزل منذ مدة طويلة على مغازل القطن والصوف العادية. إلا أن الإقبال لم يشتد عليها بالصورة التي نراها عليها الآن إلا بعد إنتاج خيوط الهاي بلك التي تمثل حتى وقتنا هذا المجال الرئيسي للاستخدام (Napper, I. E.; Thompson, R. C.,2016) .

اكتشف عالم البيئة مارك براون شيئاً مهماً علمياً بعد أشهر من دراسة الرواسب على طول الشاطئ، لاحظ وجود نفايات من الألياف لم يتوقعها أحد، كانت صغيرة وصناعية ومنتشرة في جميع أنحاء الساحل من مواد من صنع الإنسان، كانت 85% منها تطابق أنواع المواد (مثل النايلون والاكريليك) المستخدمة في الملابس.

يبين الشكل 4-17: صوراً لبعض الخيوط الطبيعية والصناعية.

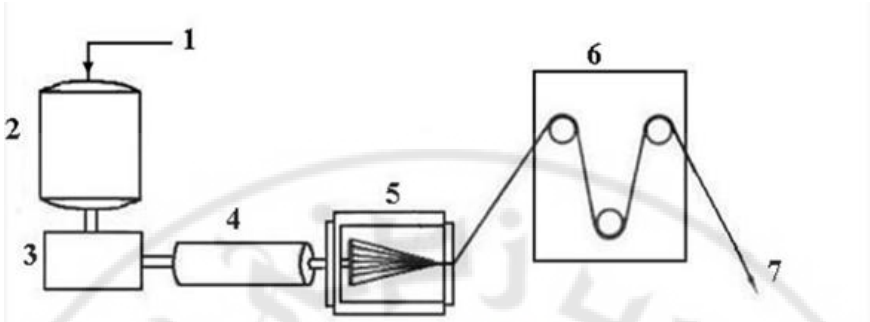


الشكل 4-17: صور لبعض الخيوط الطبيعية والصناعية

4-3- 1-2-ألياف الأورلون: Orlon

1- استخلاص الأورلون:

تعد مادة النيتريل الأكريليك هي مادة الأساس لهذه الألياف، وتجري صناعة متعدد أكريل النتريل نتيجة تفاعلات كيميائية معقدة لتكوين سلاسل جزيئية طويلة جداً، يبلغ عدد جزيئاتها حوالي 2000 وحدة متصلة ببعضها بعضاً. وتصنع ألياف الأورلون باستخدام الماء وعامل مساعد، وتُمزج جميعها مع التحكم في الزمن ودرجات الحرارة والرطوبة المحيطة بها، إلى أن ترتبط السلاسل بعضها مع بعض مكونة البوليمير الذي يُدفع عبر ألواح تحتوي على ثقوب ويقطع إلى قشور رفيعة، ثم تُجفف قبل إذابتها لتكوين محلول الغزل. يُذاب البوليمير في محلول كيميائي حتى يصل إلى درجة لزوجة ملائمة ويُصفى ثم يُدفع بمضخات خاصة خلال ثقوب المغازل لتكوين الشعيرات فتجف بتعرضها للهواء، أي إن الألياف تُغزل بطريقة الغزل الجاف، ومن الممكن أيضاً استخدام طريقة الغزل الرطبة، وذلك بدفع البوليمير في حوض تقلص يحتوي على الجليسرول Glycerol.



1- أكريل النتريل 2- مفاعل إرجاعي 3- دايميتيل مورماميد 4- مصفاة 5- المغزل 6- جهاز تجفيف
7- إلى عملية السحب والتقطيع والتجعيد والتفتيح والتعبئة في بالات

الشكل 4-18: يوضح طريقة إنتاج الأورلون

4-3-1-3-ألياف الأكريلان: Acrilan

هو نوع أخر من ألياف بولي أكريل النيتريل تصنع الألياف فيه عن طريق إذابة البوليمير وهو في صورة مسحوق ليصبح في صورة مستحلب، ثم يُغزل بطريقة الغزل الجافة أو الرطبة وتُسحب الألياف مثل الأورلون، فيتحول البوليمير إلى صورة شعيرات مستمرة وبأطوال معينة، ثم تُغزل الشعيرات القصيرة بطريقة غزل القطن أو غزل الصوف.

4-3-2- المود أكريليك Modacrilic

ألياف مُصنعة تكون فيها المادة المكونة للألياف عبارة عن بوليمر صناعي طويل السلسلة يتكون من أقل من 85% ولكن على الأقل 35% بوزن وحدات الأكريلونيتريل (تعريف لجنة التجارة الفيدرالية). تم تقديم Dynel® أول ألياف موداكريليك (أكريليك معدل) في عام 1949؛ تبع ذلك عديد من الألياف في وقت لاحق، ولكن الشيء الوحيد الذي لا يزال قيد الإنتاج في نهاية القرن العشرين هو [SEF Solutia]. تحتوي ألياف موداكريليك المرنة على مقطع عرضي غير منتظم واسترداد مرن عادل (79-99% عند استطالة 2%). يتمتع SEF باستعادة رطوبة منخفضة تبلغ 2.5%. ستحافظ على خصائصه حتى درجات حرارة 190 درجة مئوية (375 فهرنهايت). ألياف موداكريليك مقاومة لأشعة الشمس والمبيضات وتعد غير مسببة للحساسية. لأن ألياف موداكريليك

مقاومة للحريق وذاتية الإطفاء، فهي تستخدم عادة في ملابس نوم الأطفال. كما أنها تستخدم في صناعة الشعر المستعار والألعاب المحشوة وأقمشة الفراء المزيفة.

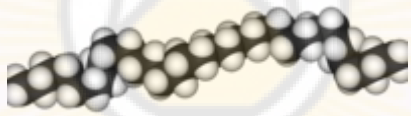
الخصائص الفيزيائية والكيميائية Physical and Chemical Properties

قابل للذوبان في بوتيرولاكتون والأسيتون الدافئ. مقاومة للمذيبات العضوية الأخرى القلويات والأحماض. المثابرة = 1.8–2.5 جم / منكر (جاف)؛ 1.7–2.4 (رطب)؛ استطالة = 35–48%؛ استعادة الرطوبة = 0.4–4.0%. نقطة الانصهار = 120–125 درجة مئوية (تليين). الكثافة = 1.35–1.37.

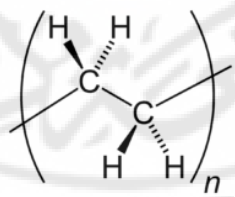
4–4–انتاج ألياف عديد الأوليفين Poly–Olevin fibers

4-4-1-انتاج ألياف عديد الأثيلينProduction of polyethylene fibers

البولي إثيلين هو منتج استهلاكي يصنف تحت المنتجات البلاستيكية ذات تلدن حراري. ينتج منه سنوياً أكثر من 60 مليون طن في جميع أنحاء العالم.



الشكل 4–19: نموذج فراغي لسلسلة البولي إثيلين



الشكل 4–20: الوحدات المتكررة في البولي إثيلين مع إظهار الكيمياء الفراغية

البولي إثيلين هو بوليمر يتألف من سلاسل طويلة من مونومر الإثيلين (تسمية IUPAC إثين). يرمز له في الصناعة برمز **PE** بنفس النمط الذي ترمز به بوليميرات أخرى مثل **PP** البولي بروبيلين و**PS** البولي ستايرين.

جزيء الإثيلين، $_2CH=_2is\ CH\ _4H_2C$، إذاً عبارة عن زمرتي ميثيلين مرتبطتين برابطة مضاعفة.

الشكل 4-21: الوحدات المتكررة في البولي إثيلين مع إظهار الكيمياء الفراغية

ينشأ البولي إثيلين من بلمرة الإثين، التي يمكن أن تتم من خلال البلمرة الجذرية، بلمرة الإضافة الأنيونية، أو بلمرة التساند الشاردي.

4-4-1-1-تصنيف البولي إثيلين

يصنف البولي إثيلين إلى فئات عدة اعتماداً على الكثافة وتقرع السلسلة البوليميرية. تعتمد الخواص الميكانيكية لهذا البوليمر على متغيرات عدة مثل نوع التفرع، البنية البلورية، والوزن الجزيئي.

- البولي إثيلين فائق الوزن الجزيئي المرتفع Ultra high molecular weight polyethylene UHMWPE
- البولي إثيلين فائق الوزن الجزيئي المنخفض (الشمعي) Ultra low molecular weight polyethylene ULMWPE – PE-WAX
- البولي إثيلين عالي الوزن الجزيئي High molecular weight polyethylene HMWPE
- البولي إثيلين عالي الكثافة High density polyethylene HDPE
- البولي إثيلين المتشابك عالي الكثافة High density cross-linked polyethylene HDXLPE
- البولي إثيلين المتشابك Cross-linked polyethylene PEX
- البولي إثيلين متوسط الكثافة Medium density polyethylene MDPE
- البولي إثيلين منخفض الكثافة Low density polyethylene LDPE

- البولي إثيلين الخطي منخفض الكثافة Linear low density polyethylene LLDPE
- البولي إثيلين منخفض الكثافة انخفاضاً كبيراً Very low density polyethylene VLDPE

البولي إثيلين فائق الوزن الجزيئي المرتفع UHMWPE:

ذو وزن جزيئي بين 3.1 و7.6 مليون دالتون. يؤدي الوزن الجزيئي المرتفع إلى فقد مقدرة السلاسل على التراص في البنية البلورية فقداً كبيراً، نلاحظ أن الكثافة أقل منها في البولي إثيلين عالي الكثافة (مثلاً من 0.930 –0.935 غ/سم^3)، كما أنه يؤدي أيضاً إلى زيادة في قساوة المادة الناتجة. يمكن إنتاج هذا البوليمير باستخدام حفازات مختلفة، أكثرها شيوعاً حفازات زيغلر. نظراً للقساوة الفائقة لهذا البوليمير ومقدرته على تحمل الجهود ومقاومته الكيميائية الممتازة فإنه يستخدم في عديد من التطبيقات مثل صناعة أجزاء المتحركة في آلات النسيج وغيرها.

البولي إثيلين عالي الكثافة HDPE:

يعرّف بكونه ذا كثافة أكبر من 0.941 غ/سم^3. يمتاز بأن لديه درجة أقل من التفرع وينتج باستخدام وسائط كروم/سيليكا، وسائط زيغلر –ناتا، أو وسائط الميتالوسين. يتم تأمين حدوث فقد التفرع من خلال الاختيار المناسب للوسيط والتحكم بشروط التفاعل. يستخدم هذا البوليمير في التغليف وصناعة المنتجات مثل أواني الحليب، قوارير المنظفات، علب المنتجات الغذائية، سلال القمامة، وصناعة خراطيم المياه.

البولي إثيلين المتشابك PEX:

عبارة عن بولي إثيلين متوسط إلى عالي الكثافة يحوي في سلسلته البوليميرية على روابط مشبكة، مما يجعلها أكثر مرونة. يستخدم استخداماً خاصاً خاص في تمديدات المياه.

البولي إثيلين متوسط الكثافة MDPE:

لديه كثافة تتراوح بين 0.926 –0.94 غ/سم^3. يصنع مثل البولي إثيلين عالي الكثافة HDPE بوسائط كروم/سيليكا، وسائط زيغلر –ناتا، أو وسائط ميتالوسين. لديه

مقاومة جيدة للصدمات وللتشققات. يستعمل استعمالاً خاصاً في أنابيب الغاز، التغليف، والمعدات المهنية.

البولي إثيلين الخطي منخفض الكثافة: LLDPE

لديه كثافة تتراوح بين 0.915 –0.925 غ/سم^3. يمتاز بطبيعته الخطية مع وجود عديد من التفرعات القصيرة التي عادة ما تنشأ من البلمرة المشتركة للإيثيلين مع ألفا الأوليفينات قصيرة السلسلة مثل البوتن–1، الهكسن–1، والأوكتن–1. يمتاز هذا البوليمر بأن لديه قوة شد أكبر من LDPE ويمكن تصنيع رقائق بلاستيكية (films) أقل سماكة منها مقارنة مع LDPE. يستخدم خاصةً في التغليف وصناعة الرقائق البلاستيكية نظراً لمرونته وشفافيته النسبية.

البولي إثيلين منخفض الكثافة LDPE:

لديه كثافة تتراوح بين 0.910 – 0.940 غ/سم^3. يمتاز بان لديه درجة كبيرة من التفرع بالتالي فإن السلاسل لا ترتص بالبنية البلورية، مما يؤدي إلى إضعاف القوى بين الجزيئية (forces intermolecular)، هذا بدوره يؤدي إلى قوة شد أضعف وقابلية سحب كبيرة. يصنع عن طريق البلمرة الجذرية. يستخدم لصناعة الأكياس البلاستيكية وفي التغليف.

PP, HDPE, LDPE in Russian

البولي إثيلين منخفض الكثافة انخفاضاً كبيراً VLDPE:

لديه كثافة تتراوح بين 0.880–0.915 غ/سم^3. يصنع بأسلوب مشابه للبولي إثيلين الخطي منخفض الكثافة LLDPE. ويستخدم في صناعات التغليف الغذائية.

4–4–1–2–البلمرة المشتركة مع الإثيلين

إضافة إلى البلمرة المشتركة مع الأوليفينات ألفا، يمكن للإثيلين أن يقوم بهذه البلمرة العديد من المونوميرات الأخرى مثل خلات الفينيل فينتج لدينا البوليمير المشترك إثيلين–خلات الفينيل الذي يرمز له بEVA، والمستعمل استعمالاً كبيراً في صناعة نعل الأحذية الرياضية(رغوة). مثال آخر أيضاً هو البلمرة المشتركة مع الأكريلات.

4-4-1-3-تاريخ البولي إثيلين

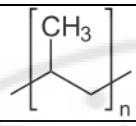
تـم إنتـاج البـولي إثيلـين عمليـاً لأول مـرة عـام 1934 فـي مخـابر شركة امبريال البريطانية، وبدأ الإنتاج التجاري منه بعد خمس سنوات حينما كانت الحرب العالميـة الثانيـة علـى وشـك الابتـداء فوجـد أول تطبيـق عملـي لـه فـي عـزل الأسـلاك الكهربائية للرادارات. كانت التقنيات المستخدمة آنذاك تسمح بإنتاج ما يعرف اليوم ببولي إثيلين المنخفض الكثافة ويحدث تشعب في السلاسل البوليمرية تشعباً غير منتظم فيكون البوليمر الناتج ذا كثافة منخفضة.

أما البولي إثيلين عالي الكثافة فأنتج أول مرة في ألمانيا في أوائل الخمسينيات من قبل الكيميائي الألماني كارل زيغلر الذي حضره بإجراء البلمرة بحضور وسطاء عضوية معدنية ذات انتقائية عالية، وتصطف السلاسل البوليمرية بدرجات أعلى من التبلور، مما يعطي كثافة ودرجة انصهار أعلى نسبياً.

4-4-1-4-الخواص: يبين الجدول 4-5 خواص البولي إثيلين.

الجدول 4-5: خواص البولي إثيلين

الخصائص	القيم
الكثافة	كثافة منخفضة (0.87 -0.965 غ/سم^3).
مقاومة التغيرات الحرارية	مقاومة التغيرات الحرارية (- 85 ° إلى 90 °) وهي تعتمد على درجة التبلور, كلما كانت أقل تكون الثباتية الحرارية أقل.
الخواص الضوئية	تعتمد الخواص الضوئية على الكثافة وعلى درجة التبلور.
العزل الكهربائي	ذو ثابت عزل كهربائي عالي يصل إلى حوالي 10^{18} أوم/سم.
امتصاص الماء	قابليته لامتصاص الماء منخفضة جداً.
قابلية جيدة للاحتراق	ذو قابلية جيدة للاحتراق، يحرر O_2H و CO_2
الثباتية تجاه المحلات العضوية	له ثباتية تجاه معظم المحلات العضوية (60>T°) بالإضافة إلى الحموض والقلويات والأغوال والزيوت.
قابلية للانحلال	عامةً غير قابل للانحلال عند درجة حرارة الغرفة، ولكن عند

	درجات الحرارة المرتفعة ينحل ببعض المحلات مثل 1،2،4- ثلاثي كلور البنزن، الكزيلين، الهكسان.
الصيغة الكيميائية لبولي بروبلين	
الاسم النظامي	بولي بروبين(IUPAC)
-أسماء أخرى:	بروبلي بروبلين ; بولي بروبين; Polipropene 25 [USAN];Propene polymers;
الصيغة الجزيئية	$(C_3H_6)_x$
نقطة الانصهار	~ 160 ° م

4-4-2- انتاج ألياف عديد البروبيلين Production of polypropylene fibers

البولي بروبلين (PP) المعروف أيضًا باسم البولي بروبين، هو بوليمر لدن بالحرارة يستخدم في مجموعة متنوعة من التطبيقات. ينتج عن طريق بلمرة النمو المتسلسل من مونومر بروبيلين.

مادة البولي بروبيلين ينتمي إلى مجموعة من البولي أوليفينات وغير البلورية جزئيا وغير القطبية تشبه خصائصه البولي إيثيلين، لكنه أكثر صلابة قليلاً ومقاومة للحرارة. لونها بيضاء صلبة ميكانيكيًا ولها مقاومة كيميائية عالية. النظير الحيوي للبولي بروبيلين هو Bio-PP .

للبولي بروبلين هو ثاني أكثر أنواع البلاستيك السلعي إنتاجًا (بعد البولي إيثيلين). في عام 2019، بلغت قيمة السوق العالمية للبولي بروبيلين 126.03 مليار دولار. من المتوقع أن تتجاوز الإيرادات 145 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2019. ومن المتوقع أن تنمو مبيعات هذه المواد بمعدل 5.8% سنويًا حتى عام 2021.

فيليبس بتروليوم الكيميائيين J. بول هوغان وروبرت بانكس أثبتت لأول مرة البلمرة من البروبيلين في عام 1951. اكتشفت البلمرة فراغي إلى الأيزوتاكتيك التي كتبها جوليو ناتا وكارل رين مارس 1954. هذا الاكتشاف الرائد أدى إلى توسع حجم الإنتاج التجاري

من البولي بروبيلين متساوي التباين من قبل شركة Montecatini الإيطالية من عام 1957 فصاعدًا. كما تم صنع البولي بروبيلين المتصاعد لأول مرة بواسطةNatta .

الخصائص الكيميائية والفيزيائية

يشبه البولي بروبلين في عديد من الجوانب البولي إيثلين، خاصة في سلوك المحلول والخصائص الكهربائية. تعمل مجموعة الميثيل على تحسين الخواص الميكانيكية والمقاومة الحرارية، على الرغم من انخفاض المقاومة الكيميائية. تعتمد خصائص البولي بروبلين على الوزن الجزيئي وتوزيع الوزن الجزيئي، والتبلور، ونوع ونسبة الكومونومر (إذا تم استخدامه) وتكتيك .iso في البولي بروبيلين متساوي الوجود، على سبيل المثال، توجه مجموعات الميثيل على جانب واحد من العمود الفقري للكربون. ينتج عن هذا الترتيب درجة أكبر من التبلور وينتج عنه مادة أكثر صلابة تكون أكثر مقاومة للزحف من كل من البولي بروبيلين اللاصق والبولي إيثلين.

الخواص الميكانيكية

تتراوح كثافة (PP) بين 0.895 و0.92 غ/سم³ لذلك، PP هو البلاستيك السلعي بأقل كثافة. مع كثافة أقل، يمكن إنتاج أجزاء قوالب ذات وزن أقل وأجزاء أكثر من كتلة معينة من البلاستيك. على عكس البولي إيثيلين، تختلف المناطق البلورية وغير المتبلورة قليلاً فقط في كثافتها. ومع ذلك، يمكن أن تتغير كثافة البولي إيثيلين تغيراً كبيراً مع مواد الحشو.

عادةً ما يكون البولي بروبلين صلبًا ومرنًا، خاصةً عند بلمرة مشتركة مع الإيثيلين. يسمح ذلك باستخدام البولي بروبلين كبلاستيك هندسي، يتنافس مع مواد مثل أكريلونيتريل بوتادين ستايرين .(ABS) مادة البولي بروبيلين اقتصادية اقتصادا معقولاً. مادة البولي بروبيلين لديها مقاومة جيدة للتعب.

الخصائص الحرارية

تحدث نقطة انصهار البولي بروبلين في نطاق، لذلك تحدد نقطة الانصهار من خلال إيجاد أعلى درجة حرارة لمخطط قياس المسعر التفاضلي. تبلغ درجة انصهار PP

متساوي التوضُّع تمامًا 171 درجة مئوية (340 درجة فهرنهايت). يحتوي PP متساوي التوضيع التجاري على نقطة انصهار تتراوح من 160 إلى 166 درجة مئوية (320 إلى 331 درجة فهرنهايت)، اعتمادًا على المادة اللاكتيكية والتبلورPP . المتصاعد مع تبلور 30% لديه نقطة انصهار 130 درجة مئوية.

الخواص الكيميائية

مادة البولي بروبيلين في درجة حرارة الغرفة مقاومة للدهون وجميع المذيبات العضوية تقريبًا، باستثناء المؤكسدات القوية. غير المؤكسدة والأحماض و القواعد يمكن تخزينها في حاويات مصنوعة من .PP في درجات الحرارة المرتفعة، يمكن إذابة PP في مذيبات غير قطبية مثل الزيلين، والتترالين ، والديكالين . بسبب ذرة الكربون الثلاثية، فإن PPأقل مقاومة كيميائيًا من PE (انظر قاعدة ماركوفنيكوف) .

معظم البولي بروبلين التجاري هو متساوي الوجود وله مستوى وسيط من التبلور بين البولي إيثيلين منخفض الكثافة (LDPE) والبولي إيثيلين عالي الكثافة .(HDPE) مادة البولي بروبيلين متساوية التوضيع واللاتفاذية قابلة للذوبان في *p* –xylene عند 140 درجة مئوية. يترسب متساوي التوضيع عند تبريد المحلول إلى 25 درجة مئوية ويبقى الجزء اللاكتيكي قابلاً للذوبان في*p* –xylene .

معدل تدفق الذوبان (MFR) أو مؤشر تدفق الذوبان (MFI) هو مقياس للوزن الجزيئي للبولي بروبيلين. يساعد المقياس في تحديد مدى سهولة تدفق المواد الخام المنصهرة في أثناء المعالجة. سوف تملأ مادة البولي بروبيلين ذات MFR العالي القالب البلاستيكي بسهولة أكبر في أثناء عملية إنتاج الحقن أو النفخ. مع زيادة تدفق الذوبان، ستنخفض بعض الخصائص الفيزيائية، مثل قوة التأثير.

هناك ثلاثة أنواع عامة من البولي بروبلين: البوليمر المتجانس، والبوليمر المشترك العشوائي، والبوليمر المشترك. وcomonomer وعادة ما تستخدم مع الإثيلين. يزيد مطاط الإيثيلين – البروبيلين أو EPDM المضاف إلى البوليمر المتجانس البولي بروبيلين من قوة تأثيره في درجات الحرارة المنخفضة. يضاف مونومر الإيثيلين المبلمر عشوائياً إلى

البوليمر المتجانس البولي بروبيلين، ويقلل من تبلور البوليمر، ويقلل من نقطة الانصهار ويجعل البوليمر أكثر شفافية.

يمكن تصنيف مادة البولي بروبيلين على أنها بولي بروبيلين غير متفاعل(PP-at)، وبولي بروبيلين متماثل (PP-st) وبولي بروبيلين متساوي التواجد(PP-) . في حالة البولي بروبيلين غير المنتظم، تجري محاذاة مجموعة الميثيل ($-CH_3$) محاذاةً عشوائية، بالتناوب للبولي بروبيلين المتلازمي وبالتساوي للبولي بروبيلين متساوي التركز. وهذا له تأثير على التبلور (غير متبلور أو شبه البلورية) والخواص الحرارية (كنسبة نقطة التحول الزجاجي $T_ز$ ونقطة انصهار $T_م$.

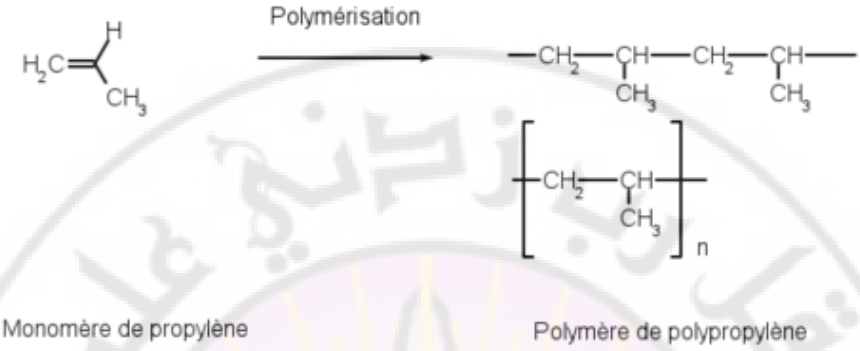
يصف مصطلح التكتيك للبولي بروبيلين كيف توجه مجموعة الميثيل في سلسلة البوليمر. عادة ما يكون البولي بروبلين التجاري متكافئًا. لذلك تشير في هذه الفقرة دائمًا إلى البولي بروبلين متساوي التوزع، ما لم يُذكر خلاف ذلك. عادة ما يشار إلى التكتيك بالنسبة المئوية، باستخدام مؤشر التساوي وفقًا لـ DIN 16774 .يقاس المؤشر عن طريق تحديد جزء البوليمر غير القابل للذوبان في الهبتان المغلي. عادة ما يكون لمركبات البولي بروبيلين المتاحة تجارياً مؤشر متساوي بين 85 و95%. التكتيك يؤثر على الخصائص الفيزيائية للبوليمرات. نظرًا لأن مجموعة الميثيل موجودة في بروبيلين متساوي الوجود تساوياً ثابتاً في نفس الجانب، فإنه يفرض على الجزيء الكبير شكلاً حلزونياً، كما هو موجود أيضًا في النشا. يؤدي التركيب المتساوي التساوي إلى بوليمر شبه بلوري. فكلما زادت نسبة التساوي (الجزء المتساوي التساوي)، زادت التبلور، وبالتالي أيضًا نقطة التليين والصلابة والمعامل الإلكتروني والصلابة.

من ناحية أخرى، يفتقر البولي بروبيلين غير المنتظم إلى أي انتظام مما يجعله غير قادر على التبلور وغير متبلور.

الخواص البصرية:

يمكن جعل البولي بروبلين شفافًا عندما لا يكون ملونًا ولكنه ليس شفافًا بسهولة مثل البوليسترين أو الأكريليك أو بعض أنواع البلاستيك الأخرى. غالبًا ما يكون معتمًا أو ملونًا باستخدام أصباغ.

تنتج مادة البولي بروبيلين من قبل البلمرة كما هو مبين في الشكل 4-22.



ويمكن تجميع عمليات الإنتاج الصناعي في مرحلة الغاز البلمرة، البلمرة الأكبر والطين البلمرة. تستخدم جميع العمليات الحديثة إما أنظمة الطور الغازي أو أنظمة المفاعلات السائبة.

Damascus University

الفصل الخامس

الألياف الصنعية غير البوليميرية

Synthetic non-polymeric fibers

5-1-الألياف المنجمية الطبيعية (الأسبستوسAsbestos)

الأسبست أو الأميانت أو الحَرِيرُ الصَّخْرِيُّ أو حَجَرُ الفَتِيلِ أو الصَّخْرُ **الحَرِيرِيُّ** هو مجموعة معادن من زمرة التريموليت تتألف من ألياف تُستخرج من مناجم خاصة، وهي مواد غير عضوية تحتوي على عديد من المعادن الطبيعية التي يدخل في تركيبها أملاح السيليكات إلا أنها تختلف عن بعضها في التركيب الكيميائي والخواص الطبيعية لاختلاف كميات الماغنسيوم والحديد والصوديوم والأوكسجين والهيدروجين فيها.

تستخرج ألياف الأسبستوس من مصادر صخرية وتسمى أزبستوس وهي المادة المعدنية الطبيعية الوحيدة التي تستخدم في الأغراض النسيجية. اكتشفت كميات كبيرة من الأسبستوس في القرن التاسع عشر في كندا وجنوب أفريقيا. توجد أنواع كثيرة من الصخور التي يمكن تستخرج منها الألياف المعدنية الصالحة للأغراض النسيجية. لكن عدداً قليلاً منها توجد له جدوى اقتصادية وقد ثبت أن نوعاً واحداً من الألياف الصخرية يصلح كألياف نسيجية وهو ألياف الكرايسوتايل Chrysotile، وتمثل هذه المادة 95% من الأسبستوس الصالح لأغراض نسيجية، خاصة في مجال الأقمشة الصناعية Industrial Fabrics الواقية ضد الحريق لاستخدامها بواسطة فرق المطافئ Fire Brigacle. وتتمتع هذه الأقمشة بمقاومة عالية جداً ضد النار.

تتكون هذه المادة (الكرايسوتايل Chrysotile) من سلكات الماغنزيوم المموه: [Mg3Si2O5(OH)4] Hydrated Magnesium Silicate

5-1-1- المواصفات الفنية للأسبستوس:

تتمتع ألياف الأسبستوس (الكرايسوتايل) بخواص كثيرة تؤهلها لأن تكون صالحة للاستخدامات النسيجية ومن هذه الخواص الآتي:

1- متانة عالية تبلغ 2.5-3.1 (غ/دينير).

2- طول مناسب يمكن من غزلها لغزول مختلفة.

3- مقاومة عالية ضد الحريق، فتتصهر الألياف في درجة حرارة عالية تبلغ 1520 درجة مئوية. وحتى عندما تتعرض لدرجة حرارة عالية جداً لزمن بسيط فإن الألياف لا تتعرض للتلف مما يجعل أقمشة الأسبستوس صالحة لصنع الأقمشة الواقية لرجال المطافئ.

4-المقاومة العالية للكيماويات.

5- تتمتع الألياف بملمس طري، وهي ناعمة جداً ويبلغ قطرها 2/1 ميكرون. وهي بلورية مضلعة السطح ذات مقطع عرضي مربع.

6- كثافة ألياف الأسبستوس 2.5-2.8 غ/سم^3، وهي من أثقل الألياف النسيجية.

7- حسب مصادر الألياف فإن لونها يمكن أن يكون أصفر أو رمادياً أو أخضر.

8- لقد ثبت أن لألياف الأسبستوس آثاراً ضارة على صحة الإنسان، وتسبب سرطان الرئة، ولذلك انحسر الإقبال على ألياف الأسبستوس. وقد صدرت قوانين في أمريكا بخطر استخدام مادة الأسبستوس واستبداله بألياف أخرى.

5-1-2- بدائل الأسبستوس

لقد ثبت منذ أكثر من 50 سنة (في السبعينات) أن للأسبستوس مضاراً على صحة الإنسان، ولذلك بدأ التفكير في بدائل أخرى أكثر أماناً. وقد ثبت أن ألياف الكاتيول نوفولويد Kynol novoloid يمكن أن تكون بديلاً لألياف الأسبستوس، وتشمل على 85% بالوزن من مادة نوفولاك Novolac، وذلك حسب ما نصت علية لوائح هيئة التجارة الاتحادية الأمريكية American Federal Trade Commission.

ومن بدائل الأسبستوس أيضاً:

- ألياف نوماكس أراميد Nomax Aramid، وكذلك،
- ألياف الكربون.

5-1-3- مجالات استخدام الأسبستوس

يستخدم الأسبستوس في عدة مجالات نذكر منها:

1- قماش فرامل السيارات.

2- مرشحات الكيماويات والأحماض والسوائل، لأن السوائل تسبب صدأ المرشحات المعدنية.

3- يستخدم الأسبستوس في تغليف أنابيب البخار وعزلها وعمل فتيلات المصابيح Lamp Filaments.

4- تستعمل في صنع الستائر بالمسارح لمقاومته العالية للحريق.

يوجد في سوريا معمل للصوف الصخري في محافظة حمص ويتبع لمؤسسة الإسكان العسكرية، ويستخرج من الصخور البازلتية مجموعة واسعة من المنتجات، كالفرشات والأنابيب المستخدمة في العزل الحراري.

5-1-4-طريقة استخلاص ألياف الأسبستوس

وتتم باتباع الخطوات التالية:

1- جمع الصخور البازلتية أو الصخور التي تحتوي على الأسبستوس (الكريسونيل).

2- تنقية الصخور وتخليصها من الشوائب.

3- تكسير الصخور وتحويلها إلى حصيات صغيرة.

4- نقل الحصى إلى الفرن وصهرها وتحويلها إلى عجينة.

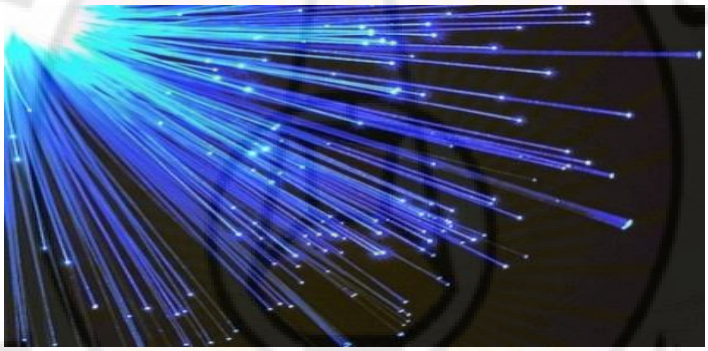
5- تحويلها إلى غزل شعيرات لا نهائية مستمرة أو شعيرات قصيرة على طريقة غزل البنات.

6- تحويل الألياف إلى فرشات أو أنابيب على حوامل خاصة.

5-2-الألياف المنجمية التحويلية (الزجاج Glass Fibers)

استخدم المصريون في عصور ما قبل الميلاد الألياف الزجاجية لأغراض الزخرفة.

تمكنت شركتان أمريكيتان هما شركة زجاج أوينر وشركة كورننج للأعمال الزجاجية من تطوير طرق صناعة الألياف الزجاجية بكميات تجارية واكتشاف عدة أنواع للألياف الزجاجية كل منها على حسب استعمالاته واختصاصه وأهمها (2e-glass) وهو مقاوم للكهرباء والمواد الكيمائية والنوع الثاني (ECR-glass) هذان النوعان لهما نفس الاستعمالات (صناعة المواسير وهياكل السيارات والطائرات ....أما قماش الفيبر فهو مصنوع من نوع ثالث فقط وهو(glass-wool) وهو صوف الألياف العازلة يستعمل كمادة عازلة للحرارة والكهرباء (تلف حول أنابيب التبريد وتبطن بها الأسقف وبعض الأجهزة الكهربائية كالأفران والبرادات) والفرق ليس كبيراً في عملية تصنيع هذه الأنواع المواد الخام نفسها لكن مع اختلاف النسب والمواد المساعدة. (الشكل 5-1).



الشكل 5-1: الالياف الزجاجية

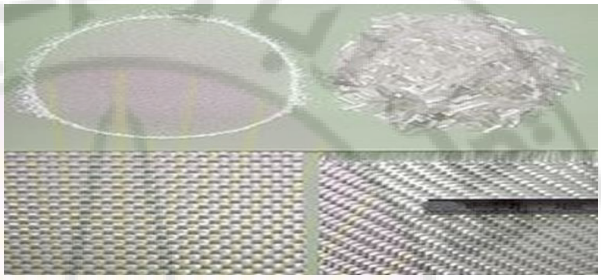
تعريف الألياف الزجاجية:

يسمى أيضاً (الزجاج الليفي) وهو زجاج على شكل ألياف دقيقة خيوط، هذه الألياف تكون أدق من الشعر البشري بعدة مرات كثيرة وفي مظهرها وملمسها كالحرير وتكون أقوى من الصلب فهي لا تحترق ولا تتمدد ولا تبهت او تصدأ والألياف الزجاجية مادة قوية للغاية، وخفيفة الوزن وقوتها السائبة وخصائص وزنها هي أيضاً مواتية جداً بالمقارنة مع المعادن، ويمكن أن تتشكل بسهولة باستخدام عمليات الصب.

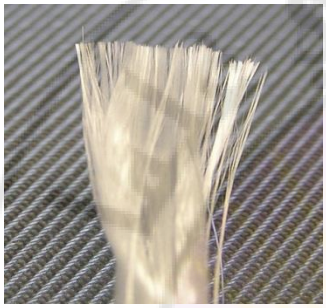
تكون المواد الأولية لمادة الزجاج الليفي من الرمل والصودا وبعض الإضافات الأخرى التي تمزج ومن ثم تصهر في فرن عند درجة (1400)ْ س، وتنتقل بعدها إلى جهاز الغزل لتحويلها بطريقة الطرد المركزي إلى ألياف معدنية دقيقة، ثم يجري بعدها

معالجة الألياف بمادة رابطة راتنجية (Binder) ويتم إنتاج الزجاج الليفي بسماكات وكثافات وأشكال مختلفة تُشبه الصوف الصخري.

ويتميز الزجاج الليفي بمقاومته الكبيرة للاحتراق وقدرته على عزل الصوت، ويُنصح باستخدامه في المباني الحديدية، وهي مادة مشابهة لمادة الصوف الصخري، فإن لها معامل امتصاص ماء ورطوبة عال وقوة تحملها للضغط منخفضة جداً.



الشكل5-2: بودرة الألياف الزجاجية

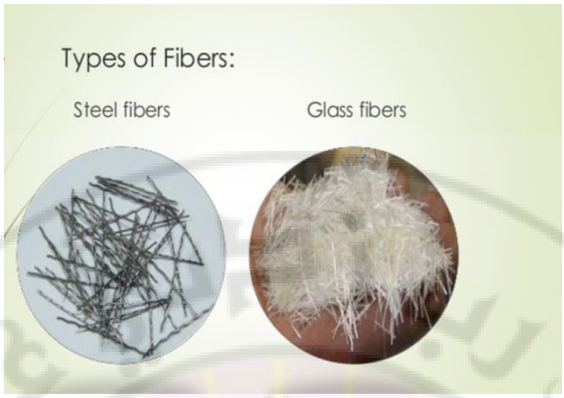


الشكل 5-3: ليف زجاجي

صناعة الالياف الزجاجية:

المواد الخام الرئيسية هي: الرمل او السليكا (SIO2)، الحجر الجيري (limeston-cao)، الالومينا (AL2O3)، البورون (boric acid-B2O3).

هناك مواد أخرى ثانوية تضاف مع هذه المواد منها من يعمل على خفض درجة حرارة الانصهار (درجة انصهار السليكا والالومينا أكثر من 2000°C)، وهذه عوامل مساعدة داخل الفرن ومنها ما يدخل في تركيبة الألياف الزجاجية فتكسبها عديداً من الصفات المفيدة مثل مقاومة المواد الكيمائية أو مقاومة الكهرباء وهذه المواد ومواد ثانوية أخرى مثل الصوديوم وأكسيد البوتاسيوم وأكسيد الحديد والفلوريد وكل هذه المواد تكون في شكل بودرة جافة في نعومة تصل ل 45 ميكرون وهي تعبأ بواسطة الضغط الهوائي.



الشكل 5-4: الألياف الزجاجية والألياف المعدنية

تكنولوجيا إنتاج الألياف الزجاجية:

ينتج الصوف الزجاجي بشكل لفات أو ألواح، مع خصائص حرارية وميكانيكية مختلفة، كما يمكن إنتاجه كمواد يمكن رشها أو وضعها في مكانها، على السطح المراد عزله، الطريقة الحديثة لإنتاج الصوف الزجاجي هي اختراع شركة Slayter.

عملية تصنيع الألياف الزجاجية لتكون مناسبة تدعم باستخدام أفران كبيرة لإذابتها تدريجياً مع (رمل السيليكا، الحجر الجيري، طين الكاولين، فلور سبار، كوليمانيت، والدولوميت) والمعادن الأخرى حتى تتحول إلى صورة سائلة .

ثم تسحب من خلال المقابس، التي هي حزم من فتحات صغيرة جداً (قطرها عادة بين 5-25 ميكروميتر لـ «E» زجاج ، و 9 ميكروميتر لـ «S» زجاج).

ثم تغلف هذه الشعيرات بحجمها وتصبح مغلفة مع محلول كيماوي توضع الشعيرات الفردية معاً في حزمة واحدة بأعداد كبيرة لتسهيل نقلها.

الألياف الزجاجية تتشكل عندما تتحول الى جدائل رقيقة من السليكا (أي صيغة أخرى من الزجاج) إلى عديد من الألياف بأقطار صغيرة ، تجعلها مناسبة للعملية وعندما يصبح الزجاج ليفاً يكون له تركيب بلوري صغير.

التركيب الكيميائي:

إن أساس النسيج للألياف الزجاجية هو السليكا SiO_2 في شكله الصافي يوجد كمبلور $(SiO_2)_n$، وبعد أن يصهر يتفاعل مع كربونات الصوديوم في درجة حرارة

1500 سيلزيوس، وبالتالي يتشكل ملح سيليس الصوديوم مع انطلاق غاز ثنائي الكربون وبتبريد السيليكا المنصهرة بسرعة، تتشكل شبكة عشوائية منتظمة رباعية الأسطح (tetrahedral)، مرتبطة في أركانها، لإعطاء مادة غير منتظمة معروفة باسم السيليكا الزجاجية.

$$Na_2co_3 + Sio_2 \longrightarrow^{1500c} na_2sio_3 + co_2$$

$$Na_2sio_3 + xsio_2 \quad (Na_2so_4) \longrightarrow (Na_2o)(sio_2)$$

حيث x=1

مراحل التصنيع:

تتآلف من 6 عمليات هي: تحضير المواد الخام، الصهر، تحويل الزجاج للألياف، التغليف الكيمائي، التجفيف، التشكيل.

عامة هناك نوعان من العمليات لإنتاج الألياف الزجاجية المستمرة:

1- عملية إنتاج ألياف زجاج ذات شعيرات مستمرة وفق مرحلتين.

2- عملية إنتاج ألياف زجاج ذات شعيرات مستمرة وفق مرحلة واحدة (عملية صهر مباشرة Direct–melt).

فإن المراحل الأساسية في كلا الحالتين هي:

1- الانصهار:

هناك نوعان رئيسيان لصناعة الألياف الزجاجية، وهناك منتجان رئيسيان أيضاً. تصنع الألياف إما عن طريق عملية الانصهار المباشر أو عن طريق عملية إعادة صهر قطع كروية زجاجية صغيرة، وكلتا الطريقتين تبدأ بمواد أولية في الشكل الصلب، تخلط المواد الخام ببعضها وتصهر في فرن، ثم في طريقة صهر القطع الكروية الصغيرة، تأخذ المواد المنصهرة من الفرن ثم تصف وتطوى إلي كرات صغيرة ثم تبرد وتغلف، ثم تُأخذ الكرات الزجاجية لمصنع تصنيع الألياف فتعبأ في علب ويعاد صهرها مرة أخرى في فرن كهربائي خاص، ثم تنساب المادة المصهورة عبر ثقوب صغيرة جداً لتتحول إلى ألياف،

إما في طريقة الصهر المباشر، يؤخذ الزجاج المصهور مباشرة من الفرن إلى آلة الكبس لتتشكل إلى ألياف.

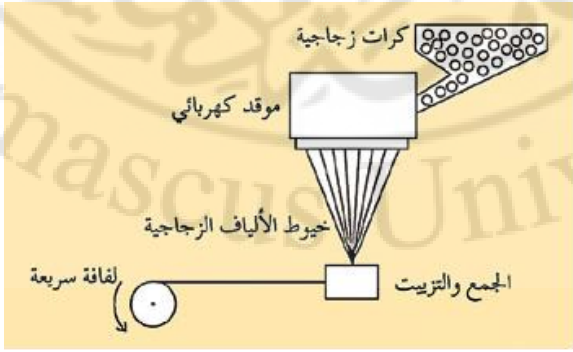
2- التشكيل:

آلة الكبس هو الجزء الأكثر أهمية في الآلات هذا الفرن المعدني الصغير الذي يحتوي على خراطيم ليتشكل من خلالها الليف، وفي الغالب تقريباً يصنع من البلاتين مخلوطاً مع الراديوم ليكسبه المتانة، ويسقط الزجاج المصهور على أسطوانة تدور منطوية على مكوكات، كما تُطوى الخيوط على البكرات, ولأن الأسطوانة تدور بسرعة أكبر من السرعة التي ينساب بها الزجاج فإن هناك شَدَّادة، تشد الألياف وتطيلها إلى أن تتخذ شكل حبال دقيقة ثابتة، وتستطيع الأسطوانة أن تسحب 3,2 كم من الألياف في الدقيقة الواحدة ويمكن سحب أكثر من 150 كم من الألياف من كرية زجاجية واحدة ذات قطر طوله 16مم، ويُمكن لف الألياف معاً في شكل خيوط وحبال، كما يمكن غزل الخيوط في نسيج وشرائط وأنواع أخرى من الأقمشة، أما في عملية الصهر المباشر، تُحذف خطوات صناعة الكريات الزجاجية.

ونميز طرق التصنيع التالية:

الطريقة الاولى:

يصنع أولا عمود ثخين من الزجاج النقي مكون من القلب والغلاف الزجاجي ثم يسخن طرف هذا العمود الزجاجي إلى درجات عالية (2000 درجة مئوية) حتى ينصهر الزجاج، (الشكل 5-5) ، ويسحب الى أسفل في برج يسمى برج السحب



الشكل 5-5: طريقة تصنيع الألياف الزجاجية

(drawing blower) حتى يصل قطره إلى الأبعاد المطلوبة، ثم توضع طبقة البلاستيك حول الليف الزجاجي ثم يلف على بكرات بالطول المطلوب. هذه البكرات تستخدم في تصنيع كابلات الإلياف الزجاجية.

الطريقة الثانية:

تسخن المواد الخام وتشكل على هيئة قطع زجاجية كروية صغيرة ويقوم العمال بفحصها للتأكد من نقاؤها ثم تصهر هذه الكريات الزجاجية في فرن كهربائي خاص وينساب الزجاج المصهور عبر ثقوب صغيرة جداً في قاع الفرن وحيث يسقط على أسطوانة تدور منطوية على مكوكات كما تطوى الخيوط على البكرات، ولأن الأسطوانة تدور بسرعة أكبر من السرعة التي ينساب فيها الزجاج فإن هناك شدادة تشد فيها ألياف وتطيلها إلى أن تتخذ شكل حبال دقيقة ثابتة وتستطيع الأسطوانة أن تسحب 3.2 كم من الألياف في الدقيقة الواحدة ويمكن سحب أكثر من 150 كم الألياف من كرية زجاجية واحدة ذات قطر طوله 1 مم ويمكن لف الألياف معا في شكل خيوط وحبال كما يمكن عزل الخيوط في نسيج واحد وشرائط وأنواع أخرى من الأقمشة وهناك طريقة أخرى تسمى عملية الصهر المباشر وفيها تختلف صناعة هذه الكريات الزجاجية.

الطريقة الثالثة:

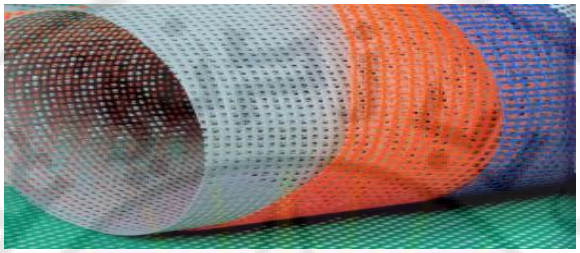
يصهر الرمل والمواد الخام الأخرى في فرن وينساب الزجاج المصهور في فرن ويقابل الزجاج المصهور ضغطاً عالياً منفوثاً على البخار ويسحبه إلى ألياف دقيقة يتراوح طولها من 20 و15 سم وتجمع الألياف على حزام ناقل في شكل كتلة بيضاء شبيهة بالصوف.

أنواع الألياف الزجاجية وفقاً للاستخدام:

1- الليف الزجاجي المسطح:

يستعمل استعمالاً رئيسياً في النوافذ والمرايا والفواصل في الحجرات وبعض أنواع الأثاث ويصنع الزجاج المسطح في رقائق غير أن بعضها مثل النوع الذي يستخدم في نوافذ السيارات يعاد تسخينه في قالب مقوس لكي يخرج ويناسب شكل السيارة التي سوف يركب عليها.

يمكن تصنيف الزجاج المسطح إلى رقائق إما ألواح زجاجية ولها سطح بالغ في النقاء والصفاء والنعومة وتستعمل هذه الأنواع عندما تدعو الحاجة الى رؤية نقية مثلاً زجاج السيارات (الشكل 5-6).



الشكل 5-6: الليف الزجاجي المسطح

2- **الأواني الزجاجية:** تستعمل الآنية الزجاجية لتعبئة الأطعمة والمرطبات والأدوية والكيمائيات ومواد التجميل وتصنع أنواع شتى من القوارير سواء في شكلها أو حجمها أو لونها وكثير من هذه الأشياء العادية مثل زجاج المشروبات الخفيفة او الجرار التي تستعمل في المنازل لحفظ الاطعمة.

3- **الخزف الزجاجية:** يسمى أيضا السيراميك الزجاجي وهذه مواد قوية تصنع من تسخين الزجاج بحيث يعاد تنظيم ذراته لتصبح أنماطا منتظمة تسمى البلورات وهذه المواد المتبلورة تحمل درجات الحرارة العالية والتأثيرات الكيمائية والتغيرات المفاجئة في درجات الحرارة وتستخدم في أنواع أواني الطبخ وفي المحركات التوربينية والمعدات الكترونية والكيمائية.

4- **زجاج الأمان المقوى:** يختلف عن الزجاج المصفح في أنه قطعة واحدة عولجت حرارياً بطريقة خاصة هي في مظهرها وملمسها ووزنها تشبه الزجاج العادي تماماً ولكن قد تصل قوتها الى خمسة أضعاف الزجاج العادي ويستعمل الزجاج المقوى في الأبواب الزجاجية ومن الصعب كسر هذه الزجاج فإن القطعة بأكملها تنهار وتتهشم الى شظايا صغيرة.

5- **زجاج الانشاءات الملون:** يتوافر بألوان عدة، وهو في شكل ألواح ثقيلة ويستعمل في واجهات المباني والجدران الداخلية والفواصل.

6- **الزجاج المقاوم للحرارة:** يحتوي نسبة عالية من السليكا وحمض البوريك ويمكن لمعامله أن يتحمل تغيرات كبيرة في درجة الحرارة دون أن يتشقق وهذا مهم في الأجهزة الكيمائية وأواني الطبخ.

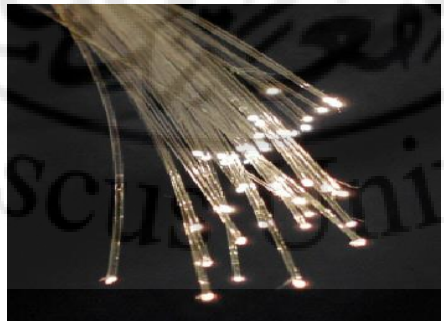
7- **زجاج الاستعمال الكهربائي:** للزجاج العادي خواص معينة تجعله مفيداً في الأعمال الكهربائية ومن هذه الحواص الشفافية والقدرة على مقاومة الخرارة ومقاومة سريان التيار الكهربائي والقدرة على الالتصاق والتحام بقوة المعادن ويستعمل في المصابيح الكهربائية والأنابيب الالكترونية.

8- **الأنابيب الزجاجية:** تستعمل في المصابيح الفلورية والمتوهجة والأجهزة الكيمائية والمواسير الزجاجية.

9- **الزجاج الموصل للحرارة:** للزجاج العادي فائدة أنه عازل ولكن يمكن جعله موصلاً للحرارة من خلال رش الزجاج بطبقة خفيفة غير مرئية من بعض الكيميائيات وستؤدي هذه الطبقة الى توصيل كهرباء كافي لتسخين الزجاج وبالتالي يمكن استخدامه في صنع سخانات طعام كهربائية وأجهزة تدفئة الغرف.

10-الألياف البصرية الزجاجية (Optical fiber):

هي ألياف زجاجية مطلية بمادة خاصة(الشكل 5-7). يمكن أن تثنى لنقل الضوء حول الزوايا في أماكن أصغر من أن يدخلها المصباح الكهربائي، وتستعمل هذه في التحكم على شاشات اللوحات وبعض أنواع الأدوات الطبية ويمكن أن تنقل الألياف البصرية الليفية الاشارات الهاتفية والتلفازية عبر مسافات طويلة وهي مصنوعة من



الشكل 5-7: ليف بصري زجاجي

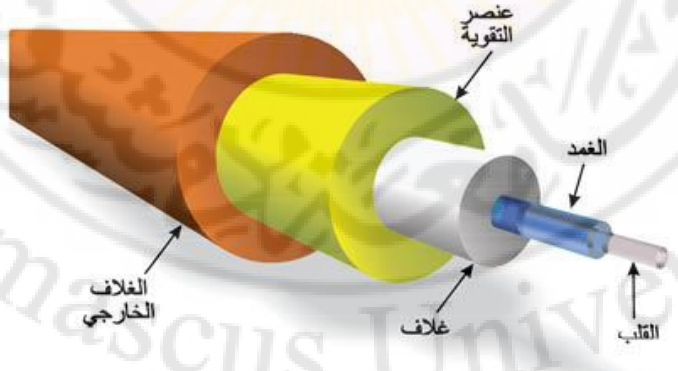
الزجاج النقي، تكون طويلة ورفيعة ولا يتعدى سمكها سمك الشعرة، يجمع عديد من هذه الألياف في حزم داخل الكابلات البصرية، وتستخدم في نقل الإشارات الضوئية لمسافات بعيدة جداً ويقوم مبدأها على ظاهرة الانعكاس الكلي.

مكونات الليف البصري:

الألياف الضوئية تتكون من أسطوانتين متحدتي المركز تسمى الأولى بالقلب Coreمحاطة بأسطوانة أخرى تسمى الغلاف Cladding ثم الغطاء الواقي Buffer Coatingوالغلاف الخارجي للكابل4 (jacket) .

- القلب 1 (Core) : وهو عبارة عن زجاج رفيع (أسطواني) ينتقل فيه الضوء ويصنع من السليكا Silica المطعمة) بالجرمانيوم مثلا(Ge-Silica).

- الغلاف2 (Cladding) : مادة تحيط باللب الزجاجي (أسطوانة أخرى محيطة) وتعمل على حفظ الضوء في مركز الليف البصري وهي مصنوعة من السليكا، وذلك لكي يكون معامل انكسار القلب أكبر من معامل انكسار الغلاف، وهو الشرط المطلوب لحصول ظاهرة الانعكاس التام، الذي هو أساس توجيه الضوء في الألياف الضوئية، إذ ينعكس الضوء كليا وبتكرار الانعكاس ينتشر الضوء داخل قلب الليف الضوئي ويصل إلى النهاية الأخرى لليف(الشكل 5-8).



الشكل 5-8: مقطع عرضي لليف زجاجي بصري

– الغطاء الواقي 3 (Buffer Coating): غلاف بلاستيكي يحمي الليف البصري من الرطوبة ويحميه من الضرر والكسر مئات أو الآلاف من هذه الألياف الضوئية تصطف معا في حزمة لتكون الحبل الضوئي الذي يحمى بغطاء خارجي يسمى جاكيت.

ولقد حققت ألياف الزجاج تطورات واختراقات مهمة جداً في التطبيقات التقنية خاصة عندما كشف عن إمكانية استخدام الألياف الزجاجية بنجاح كموجهات موجة اتصال ترددية بصرية من خلال هذ المسمى الذي يعرف الألياف البصرية (Optical Fibers).

استعمالات الألياف الزجاجية:

– تغزل الألياف الزجاجية في شكل قماش ليصنع منها منتجات الستائر ومفارش لمناضد، والقماش المصنوع منها لا تتغير مواصفاته بعد صبغه فلا يتجعد ولا يتسخ بسهولة ولا يحتاج للكي، تستعمل الأنسجة المصنوعة من الألياف الزجاجية في عمليات العزل الكهربائي، تستعمل أيضا في مرشحات الهواء في العزل الصوتي والحراري.

يستعمل المصنعون لدائن الألياف الزجاجية في صناعة الهياكل والقوارب والمركبات الفضائية.

– نقل المعلومات بالضوء ولمسافات طويلة وبعيدة.

– يستخدم في صناعة السجاد، والعزل للصوت والحرارة، وصناعة الأنسجة المقاومة للحرارة، ومقاومة للتآكل وأنسجة عالية القوة، ومجموعات الألياف الزجاجية المتموجة كثيرة الاستعمال أيضا في صناعة الستائر الخارجية وبناء البيوت الزجاجية.

– ويَستعْمِل المُصنعون لدائن الألياف الزجاجية المقوّاة في صناعة هياكل السيارات والقوارب، وفي إطارات النوافذ وصنانير صيد السمك، وأجزاء من المَرْكبات الفضائية، كما يستخدم في أسلاك الانترنت وهي اسلاك فائقة السرعة مقارنةً بأسلاك النحاس البطيئة.

خصائص الألياف الزجاجية:

- لها قوة استثنائية في مقاومة الكسر ولكنها معرضة للكسر عند طيها واحتكاكها مع أشياء أخرى.

- الكثافة (kg/m^3):2500، قوة الشد (MPa): 2400، معامل المرونة (GPa): 85، الاستطالة (%):0.01.
- تتغير بثبات الأبعاد فهي غير مرنة.
- لا تمتص الماء ولا الرطوبة على الإطلاق.
- عديمة التوصيل للحرارة والكهرباء ولذلك تستخدم الألياف القصيرة فالأغراض الخاصة بالعزل.
- غير قابلة للاحتراق نهائياً فعندما توضع في اللهب يتحول لونها الى اللون الداكن نتيجة تدمير وتلف الراتنج وتتلين عند درجة حرارة 732 وهي بديل ممتاز عن ألياف الاسبستوس.
- مفعول امتصاص الصوت وتخفيض للضجيج.
- قوة الارتدادية المنتظمة التي تتجاوز سبائك الصلب 9-7 ميكرون فهي مصنوعة من الألومنيوم والمغنيزيوم التي لا تحتوي على قلويات لذلك تملك أعلى نقاط القوة.
- معامل تمدد خطي منخفض.
- لا تؤثر الأحماض عامة على الألياف ولكنها ضعيفة المقاومة للمواد القلوية ولها تأثير ضار على الألياف.
- لا تجذب الفطريات والعفن والحشرات كما ان الشمس لا تتلف الالياف ولايوجد تأثير للتقادم عليها.
- اقتصادي لأنه أقل تكلفة من جميع الألياف الناظرة له والتي تستخدم في التطبيقات نفسها.

تطبيقات الألياف الأكثر أهمية في الخرسانة الزجاجية:

ألياف الزجاج القصيرة: تستخدم الألياف القصيرة في الخلطات الخرسانية لتحسين خواصها لتعطي خرسانة عالية الأداء (الشكل 5-9).

الشكل 5-9: الألياف الزجاجية القصيرة

الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية (crc): تم إنتاج خرسانة من هذا النوع في القرن العشرين لتكون بديلاً عن مواد الإكساء الكلاسيكية والطبيعية كالحجر والرخام ...وليساهم عامة في الإنشاء العصري التقني والاقتصادي والجمالي فإن الزجاج (crc) هو عبارة عن مجموعة متكاملة من المركبات المعتمدة على الاسمنت عالي الأداء المسلح بالألياف الزجاجية ذات القدرة الخاصة لمقاومة القلويات مما يجعله قابلا للتطويع ليناسب مجالاً واسعاً من التطبيقات.

مميزات الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية:

- هي إحدى مواد البناء الاكثر توفراً للمهندسين والمعماريين.
- كما أنها لإعادة الإنتاج والترميم وذات جمالية عالية وصديقة للبيئة.
- تخفف الحمولات على الأبنية بعوامل أمان كبيرة للهياكل الضخمة والأساسات.
- يمكن تلوينها بالصبغات والدهانات كما تعالج سطوح الطينة الاسمنتية.
- يمكن أن تحل محل البيتون المسبق الصنع غير الإنشائي في حال كان مشكلة في الوزن والشكل ويمكن تشكيل مقاطع رقيقة بسماكة 126 مم ليكون وزنها أقل بكثير من البيتون المسبق الصنع المماثل بالحجم.
- صلبة مقاومة للكسر الضغط.
- عازلة للحرارة والصوت ومقاومة للحريق وتسرب الماء.
- سهلة التصنيع ويمكن قولبتها لإنتاج أشكال وتفاصيل دقيقة ويعطي اللمس المطلوب للسطح النهائي.

- مقاومة للتآكل والظروف الجوية من حرارة ورطوبة.

استخدامات الخرسانة المسلحة بالألياف الزجاجية:

- تستعمل هذه التقنية في ألواح الإكساء للوجهات الخارجية والأعمدة والتيجان والمظلات والأسقف المستعارة وقبب داخلية وخارجية وأقنية للري والصوف وأنابيب مقواة دون استعمال الفولاذ.
- تستخدم في السيارات لتدعيم المواد الراتنجية (البلاستيك)كي تعطي المظهر المطلوب إضافة أنها خفيفة الوزن وتتكسر عند الحادث مما يؤدي الى امتصاص طاقة الحادث وتقليل الخطر.
- استخدام الزجاج كقضبان بدل من الحديد: تستخدم قضبان الألياف بدل التسليح التقليدي في بعض المنشآت التي تتطلب كفاءة عالية، وأيضاً في توربينات الرياح التي تولد طاقة تحتاج إلى عنفات الرياح القوية وفي نفس الوقت خفيفة الوزن وذلك بفضل الألياف الزجاجية التي تعطي صلابة ورشاقة.

5-3-الألياف المعدنية الصنعية Synthetic mineral fibers

تصنع **الألياف المعدني** Metallic fibers من ألياف من البلاستيك المغلف بالمعدن. وفي عام 1946 أنتجت شركة دوبيكموم أول ليف معدني حديث. وكان الألمونيوم في الماضي هو المكون الأساسي لليف المعدني. حديثاً؛ أصبح الحديد المقاوم للصدأ مكوناً أساسياً لليف المعدني، والعمل به أكثر صعوبة ولكن خصائصه الإضافية جعلته يستخدم في التطبيقات التقنية المطورة.

الاستعمالات:

إن الاستعمال الأكثر شيوعاً للألياف المعدنية هو صناعة المنسوجات مثل القماش المطرز. وهناك العديد من أنسجة الملابس العصرية منسوجة من الألياف. الألياف المعدنية الأخرى تكون مستعملة في خطوط الاتصال مثل خطوط الهاتف، وخطوط التلفزيون السلكي.

الشكل 5-10: الألياف المعدنية Metallic fibers

والألياف المعدنية تستعمل أيضاً في صناعة السجاد. تكون الألياف المعدنية موزعة في أنحاء السجادة ومغطاة بألياف أخرى لذلك لا يمكن ملاحظتها. ويساعد حضور الألياف المعدنية علي التفريغ الكهربائي مما يقلل حدوث الشرارات الناتجة من الكهرباء الساكنة، ويستعمل هذا النوع من السجاد في أماكن استعمال الحواسيب حيث فرصة إنتاج الكهرباء الساكنة أكبر. وتستعمل في البدلات الواقية، وبدلات الفضاء، والقفازات المقاومة للقطع للعاملين قرب الآلات القاطعة.

طريقة الإنتاج:

هناك طريقتان أساسيتان في صناعة الألياف المعدنية. الطريقة الأكثر شيوعاً هي عملية الترقيق. وتختم طبقة من الألمونيوم بين طبقتين من ملح حمض الخل(acetate : أو طبقتين من البولي استر، ثم تَقطع إلي أشرطة طولية للغزل، وتلف في بكرات. والألياف المعدنية يمكن أن تصنع عن طريق عملية الصهر. وذلك عن طريق تسخين المعدن حتى التبخر ثم ترسيبه في ضغط عالي على طبقة من البولستر.

وينتج عن هذه العملية ألياف أكثر متانة ومرونة ونحافة وتكون الألياف مريحة أكثر.

خواص الألياف المعدنية: لا تتأثر الألياف المعدنية بالماء المالح أو الماء المعالج بالكلور في حمامات السباحة إذا استعملا مواد لاصقة وشريط معدني مناسبين.

والمواد المصنعة من ألياف معدنية يجب أن تنظف (قدر الإمكان) بواسطة الغسل الجاف(دراي كلين). وكوي الملابس المصنوعة من ألياف معدنية يمكن أن يسبب مشاكل للألياف المعدنية خاصة في درجات الحرارة العالية؛ ويؤدي إلي انصهار هذه الألياف.

5-4-ألياف الكربون Carbon fiber

أليافُ الكربون هي مواد تتألف من ألياف دقيقة للغاية ذات قطر يتراوح بين 0.005 و 0.010 ميليمتر وتتكون في معظمها من ذرات الكربون.

ترتبط ذرات الكربون ببعضها في بلورات مجهرية موازية بشكل أو بآخر لمحور الألياف. هذا التوازي أو التوجه يجعل الألياف قوية جدا مقارنة بحجمها.

تغزل عدة آلاف من ألياف الكربون معاً لتشكيل الخيط ليستخدم بذاته أو ينسج ليكون النسيج. ولألياف الكربون عدة حياكات(طرق النسج) مختلفة يمكن جمعها مع راتنج من اللدائن وتقولب لتشكيل المواد المؤلفة التي تتصف بنسبة عالية من القوة إلى الوزن. وكثافة ألياف الكربون أيضا هي أقل بكثير من كثافة الفولاذ، مما يجعلها مثالية للتطبيقات التي تتطلب وزنا منخفضاً. خصائص ألياف الكربون مثل قوة الشد المرتفعة، والوزن والتمدد الحراري المنخفضان جعلها تحظى بشعبية كبيرة في تطبيقات الفضاء والهندسة المدنية والعسكرية ورياضة السيارات، إلى جانب غيرها من المنافسات الرياضية.

5-5- ألياف السيراميكCeramic fiber

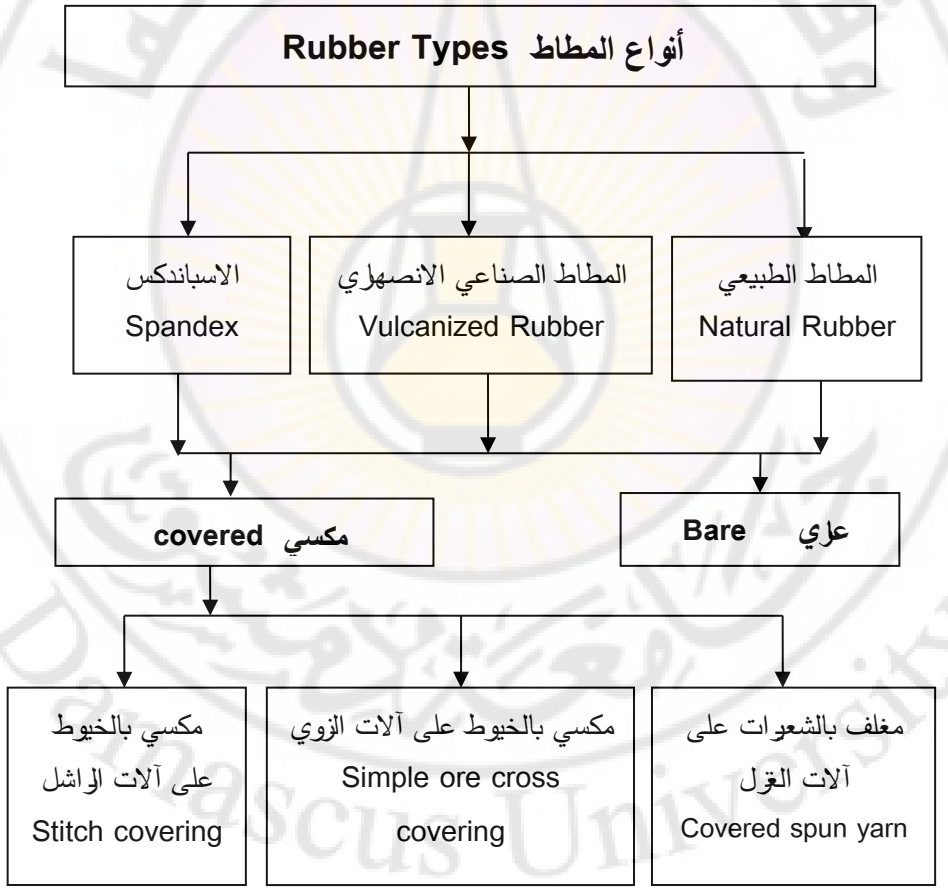
السيراميك مادة غير عضوية وغير معدنية حضرت بواسطة الحرارة والتبريد اللاحق. المواد السيراميكية ممكن أن تحتوي على تكوين بلوري أو شبه بلوري. السيراميك الزجاجي ممكن أن يكون غير متبلور في التكوين أو بلوري التكوين. يتكون السيراميك إما من كتلة منصهرة التي تتحول لصلب عند التبريد (تتشكل وتتكون تحت تأثير الحرارة)، أو يصنع كيميائياً في درجات حرارة منخفضة.

الفصل السادس

الألياف المرنة المطاطية Elastomeric fibers

تعرف الألياف المطاطية (أو الخيوط المطاطية) بأنها هي تلك الخيوط التي يمكنها الامتطاط إلى ضعف طولها الأصلي على الأقل بتأثير حمل ما وتعود إلى طولها الأصلي بإزالة الإجهاد المؤثر أو الشد.

6-1-أنواع المطاط:



الشكل 8-1: انواع المطاط

– نحتاج الخيوط المطاطية في الملابس، لأن الملابس تحتاج إلى بعض المطاطية لتلائم حركة الإنسان.

هناك نوعان من المطاطية: **المط** القوي Power stretch، المط المريح Comfort stretch.

1–المط القوي: هذا النوع مهم في الاستخدام النهائي للملابس، وذلك لدعم عضلات وأعضاء الجسم.

مجال الاستخدام:

1	الملابس الأساسية	Foundation garments Suspenders.
2	الملابس الطبية السائدة	Surgical support garments
3	ملابس البحر	Swim suits.
4	الأربطة الطبية	Medical ligaments
5	الأحزمة	Belts
6	الحمالات	

الأنواع المذكورة أعلاه تحتوي على نسبة 20% من المطاطية.

2. المط المريح: يستخدم بالسجاد والألبسة الخارجية التي تتطلب مطاطية من 10–15%، مثل بناطل الجينز والألبسة النسائية.

6–2–استخراج خيوط المطاط Rubber filament extraction

كان المطاط الطبيعي أول خامة قابلة للامتداد (الامتطاط) وأقلها تكلفة. يمكن الحصول عليه من شجرة المطاط الطبيعية (Rubber tree)، ويجمع السائل الخارج منها (لاتكس) ويحول لاحقاً إلى مطاط.

حتى عام 1905 كان المطاط يحول إلى ألواح تقسم إلى خيوط مربعة المقطع يمكن نسجها بجانب خيوط النسيج لتعطي قماشاً مطاطاً وكانت هذه الخيوط ذات أطوال محددة. إن اكتشاف المطاط الصناعي (Vulcanized Rubber) عام 1938 كان البداية الحقيقية لصناعة المنسوجات المطاطية، وازدادت متانة المطاط وتمت معالجته ليصبح أكثر مقاومة لضوء الشمس والزيوت والحرارة وجميع المؤثرات الخارجية عن المطاط

الطبيعي. لقد كانت تقسية المطاط للحصول على الخواص المناسبة هي المشكلة الرئيسية في صناعته.

طرائق تصنيع خيوط المطاط:

1- شق ألواح المطاط Cut thread: يتم في هذه في هذه الطريقة تجفيف المطاط في الهواء وتسمى العملية Rubber Crepe، أو يجفف بدخان في أفران الخشب Smoked sheet ثم تغسل الألواح بالماء لإزالة الأتربة، التي تقلل من قيمة المطاط، بعد ذلك يعجن المطاط بإمراره خلال درافيل ثقيلة من الصلب، ويضاف مسحوق الكبريت لإكساب المطاط القساوة، بعد ذلك تلف ألواح المطاط على هيئة طبقات، تشق بواسطة سكينة أو عدة سكاكين حسب عدد الخيوط المراد إنتاجها.

إلا أن هذه الطريقة من عيوبها أطوال الخيوط المحددة التي لا تتعدى 2000 متر وكذلك نمر الخيوط المنتجة محدودة وهي خيوط مربعة المقطع Square Cross Section ولا تزيد النمر عن 60 أس (أس هي وحدة قياس نعومة المطاط).

2-خيوط المطاط الإفرازية Extruded Thread: في هذه الطريقة تؤخذ المادة الخام المسماة لاتكس Latex من الشجر وتثبت بمادة النشادر ثم تحل بالماء مع عناصر أخرى مثل مادة الكبريت ومواد أخرى ملونة، بعد ذلك يدفع السائل خلال عيون المغازل (الفونية) في حمام حامضي لتجفيفها، بعد ذلك تغسل الخيوط وتجفف.

بهذه الطريقة تم التمكن من الحصول على خيوط رفيعة مستديرة المقطع Round Cross Section.

ترقيم خيوط المطاط Rubber Numbering System:

تصل نمر خيوط المطاط الرفيعة إلى 140 أس بأطوال كبيرة وبلا حدود.

يعرف ترقيم خيوط المطاط بعدد الخيوط التي يمكن وضعها متلاصقة بجانب بعضها بعضاً في عرض 25.4 مم وتعتمد الخيوط المستديرة المقطع على قطر الخيط بينما تعتمد الخيوط المربعة المقطع على طول ضلع المربع بالميليمتر.

تكتب نمرة الخيوط المستديرة مقرونة بنمرة الخيط المربع بنفس مساحة المقطع. يشار إلى نمرة الخيوط المستديرة المقطع 50 بـ $\frac{50}{56}$.

وعلى ذلك يمكن الحصول على نمرة الخيط المربع بضرب نمرة الخيط المستدير بحاصل النسبة 1.13.

6-3- الخيوط المطاطية الصنعية Spandex yarns

في عام 1960 ظهر في الولايات المتحدة الأمريكية نوع جديد من الخيوط الصناعية أطلق عليه Spandex yarns أو الليكرا ، تتكون الشعيرة فيها من سلسلة طويلة من البوليميرات Synthetic Polymer تحتوي على الأقل 85% من تركيبها على مادة البولي يوريتان Poly urethane، وتغزل بالطريقة الرطبة Wet بالإذابة Solved بواسطة المذيبات، وكأي خامة صناعية فإنه يمكن إضافة عناصر لمحلول الغزل كمادة إضفاء اللمعة أو مواد ملونة أو مبيضات أو مذيبات.

إسباندكس أو **إيلاستان** Spandex or Elastane : وأحياناً قد تسمى **ليكرا**، هي ألياف اصطناعية تعرف بمرونتها الاستثنائية، وهي أقوى وأكثر تحملاً من المطاط . اخترعها الكيميائي جوزيف شيفرز من شركة دوبونت في عام .1959 وعندما وضع في الاستخدام عُد ثورة في صناعة الألبسة.

إسباندكس هو اسم العلامة التجارية وهو غير مشتق من الاسم الكيميائي للألياف، وإنما هو بتحوير كلمة (expands) بمعنى يستطيل. إسباندكس هو الاسم الشائع في أمريكا الشمالية، بينما يشيع استخدام اسم إيلاستين في الأماكن الأخرى.

أشهر علامة تجارية مرتبطة بإسباندكس هو ليكرا، وهو علامة تجارية لإنفيستا (Invista) وهي جزء من شركة دوبونت .يوجد علامات تجارية أخرى لإسباندكس تشمل إيلاسبن(Elaspan) ، (ROICA & Dorlastan)، .(Linel)

الخواص الطبيعية لخيوط المطاط Physical Structure:

إذا كان مجال الأشرطة المطاطة هو الأكثر استخداماً للخيوط المطاطة، فإنه بمعرفة سلوك الأشرطة في الاستعمال فإنه تحدد خواص ووظيفة الخيوط المطاطة فيها،

لذا فإنه يجب توفر خواص معينة في الخيوط المطاطة حتى تتحقق الأهداف الأساسية من استعمالها في الأنسجة. هذه الخواص هي:

1- أن يكون المط عند القطع 600% على الأقل Extension at break حتى يسمح للخيط للعمل في مدى مطه ويمتط الخيط 300% في أثناء مراحل نسيج الشريط ليصل إلى 100% بعد عملية تعاشق الخيوط وارتخاء النسيج.

2- ارتفاع نسبة الحمل/المط (الاستطالة) Load/Extension ratio، وذلك للحصول على مط 200-300%.

3- القدرة على الاحتفاظ بنسبة الحمل/المط بعد وضعه تحت إجهاد المط 200% لمدة زمنية معينة.

4- لأن خيوط المطاط تنسج مع خيوط النسج التقليدية، التي تمنع امتطاطه أكثر من نصف مدى مطه، فإننا لا نحتاج إلا إلى متانة كافية لمراحل النسيج والاستخدامات اللاحقة.

الخواص الطبيعية لخيوط السباندكسSpandex or Elastane :

ينتج خيط السباندكس كخيط أحادي mono filament أو متعدد الشعيرات multi filament ويكون شكل القطاع العرضي للخيط الأحادي مستديراً، بينما تندمج الشعيرات كلياً أو جزئياً على مسافات في خيوط متعددة الشعيرات.

يفيد ذلك في عملية خياطة الأقمشة، فلا تسبب إبرة الخياطة في قطع خيط السباندكس، بل تمر بين شعيراته، من خلال الأماكن غير الملتصقة، في حين يتطلب استخدام إبرة حياكة خاصة ذات طرف مستدير أو ما يسمى Ball Point، في حالة استخدام الخيوط أحادية الشعيرة التي تدفعها عن طريقها لئلا تصاب.

التراكيب الكيميائية لخيوط السباندكس: تصنع خيوط السباندكس من بوليميرات أو حبيبات طويلة السلسلة الجزيئية، تتكون على الأقل من 85% بولي يوريتان، وتتكون السلسلة الجزيئية لبوليمير السباندكس من جزيئات Segment مرنة وأخرى صلبة، تفيد الجزيئات المرنة في الرص بينما تربط الجزيئات الصلبة السلسلة ببعضها. عند تعرض السلسلة للشد تنفرد الجزيئات المرنة وتعود لوضعها الأصلي بعد إزالة قوة الجذب.

7-بعض الأسماء التجارية الشائعة للسباندكس:

- دورلستان Dorlostan: ينتج هذا النوع من قبل شركة بير Bayar.
- الليكرا Lycra: اسم تجاري لخامة السباندكس الذي تنتجه شركة دي بوينت Du-Point.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل السابع

خلطات الألياف الصنعية وخواصها واستخداماتها

Synthetic Fiber Blends, Their Properties and Uses

إن تنوع الألياف الصناعية التي تنتج عالمياً وتباين خواصها الطبيعية والميكانيكية كان لها فضل كبير في توفير إمكانيات ضخمة للصناعات النسيجية في استخدامها طبقاً للأغراض المتنوعة عن طريق خلطها ببعضها، وذلك لإشباع رغبات المستهلك واحتياجاته. وقد ساهمت قابلية الألياف الصنعية للخلط في الحصول على عدد لا حصر له من المنتجات التي لها خواص وصفات تتناسب ومتطلبات الاستخدام، (عبد المنعم، محمد عبد الرازق، 2102).

وتعتمد تكاليف المنتج المخلوط ومستوى جودته بدرجة كبيرة على نسب الخلط واسعار الخامات المستخدمة فيها ومدى مطابقتها للمواصفات.

إن معدلات الزيادة في إنتاج الألياف الصناعية والتركيبية تزيد بنسبة أعلى من نسب الزيادة في إنتاج القطن الخام، ولهذا السبب تراجعت نسبة إنتاج القطن بالنسبة للألياف الصنعية.

تعد الألياف السلولوزية والبوليستر والنايلون والبولي بروبيلين والبولي أكريليك من أكثر الألياف التركيبية إنتاجاً في العالم.

يتضمن الجدول 7–1 الأنواع المختلفة من الألياف وخواصها.

الجدول 7–1: الأنواع المختلفة من الألياف وخواصها*

نوع الليف / الخاصية	البوليستر	الحرير صناعي (رايون الفسكوز)	حرير صناعي (الأسيتات)	النايلون	البولي أكريليك
القوة (المتانة)	+++	+	+	+++	+
المقاومة للاحتكاك	+++	+	+	+++	+
المقاومة للكرمشة	+++	+	+	+++	++
المقاومة للاحتراق	+	+	+	+	+

المقاومة للانصهار	+	+++	−	+	++
المقاومة للكهرباء الاستاتيكية	−	+++	+	− −	− −
الإمتلاء Bulk	+	+	++	+	+++
ثبات الأبعاد في الغسيل	+++	−	+	+++	+++
المحافظة على الكي	+++	+	+	+++	+++

مدلولات الرموز بالجدول

زيادة ممتازة	+++	مقبولة	+	
زيادة ملحوظة	++	مقبولة رديئة	−	
		رديئة	− −	

*الزيادة الممتازة يليها الزيادة الملحوظة ثم الزيادة المقبولة فقط وأخيراً الرديئة.

من المعروف أن الصفات المطلوبة في الألياف النسيجية، التي تلبي طلب المستهلك يجب أن تتسم بالمتانة والقدرة على مقاومة الاحتكاك وقوة الاحتمال وأن تكون جميلة المظهر والملمس ومقاومة الكرمشة وتمتص العرق بسهولة وتحمي الجسم وتمده بالتدفئة المطلوبة إلى جانب سعرها المناسب.

ونظراً لصعوبة الحصول على هذا النوع من الألياف الطبيعية وحدها أو الألياف الصنعية وحدها، فكل له مميزاته وعيوبه، لذلك قام المتخصصون في صناعة الغزل والنسيج بعمل الخلطات التي تسمح بموازنه المواصفات والتكلفة وإنتاج أنواع كثيرة من الأقمشة المخلوطة.

يخلط بين الألياف الصنعية والطبيعية لتحسين ميزات المنتج من الخيوط وهذه العملية تحتاج إلى تجارب عديدة، لاختيار أنسب أنواع الألياف التي يمكن خلطها ونسبها المئوية، وكذلك تحديد طرق الخلط التي تتوقف أيضاً على طريقة تشغيل الألياف سواء مع القطن أو الصوف.

تجري عملية الخلط عادة في مرحلة الفتح أو الكرد أو السحب أو الزوي أو النسيج، ولقد بذلت جهود كثيرة لإكساب الألياف الصناعية خواص وميزات تتشابه مع كل من القطن والصوف من جهة القوة والاستطالة أمكن معها استنباط خلطات معينه متميزة.

7-1-أفضل الخلطات للأنواع المختلفة من الألياف ونوع الاستعمال

يتضمن الجدول 7-2 أفضل الخلطات للأنواع المختلفة من الألياف ونوع الاستعمال.

الجدول 7-2: أفضل الخلطات للأنواع المختلفة من الألياف ونوع الاستعمالز

مجال الاستعمال	نوع الألياف ونسب الخلط (%)						
	بولي استر	بولي بروبلين	صوف	اكريليك	نايلون	قطن	فسكوز
ملابس داخلية تريكو- مفارش اقمشة-وبرية قمصان-مناديل- فوط اقمشة- مطبوعة						85	15
						70	30
						50	50
سجاد وملابس خارجية						15	85
						20	80
سجاد		50	50				
سجاد				30			70
ملابس خارجية (رجالى-حريمي)	67						33
اقمشة البدل	55		45				
اقمشة البدل	55			45			

سجاد اقتصادي				50			50
تريكو وملابس خارجية			25	75			
ملابس خارجية			45	55			
ملابس خارجية	30		30				40
الاقمشة المعالجة بطريقة الكي الدائم	80						20
بنطلونات–جيبات–بدل–جاكتات رجالي	67						33 مجعد
للبنطلونات	50						50 مجعد
ملاءات السرير ملابس العمل– الملابس الرسمية						70	30
للملابس والمفارش				50			50
ملابس ضد المطر				55			45
خلطة كلاسيكية للقمصان	65					45	
للتريكو الداخلي– ملابس سبور	50					50	

7-2-المزايا العامة لبعض الخلطات:

أ- المزايا الأساسية لخلطات البوليستر والقطن:

البوليستر أو أليـاف البـولي إسـتر أو أليـاف عديـد الإسـتر Polyester . يخلـط البوليستر مع القطن للحصول على أقمشة مخلوطة تمتاز بخواص لا تتوفر في القطن أو البوليستر بمفردهما، ومن المزايا التي يضيفها البوليستر على الأقمشة القطنية هي:

1- مقاومـة الكرمشـة والتجعد وهذه الخاصـية ناتجـة مـن الخـواص الذاتيـة لشـعيرات البوليستر وليست مكتسبة سطحياً، كما هو الحال في الأقمشة القطنية المعالجة ضد الكرمشة.

2- سرعة الجفاف نتيجة انخفاض نسبة اكتساب الرطوبة في شعيرات البوليستر.

3- متانـة شـعيرات البوليسـتر المصـحوبة باسـتطالة كبيرة ومرونـة عاليـة، تـؤدي إلـى زيادة متانـة القمـاش ضد التمزيق وزيـادة مقاومـة التآكل بالاحتكاك، ويلاحظ أن نسبة البولي إستر اللازمة لزيادة متانة التمزيق تعتمد على نوع شعيرات البوليستر التي تزيد من المتانـة. إن نسبة البوليستر المطلوبـة يجب أن تزيد لكي تزيد متانـة القمـاش ضد التمزيـق. ويلحظ أن زيـادة كل مـن متانـة التمزيـق ومقاومـة التآكل تعمـل علـى إطالـة العمر الاستهلاكي للملابس المخلوطة.

4- ثبات الأبعاد في الأقمشة المجهزة.

5- المقدرة على الاحتفاظ بالكسرات الدائمة التي لا تتأثر أو تزول بالغسيل.

لأن الخـواص الرئيسـية المطلوبـة فـي الملابـس الخارجيـة هـي مقاومـة الكرمشـة وسرعة الجفاف وثبات الأبعاد وأن تحتاج لأقل من ما يمكن من العناية Easy-care، وفي بعض الحالات تتطلب ثبات الكسرات مثل الجونلات في الملابس النسائية، ورغم وجود هذه الخواص بأعلى درجة في الأقمشة المصنوعة من البولي إستر، إلا أنها تكون مصـحوبة ببعض المساوئ مثل سهولة الاتساخ بسبب توليد الكهرباء الاستاتيكية، التـي تجذب الاتربة إلى الملابس وضعف قدرتها على امتصاص الرطوبة المتولدة من الجسم، ممـا يسبب قلـة الراحـة بالاسـتعمال، ولتقليل هذه المساوء تضـاف نسبه مـن القطـن إلـى

البولي إستر حتى تزيد من مقدرة القماش على امتصاص الرطوبة وامتصاص العرق المتولد من الجسم في أثناء الاستعمال، كما تعمل على تقليل تكوين الكهرباء الاستاتيكية وتساعد على تسربها، وبالتالي تقلل من معدل إتساخها وتحسين ملمس ورخاوة القماش.

ب- مزايا خلطات البولي استر مع الفسكوز:

تتميز خلطات البولي استر والفسكوز بالخواص الاتية:

1- مظهر الأقمشة المخلوطة من هذه الشعيرات يكون جيداً.

2- مقاومة الكرمشة بالنسبة لنسب الخلطات المختلفة تكون جيدة نتيجة تميز شعيرات البولي إستر بالمرونة العالية ومقاومة التجعد.

3- الاحتفاظ بالكسرات في الظروف العادية ويرجع ذلك إلى خاصية الثروموبلاستيك التي تتميز بها شعيرات البولي إستر.

4- خلط حرير الفسكوز مع البولي استر يعطي الأقمشة متانة وعمراً استهلاكياً أكبر من حالة خلط حرير الأسيتات مع البولي استر، ويرجع ذلك إلى زيادة متانة شعيرات الفسكوز عن متانة شعيرات الأسيتات.

5- زيادة نسبة البولي استر في الأقمشة المخلوطة مع الفسكوز تزيد من مقاومتها للاحتكاك، الذي يعد مقياساً لمدى تحمل هذه الأقمشة لمدة طويلة من الاستعمال، ولقد تبين أن أفضل نسب الخلط هي 30% فسكوز 70% بولي استر.

6- وجود الفسكوز في الخليط ولو بنسبة ضئيلة يضفي حماية ممتازة للأقمشة ضد الحرق بالانصهار Hole Melting Protection.

ج-خلطات البولي استر والفسكوز والصوف:

1- زيادة نسبة الصوف في الخليط تحسن من مظهرية الأقمشة وحيويتها وامتلائها.

2- زيادة نسبة الصوف تحسن من مقاومة الأقمشة للكرمشة، لا سيما إذا كانت مبتلة، كنا هو الحال في الأقمشة المطرية، التي يفضل فيها زيادة نسبة كل من الصوف والبولي أستر وتقليل نسبة الفسكوز.

3- زيادة نسبة الصوف تقلل من ثبات الأبعاد للأقمشة بعد الغسيل.

د-خلطات البولي استر مع البولي أكريلين:

أن خلط البوليستر مع البولي أكريليك ينتج عنه مجموعة من الخواص، التي تعد مثالية تقريباً لأقمشة الكساء الصيفية، نظراً لأن الأقمشة المنتجة تكون خفيفة الوزن عالية الجودة إلى جانب حسن مظهر التركيب النسيجي لها وتحملها الكامل لعمليات الغسيل واستعمالها بدون كي، وأفضل الخلطات هي 50% بوليستر 50% بولي اكريليك. وأهم ما يضيفه البوليستر على القماش هو زيادة متانته ومقاومته للقطع ومقاومته للاحتكاك. كما أن البولي أكريليك فإنه يضفي خاصية التضخيم للقماش Bulk، مما يجعله خفيفاً إلى جانب زيادة مقاومة القماش لدرجات الحرارة، التي يتلف عندها نظراً لأن درجة الحرق بالانصهار له مرتفعة بمقارنتها بالألياف الأخرى إضافة إلى نعومة ملمسه.

هـ- مزايا خلطات البولي أكريلين مع الصوف:

1- وجود شعيرات البولي أكريليك في الخليط تعمل على التقليل من مقاومة الأقمشة للكرمشة.

2- زيادة نسبة البولي أكريليك في الخليط تزيد من مقدرة الأقمشة على الاحتفاظ بالكسرات وتعمل على زيادة ثبات الأبعاد بعد الغسيل والتقليل من نسبة الانكماش.

ولقد أثبتت التجارب أن هذين النوعين من الألياف مكملين لبعضها بدرجة كبيرة، وتعد الخلطة 70% بولي أكريليك 30% صوف هي أفضل الخلطات التي تعطي صفات متميزة للأقمشة المنتجة. ويمكن الحصول على أقمشة لها خواص الغسيل بدون كوي إذا كانت نسبة البولي أكريليك في الخليط 70% أو أكثر. كما يضفي الصوف خاصية حيوية للقماش والمقاومة للانثناء والملمس الجميل. ورغم أن القماش المنتج من هذا الخليط لا يكون بمثل متانة أقمشة البولي استر أو النايلون، إلا أن عمره الاستهلاكي وملاءمته للاستعمال يكون مناسباً جداً.

وبناءً عليه فإن جمال الصوف ورونقه مع خاصية تضخيم البولي أكريليك Bulk تكون مستحبة بصفة خاصة في حالة الرغبة في إنتاج أقمشة مخلوطة تمتاز بالنعومة وخفة الوزن، لا ينجح فيها البوليستر ولا النايلون لوحدهما.

مزايا خلطات النايلون والفسكوز :

1- وجود الفسكوز في الخليط يقلل إلى درجة كبيرة من الكهرباء الاستاتيكية المتولدة من شعيرات النايلون وبالتالي يقلل من سرعة اتساخ الأقمشة.

2- زيادة نسبة النايلون تزيد من مقدرة الأقمشة على الاحتفاظ بالكسرات وتقلل من نسبة الانكماش بعد الغسيل.

1- فإن متانة شعيرات الفسكوز أقل بكثير من متانة شعيرات النايلون، فإن زيادة نسبة النايلون في الخليط تزيد من متانة القماش ضد التمزق والعمر الاستهلاكي للأقمشة.

4- وجود الفسكوز في الخليط يزيد من مقاومة الأقمشة للانصهار، لأن شعيرات النايلون سهلة الانصهار بالحرارة.

الفصل الثامن

تكنولوجيا وخواص الألياف النانوية

Technology and Properties of Nanofibers

8-1- تمهيد

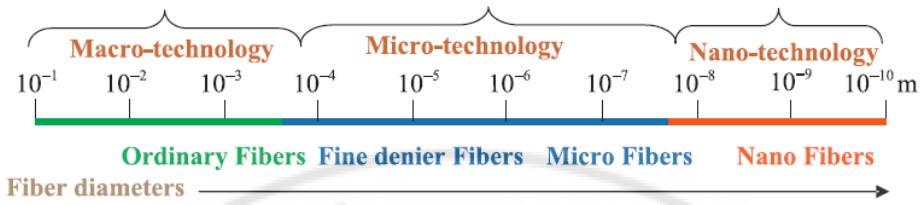
نانو (الرمز n) هي بادئة وحدة تعني "واحد من المليار". تُستخدم هذه البادئة في المقام الأول مع النظام المتري، وهي تشير إلى عامل 0.000000001 أو 10^{-9}. كثيرًا ما تواجه في العلوم الإلكترونيات لبادئة الوحدات الزمنية والطول.

ألياف النانو هي ألياف بأقطار في نطاق النانومتر. يمكن إنتاج الألياف النانوية من بوليمرات مختلفة (البوليمرات الطبيعية مثل الكولاجين والسليلوز ... والبوليمرات الاصطناعية مثل حمض polylactic....)، وبالتالي لها خصائص فيزيائية وإمكانيات تطبيق مختلفة. جميع ألياف البوليمر النانوية فريدة من نوعها نظرًا لنسبة مساحة السطح إلى الحجم الكبيرة، والمسامية العالية، والقوة الميكانيكية الملموسة، والمرونة في التشغيل مقارنة بنظيراتها من الألياف الدقيقة.(Teraoka I.,2002) .

سلاسل البوليمر متصلة عبر روابط تساهمية. (الرابطة التساهمية هي رابطة كيميائية تتضمن مشاركة أزواج الإلكترونات بين الذرات). تعتمد أقطار الألياف النانوية على نوع البوليمر المستخدم وطريقة الإنتاج.

يمكن استخدام مجموعة واسعة من أحجام الألياف أو سمكها في معالجة المنسوجات (الشكل 8-1). يتراوح قطر ألياف النسيج العادية والغرامة من 1 إلى 100 ميكرومتر، وتنتج بواسطة ذوبان جاف جفافاً ثابتاً يدور من خلال مغازل يبلغ قطرها من 1 إلى 100 ميكرومتر. ألياف نانوية بأقطار في النانومتر.

تصنع في الغالب عن طريق عملية الغزل الكهربائي، على الرغم من وجود طرق أخرى أيضًا.(Teraoka I., 2002) .



الشكل 8-1: حجم الألياف وتقنيات التصنيع / المعالجة المرتبطة بها

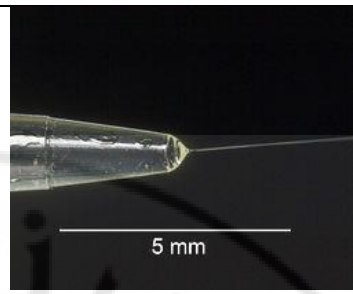
توجد عديد من الطرق المختلفة لصنع الألياف النانوية، بما في ذلك الرسم، والغزل الكهربائي، والتجميع الذاتي، وتوليف القوالب، وفصل الطور بفعل الحرارة.

باستخدام طريقة معالجة مصهور مبتكرة، مناسبة للإنتاج الصناعي الضخم، تمكن العلماء والمهندسون في جامعة مينيسوتا من صنع ألياف نانوية رقيقة تصل إلى 36 نانومتر فقط (Soltani I, Macosko CW, 2018).

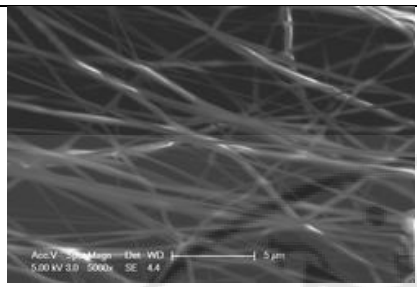
أنتجت الألياف النانوية لأول مرة عن طريق الغزل الكهربائي منذ أكثر من أربعة قرون، (الشكل 8-2). بدءًا من تطوير طريقة الغزل الكهربائي، قام الفيزيائي الإنجليزي ويليام جيلبرت (1544-1603) أولاً بتوثيق التجاذب الكهروستاتيكي بين السوائل من خلال إعداد تجربة لاحظ فيها قطرة ماء كروية على سطح جاف يلتف في شكل مخروطي عند الإمساك به. تحت كهرمان مشحون كهربائيًا. عُرف هذا التشوه لاحقًا باسم مخروط تايلور (Nascimento ML, Araújo ES, Cordeiro ER, de Oliveira AH, de Oliveira HP, 2015).

في عام 1882، قام الفيزيائي الإنجليزي اللورد رايلي (1842-1919) بتحليل الحالات غير المستقرة لقطرات السائل المشحونة كهربائيًا، ولاحظ أن السائل قد قذف في نفاثات صغيرة عند تحقيق التوازن بين التوتر السطحي والقوة الكهروإستاتيكية.

في عام 1887، نشر الفيزيائي البريطاني تشارلز فيرنون بويز (1855-1944) مخطوطة حول تطوير ألياف النانو وإنتاجها. في عام 1900، قدم المخترع الأمريكي جون فرانسيس كولي (1861-1903) أول براءة اختراع حديثة للغزل الكهربائي.



أ–صورة لغضروف مفصلي من كحول البولي فينيل في محلول مائي يظهر ألياف مغزولة كهربائياً من مخروط تايلور.



ب– مسح صورة المجهر الإلكتروني لألياف البولي كابرولاكتون المغزولة كهربائيا.

الشكل 8–2: الغزل الكهربائي Electrospinning

كان أنطون فورمالز أول شخص حاول إنتاج ألياف النانو بين عامي 1934 و1944 ونشر أول براءة اختراع تصف الإنتاج التجريبي للألياف النانوية. في عام 1966، نشر هارولد سيمونز براءة اختراع لجهاز يمكنه إنتاج أقمشة رقيقة وخفيفة من الألياف النانوية بزخارف متنوعة (wikipedia.,Nanofiber).

فقط في نهاية القرن العشرين أصبحت كلمتا الغزل الكهربائي وnanofiber لغة مشتركة بين العلماء والباحثين ويستمر تطوير الغزل الكهربائي اليوم.

8–2–طرق تركيب ألياف النانو Synthesis methods of nanofibers

توجد عديد من التقنيات الكيميائية والميكانيكية لإعداد ألياف النانو.

8–2–1–الغزل الكهربائي Electrospinning

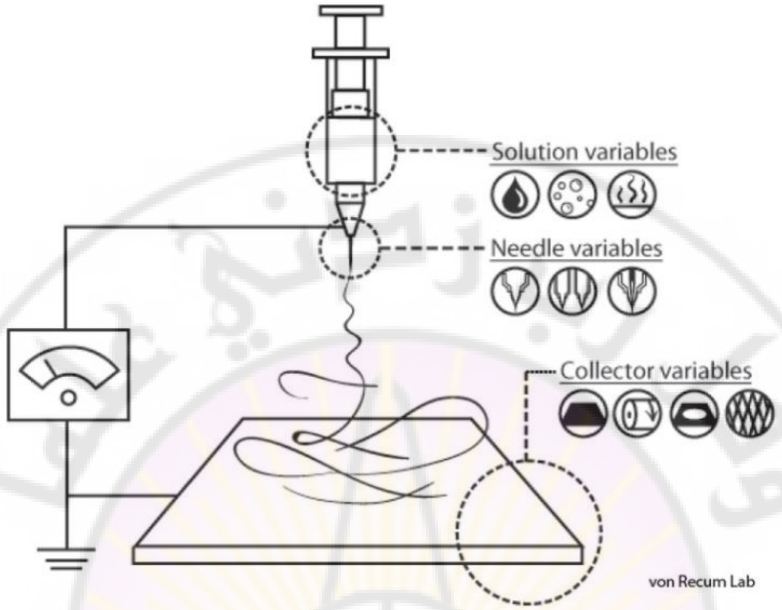
الغزل الكهربائي هو الأسلوب الأكثر استخداما لتصنيع الألياف النانوية. وترد أدناه الأدوات اللازمة الغزل للكهربائي (الشكل 8–3 والشكل 8–4):

1–التيار الكهربائي عالي الجهد DC.

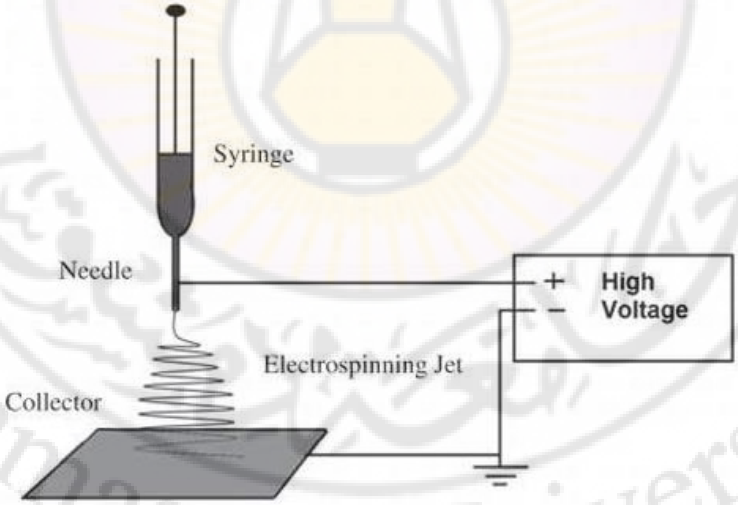
2–مضخة الحقن Syringe pump.

3–مغازل Spinneret (إبرة قطرها صغير متصلة بالمحقنة).

4– جامع المعادن Metal collector .



الشكل 8-3: رسم تخطيطي لإعداد عام للغزل الكهربائي ،electrospinning. [2]

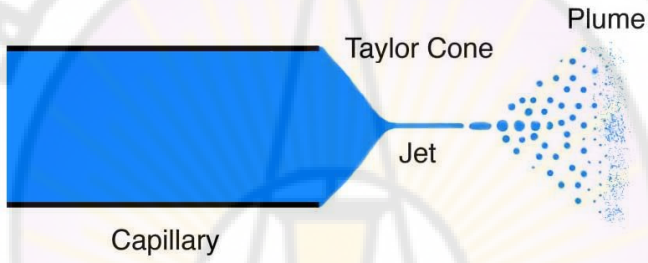


الشكل 8-4: الشكل العام للغزل الكهربائيelectrospinning

(Muhammad Waqas Munir and Usman Ali, 2019)

يوضع قطب كهربائي واحد في محلول البوليمر ويرفق القطب الآخر إلى مجمع. يتطبق حقل كهربائي إلى نهاية الأنبوب الشعري الذي يحتوي على محلول البوليمر الذي يحمله التوتر السطحي ويشكل شحنة على سطح السائل.

مع زيادة كثافة المجال الكهربائي، فإن السطح نصف الكروي للسائل في طرف الأنبوب الشعري يتمدد لتشكيل شكل مخروطي يعرف باسم مخروط تايلور، (الشكل 8-5) (Manikandan, S.; Divyabharathi, M.; Tomas, K.; Pavel, P.; David, L., 2019).



الشكل 8-5: مخروط تايلور الذي منه يتم دفع محلول

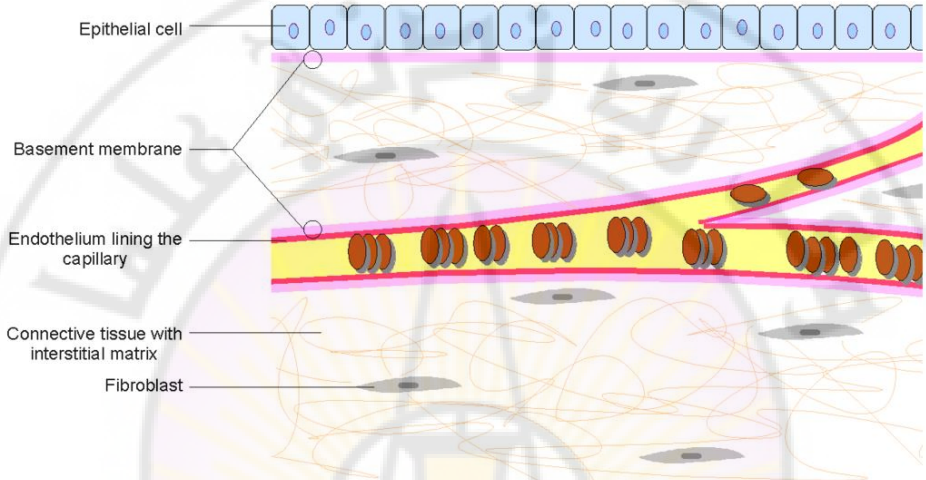
Taylor cone from which jet of polymer solution is ejected

يتم تحقيق قيمة حاسمة عند زيادة أخرى في المجال الكهربائي الذي تتغلب فيه القوة الكهروستاتيكية على التوتر السطحي وتخرج الدفعة المشحونة من السوائل من طرف مخروط تايلور Taylor cone.

دفقة محلول البوليمر polymer solution jet التي فرغت من الشحنة الكهربائية تكون غير مستقرة وتستطيل نتيجة لذلك، مما يسمح للدفقة jet بأن تصبح طويلة ورقيقة للغاية. ألياف البوليمر المشحونة تتماسك مع تبخر المذيبات. تجمع الألياف النانوية ذات التوجه العشوائي على مجمع. يمكن أيضاً جمع ألياف النانو بطريقة عالية المحاذاة باستخدام مجمعات متخصصة مثل الطنبور الدوار، والإطار المعدنيmetal frame ، نظام اللوحات الثنائية المتوازية.two-parallel plates system.

يجب التحكم في المعاملات مثل حركة تيار البخار المنفوث وتركيز البوليمر لإنتاج ألياف نانوية ذات أقطار ومورفولوجيات موحدة.

تقنية الغزل الكهربائي تحول عديداً من أنواع البوليمرات إلى ألياف نانوية. شبكة الألياف النانوية electrospun تشبه مصفوفة فائقة للخلية extracellular matrix (ECM) جيداً، (الشكل 8-6).



الشكل 8-6: رسم توضيحي يصور مصفوفة فائقة الخلية (غشاء الطابق السفلي والمصفوفة الخلالية) فيما يتعلق بالظهارة epithelium والظهارة endothelium والأنسجة الضامة connective tissue .

هذا التشابه هو ميزة رئيسية من الغزل الكهربائي Electrospinning لأنه يفتح إمكانية محاكاة ECM فيما يتعلق بأقطار الألياف، المسامية العالية، والخصائص الميكانيكية. ويجري تطوير الغزل الكهربائي Electrospinning كذلك لإنتاج كميات كبيرة من الألياف النانوية المستمرة واحدا تلو الآخر.

8-2-1-1-طرق إنتاج الألياف النانوية Production methods of nanofibers

استناداً إلى تشكيل النفاثة (الباثق) وطريقة استخدام الإبر، يمكن تصنيف طرق الغزل الكهربائي كما يلي (Muhammad Waqas Munir and Usman Ali, 2019 Published):

1-أساليب الغزل الكهربائي متعددة النفاثات Multi-jet electrospinning methods

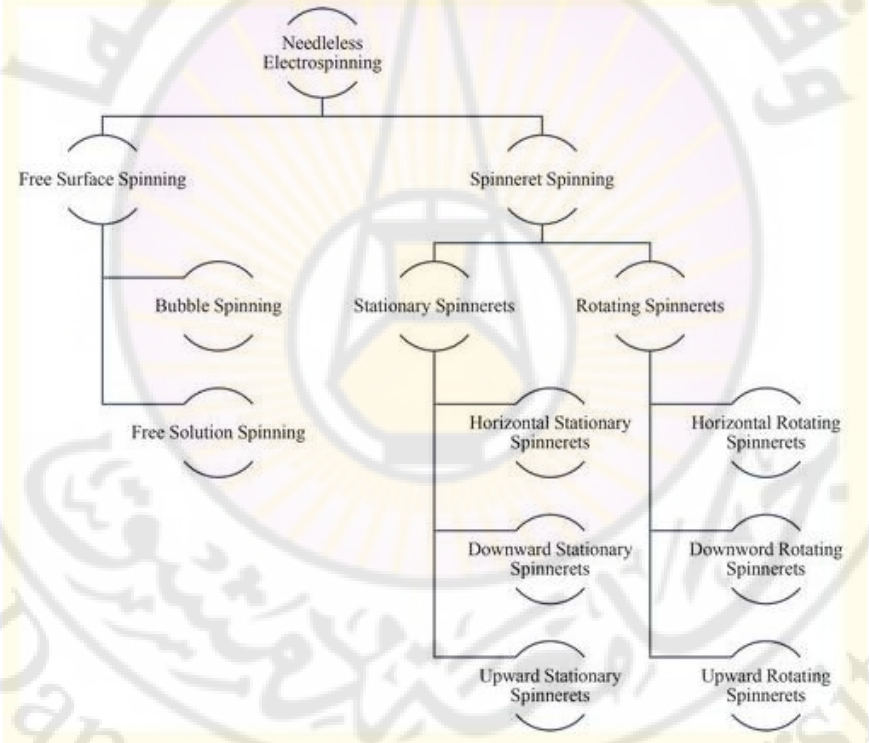
2-طرق الغزل الكهربائي متعددة الإبر Multi-needle electrospinning methods

3-طرق الغزل الكهربائي بدون إبرة Needleless electrospinning methods

8-2-1-2- طرق تصنيف الغزل الكهربائي

Classification of electrospinning methods

ويمكن تعريف الغزل الكهربائي بأنه الطريقة التي يتم بها إنتاج دفقات الألياف أو توليدها من السطح الحر للسائل. ويمكن أيضاً أن تعرف بأنها تقنية إنتاج الألياف من سطح سائل مفتوح. استناداً إلى طريقة توليد الألياف، وحركة المغازل spinneret، واتجاه جمع الألياف، يمكن تصنيف تقنيات الغزل الكهربائي بدون إبرة كما هو الحال في الشكل 8-7.(Muhammad Waqas Munir and Usman Ali, 2019) .



الشكل 8-7: طرق تصنيف الغزل الكهربائي

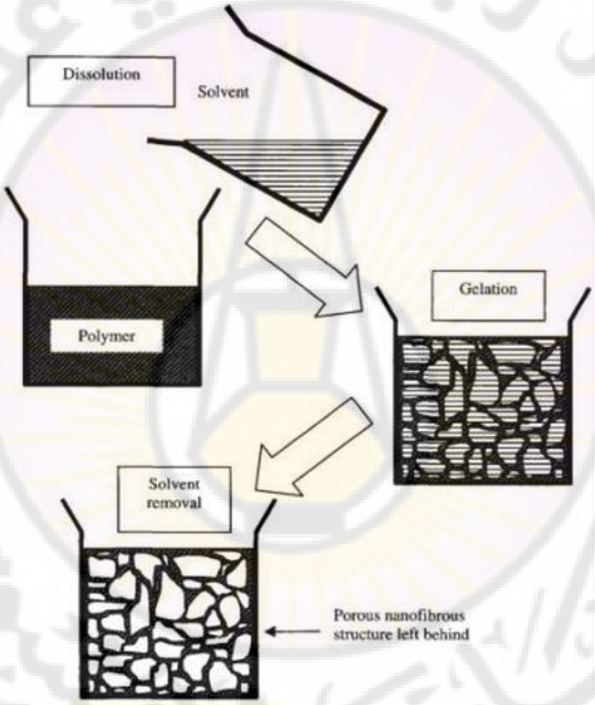
8-2-2- فصل المرحلة الناجم عن الحرارة

Thermal-induced phase separation

يجري فصل المرحلة الناجم عن الحرارة محلول بوليمر متجانس إلى نظام متعدد المراحل عن طريق التغيرات الديناميكية الحرارية. (الديناميكا الحرارية هي فرع من

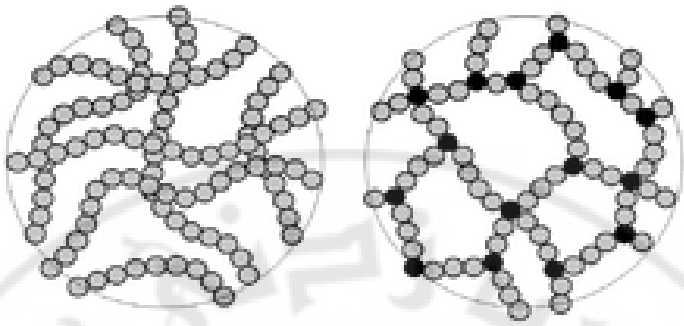
الفيزياء التي تتعامل مع الحرارة والعمل ودرجة الحرارة، وعلاقتها بالطاقة، الإنتروبيا، والخصائص الفيزيائية للمادة والإشعاع).

الإجراء ينطوي على خمس خطوات: انحلال البوليمر (الشكل 8-8)، فصل المرحلة السائل-السائل أو السائل-الصلبة، جلتنة البوليمر (تحويل المحلول إلى هلام) (الشكل 8-9)، استخراج المذيبات من الهلام مع الماء (الشكل 10-9)، وتجميد وتجميد-التجفيف تحت الفراغ under vacuum .



الشكل 8-8: فصل المرحلة Phase separation

تستخدم على نطاق واسع طريقة فصل المرحلة الناجمة عن الحرارة لتوليد السقالات لتجديد الأنسجة.



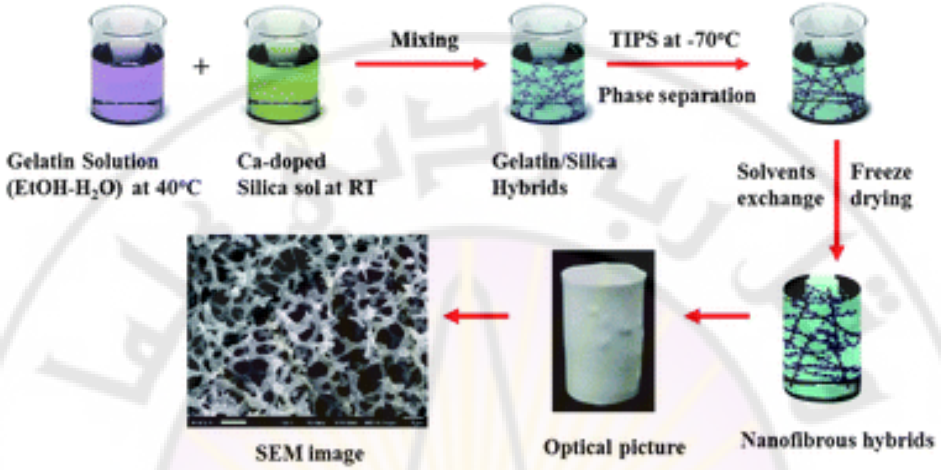
الشكل 8–9 : البوليميرات قبل (لا هلام) وبعد الربط المتبادل (هلام)

الشكل 8–10: استخراج السائل– السائل على نطاق المختبر. صورة لمسار فاصل في استخراج مقياس مختبري لسائلين غير قابلين للمزج: السوائل هي مرحلة عليا من الأثير الديثيلي، ومرحلة مائية أقل

يستخدم فصل السائل–السائل عادة لتشكيل هياكل المرحلة ثنائية المواصلة بينما يستخدم فصل المرحلة الصلبة–السائلة لتشكيل هياكل بلورية.

نقترح هنا طريقة جديدة (الشكل 8–11) لإنتاج سقالات الجيلاتين–السيليكا الهجينة النانوية من خلال فصل المرحلة المستحث حرارياً (TIPS) خاصة باستخدام خليط

من محلول الجيلاتين ومحلول السيليكا silica sol، التي يمكن أن تحاكي الهيكل المادي والتركيب الكيميائي ووظائف مصفوفة العظام الأصلية خارج الخلية.

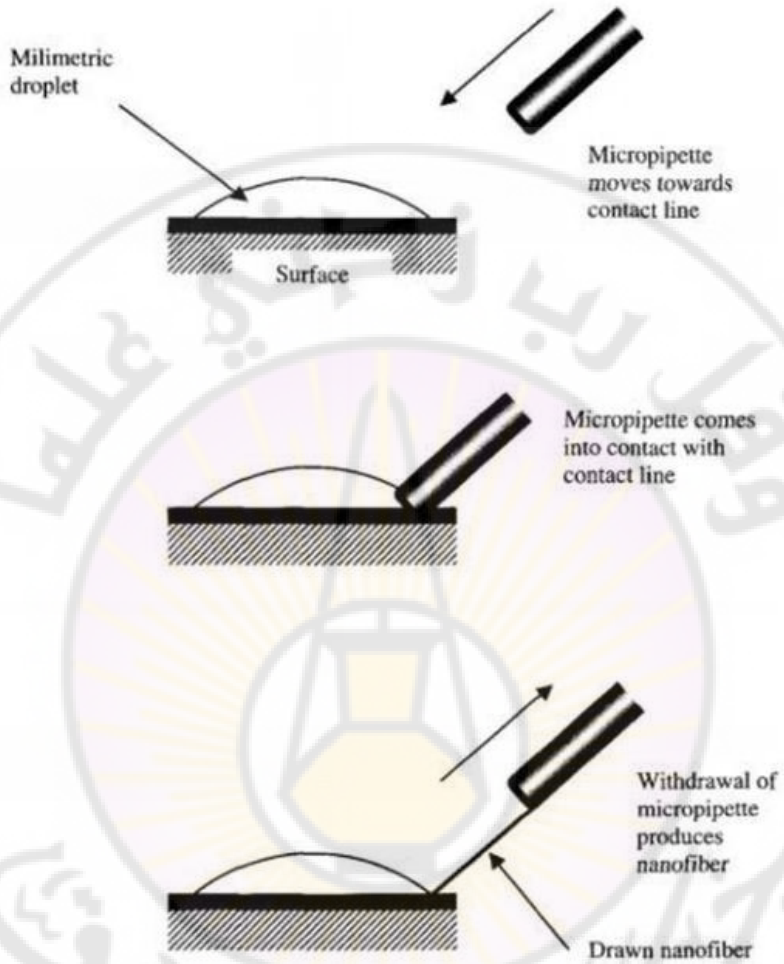


الشكل 8-11: طريقة جديدة لإنتاج سقالات الجيلاتين-السيليكا الهجينة النانوية من خلال فصل المرحلة الناجم حرارياً (TIPS) خاصة باستخدام خليط من محلول الجيلاتين والسيليكا سولsilica sol .

(Bo LeiKwan-Ha Shin, Da-Young Noh, and others, 2012)

8-2-3-السحبDrawing :

في عملية السحب، ويحضر ليف nanofiber واحد من قبل تمتد البوليمر الذي هو في شكل محلول. مع هذه الطريقة فقط المواد اللزجة قد غزلت ألياف النانو. إذا البوليمر كان في شكل ذوبان، عندئذ نظام التبريد ضروري لتصلب الألياف. من ناحية أخرى، إذا كان البوليمر في شكل محلول، فإن آلية التسخين ضرورية لتبخر المذيب. هذه عملية بطيئة جدا ومناسبة فقط على مستوى المختبر. يظهر الرسم التخطيطي للعملية في الشكل 8-12.



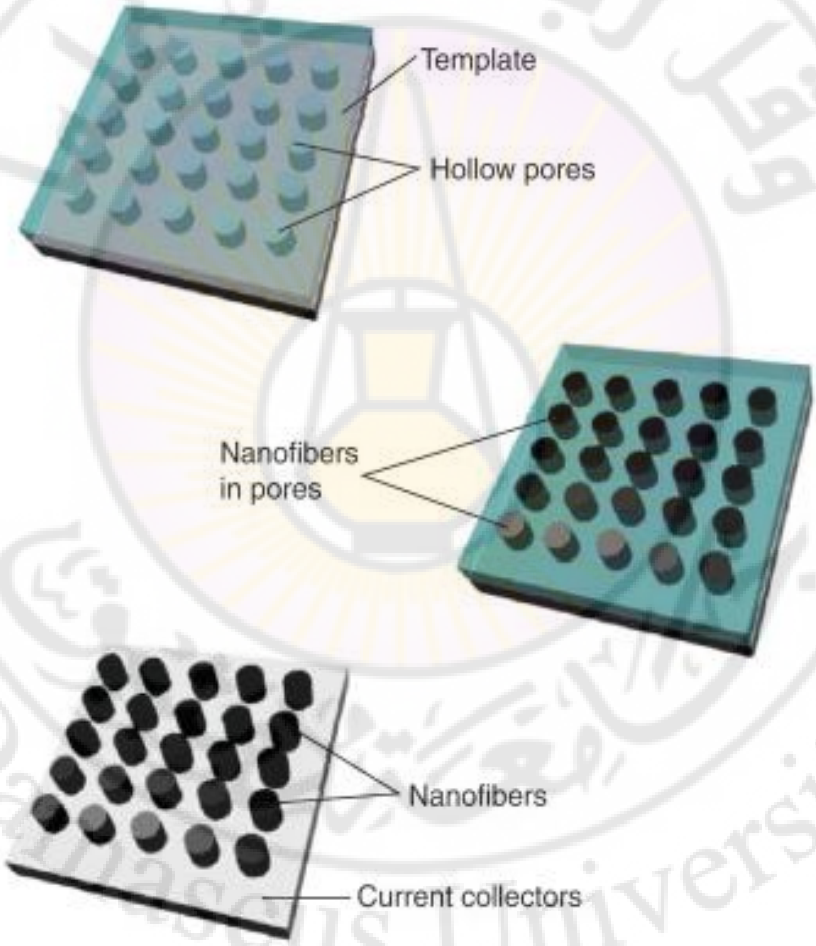
الشكل 8-12: الرسم في الطريقة

(Muhammad Waqas Munir and Usman Ali, 2020)

8-2-4- تكوين الألياف النانوية بالقالب Template Synthesis

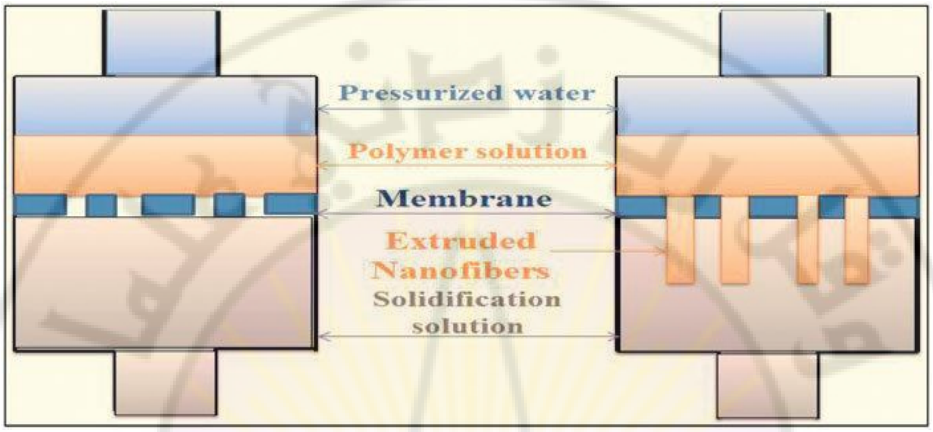
قالب تكوين الألياف النانوية هو وسيلة لإعداد ألياف النانو داخل المسام من غشاء مجهري (ميكروسكوبي) أو غيرها من المواد الصلبة. الغشاء المجهري، أو القالب، هو تكوينها مسبقا للحصول على مورفولوجيا الألياف النانوية المطلوبة. عملية التوليف عادة ما ينطوي على استخدام أكسيد معدني أو قالب البوليمر التي تحتوي على مسامات أسطوانية من قطر موحد.

في طريقة واحدة، يمكن وضع القالب مباشرة على المجمع الحالي (الشكل 8-13). عادة ما تمتلئ المسام الأسطوانية النانوية بالمواد عبر أي من العمليات العديدة) على سبيل المثال، هلام- صلب sol-gel، أو موضع القطب الكهربائي position electrode، أو ترسب البخار الكيميائي. بعد تشكيل الألياف النانوية، يُزال القالب تاركاً الألياف النانوية ملتصقة بمُجمِّعها الحالي.



الشكل 8-13: قالب التوليفTemplate synthesis هو وسيلة لإعداد الألياف النانوية (B. Meyer, F. Croce, 2009)

طريقة أخرى هي استخدام الضغط التطبيقي لقذف محلول البوليمر من خلال القالب (الشكل 8-14). كمجرى فإن محلول الألياف يجتاز من خلال المسام، فإنه يأتي في تماس مع المحلول المتجمد التي تسبب لها أن تحمل في هيكل أسطواني. هذا يشبه إلى حد كبير عملية البثق.



الشكل 8-14: توضيح عملية إنتاج الألياف النانوية بواسطة تقنية توليف القالب template synthesis technique

يسمح التلاعب بمواد الألياف وكيمياء جدار القالب ومعاملات المعالجة (مثل التركيز ودرجة الحموضة pH وأوقات النقع ودرجة الحرارة) بالتحكم في مورفولوجيا الألياف النانوية. من الممكن صنع ألياف نانوية مجوفة (يشار إليها عادة باسم الأنابيب النانوية).

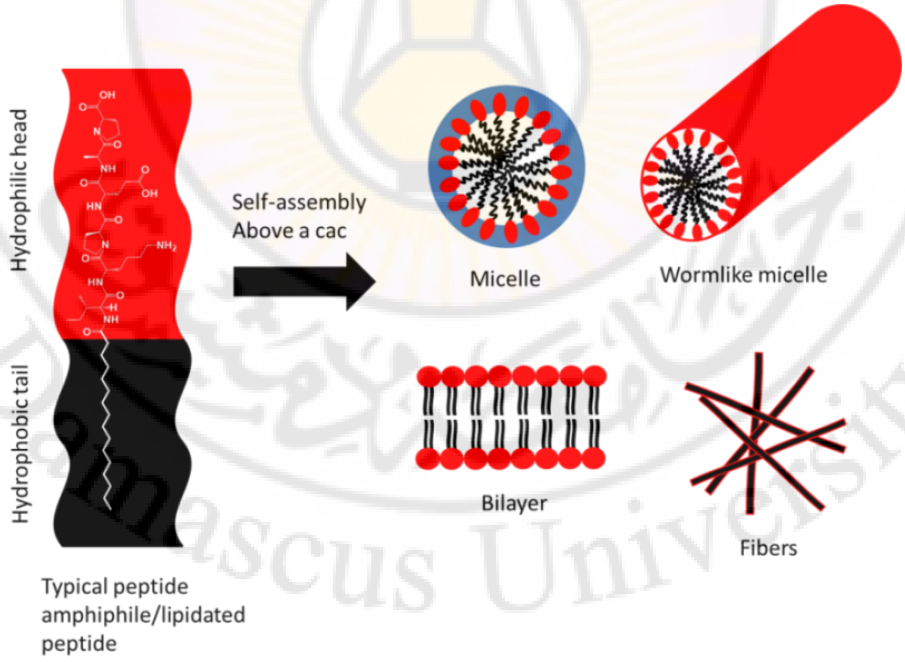
8-2-5-تقنية التجميع الذاتي Self-assembly technique :

تقنية التجميع الذاتي، تستخدم لتوليد ألياف الببتيد النانوية peptide nanofiber والبرمائيات الببتيدية peptide amphiphiles.

وقد استلهمت هذه الطريقة من عملية الطي الطبيعية لمخلفات الأحماض الأمينية لتشكيل البروتينات ذات الهياكل ثلاثية الأبعاد الفريدة. عملية التجميع الذاتي للألياف النانوية الببتيد تنطوي على مختلف القوى الدافعة مثل التفاعلات الكارهة للماء hydrophobic interactions، القوى الكهربائية الساكنة electrostatic forces، الترابط الهيدروجين hydrogen bonding وقوات فان دير وال van der Waals forces ويتأثر الظروف الخارجية مثل القوة الأيونية و pH. (الشكل 8-15).

الأمفيفيلات الببتيدية Peptide amphiphiles (PAs) هي جزيئات قائمة على الببتيد. التي تتجمع ذاتيًا في بنى نانوية فوق الجزيئية بما في ذلك: مذيلات كروية spherical micelles، وشرائط ملتوية twisted ribbons، وألياف نانوية ذات نسبة عرض إلى ارتفاع عالية. يشتمل أمفيفيل الببتيد نموذجيًا على سلسلة ببتيد محبة للماء مرتبطة بذيل دهني، أي سلسلة ألكيل كارهة للماء hydrophilic peptide مع 10 إلى 16 ذرة كربون. لذلك يمكن عدها نوعًا من الببتيدات الدهنية lipopeptide.

نوع خاص من PA، يتكون من تناوب البقايا المشحونة والمحايدة charged and neutral، في نمط متكرر، مثل RADA16-I. تم تطوير PAs في التسعينيات وأوائل القرن الحادي والعشرين ويمكن استخدامها في مجالات طبية مختلفة بما في ذلك: ناقلات النانو nanocarriers، والأدوية النانوية nanodrugs، وعوامل التصوير imaging agents . ومع ذلك، ربما تكون إمكاناتهم الرئيسية في الطب التجديدي لزراعة وتوصيل الخلايا وعوامل النمو.

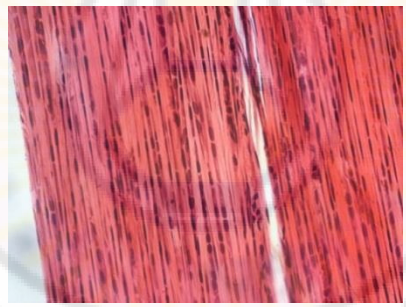


الشكل 8-15: مخطط لإظهار الهياكل المحتملة المجمعة ذاتياً من أمفيفيلات الببتيد النموذجية peptide amphiphiles

8-3-مواد البوليمر Polymer materials

نظرًا لمساميتها العالية ونسبة مساحة السطح إلى الحجم الكبيرة، تُستخدم الألياف النانوية على نطاق واسع لبناء سقالات scaffolds للتطبيقات البيولوجية.

ومن الأمثلة الرئيسية على البوليمرات الطبيعية المستخدمة في إنتاج السقالات الكولاجين collagen (الشكل8-16) ، والسليلوز cellulose، والحرير الفيبروين silk fibroin، والكيراتين keratin، والجيلاتين gelatin، والسكريات المتعددة polysaccharides مثل الشيتوزان chitosan والألجينات alginate. الكولاجين Collagen هو مكون طبيعي خارج الخلية في عديد من الأنسجة الضامة connective tissues. هيكلها الليفي، الذي يختلف في قطره من 50-500 نانومتر، مهم للتعرف على الخلايا والتعلق والانتشار والتمايز. وبالمثل، يُظهر الكيراتين والجيلاتين والشيتوزان والألجينات توافقًا حيويًا ونشاطًا حيويًا ممتازًا في السقالات.



الشكل 8-16: ألياف الكولاجين Collagen في منطقة المقطع العرضي من النسيج الضام الكثيف.
Collagen fibers in a cross-sectional area of dense connective tissue

ومع ذلك، فإن التعرف الخلوي على البوليمرات الطبيعية يمكن أن يبدأ استجابة مناعية بسهولة. وبالتالي، فإن البوليمرات الاصطناعية مثل بولي (حمض اللاكتيك) polylactic acid (PLA)، وبولي كابرولاكتون polycaprolactone (PCL)، والبولي يوريثين polyurethane (PU)، والبولي (حمض اللاكتيك-جليكوليك) (PLGA) poly(ethylene-co-vinylacetate)، والبولي ل-لاكتيل poly (L-lactide) (PLLA) ، والبولي (ethylene-co-vinylacetate) (PEVA) poly(co-vinylacetate) طورت بدائل للاندماج في السقالات scaffolds. كونها

قابلـة للتحلـل البيولـوجي ومتوافقـة حيويًـا، يمكـن اسـتخدام هـذه البـوليمرات الاصـطناعية لتكوين مصفوفات بقطر ألياف ضمن نطاق نانومتر.

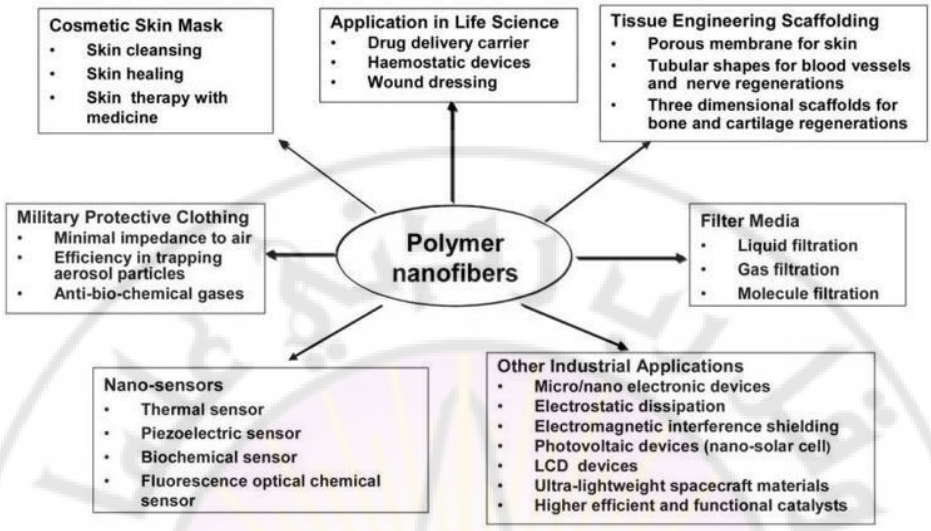
من بين هذه البوليمرات الاصطناعية، ولدتPCL حماسًا كبيرًا بين الباحثين. PCL هو نوع من البوليستر القابل للتحلل الحيوي الذي يمكن تحضيره عن طريق بلمرة فتح الحلقة لـε-caprolactone باستخدام المحفزات catalysts. يظهر سمية منخفضة وتكلفة منخفضة وتدهوراً بطيئاً.slow degradation يمكن دمج PCL مع مواد أخرى مثل الجيلاتين والكولاجين والشيتوزان وفوسفات الكالسيوم لتحسين قدرة التمايز والتكاثر. بولي (حمض اللاكتيك) PLLAهو بوليمر صناعي شائع آخر.

تشتهر بولي (حمض اللاكتيك) PLLA بخصائصها الميكانيكية الفائقة وقابليتها للتحلل البيولوجي والتوافق الحيوي. إنه يُظهر قدرة ترحيل الخلية الفعالة نظرًا لترابطها المكاني العالي والمسامية العالية والمحاذاة الخاضعة للرقابة. أظهر مزيج من مصفوفة السقالة PLLA وPLGA بنية محاكاة حيوية مناسبة وقوة ميكانيكية جيدة ونشاطاً حيوياً مناسباً.

8-4-التطبيقات المحتملة للألياف النانوية المغزولة كهربائياً

Potential applications of electrospun nanofibers

تشمل تطبيقات الألياف النانوية المغزولة كهربائياً، كما هو موضح في (الشكل 8-17)، ترشيح سقالات هندسة الأنسجةtissue engineering scaffolds filtration، والتحكم في إطلاق المواد الحفازة وحاملات الإنزيم catalyst and enzyme carriers release control، وأجهزة الاستشعارsensors، وتخزين الطاقة energy storage، والأغشية المتقاربة affinity membranes، واستعادة أيونات المعادن recovery of metal ions، والتئام الجروح wound healing، والتعزيز reinforcement، والملابس الواقية protective clothing، وتحويل الطاقة وتخزينهاenergy conversion and storage .

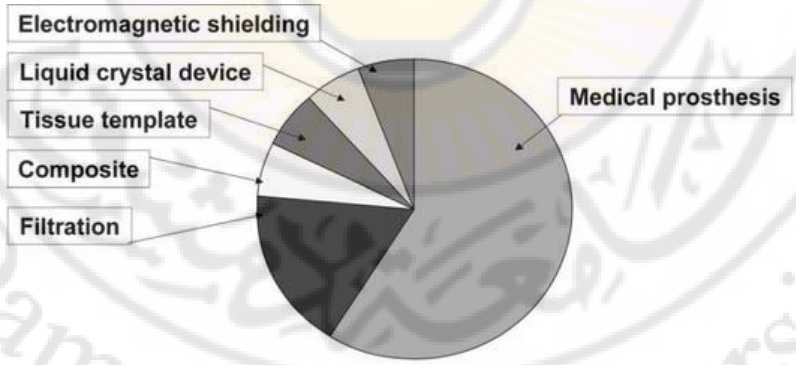


الشكل 8-17: طرق تصنيف الغزل الكهربائي intechopen.com

8-5- استهلاك الألياف النانوية الكهربائية:

Consumption of electrospun nanofibers

يظهر استهلاك الألياف النانوية في العالم بالشكل 8-18.



الشكل 8-18: استهلاك الألياف النانوية في العالم

Consumption of nanofibers in the world

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل التاسع

تطبيقات الألياف النانوية Applications of Nanofibers

تُعَـرَّف **الألياف النانوية**nanofiber علـى أنهـا أليـاف تقـاس أبعادهـا بـ 100 نانومتر. ويمكن إنتاجها من خلال عمليتي البلمرة البينية والغزل الكهربائي. كما تعد الألياف النانوية الكربونية أليافاً ممغنطة يتم إنتاجها من خلال عملية التركيب الحفاز.

يمكن أن تتولد الألياف النانوية من بوليمرات مختلفة (البوليمرات الطبيعية مثل الكولاجين والسليلوز وحرير الفيبروين والبوليمرات الاصطناعية مثل حمض اللاكتيك (PLA)، بولي كابرولاكتون (PCL).

يمكن الحصول على الألياف النانوية الصناعية (الألياف النانوية الخزفية) من أنواعٍ مختلفةٍ من المواد الصناعية من خلال استخدام تقنية الغزل الكهربائي وأكثر المواد الخزفية استخداماً التي تتسم بشكل الألياف النانوية كل من ثنائي أكسيد التيتانيوم(TiO_2) ، ثنائي أكسيد السيليكون(SiO_2) ، (ZrO_2) أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3) ، تيتانات الليثيوم ($Li_4Ti_5O_{12}$) ، (نيتريد التيتانيوم TiN) ، وكذلك البلاتين (Pt). وغالباً ما تجري عملية التركيب أو التصنيع على مرحلتين. تتمثل الأولى منهما في تصنيع الألياف النانوية (المبلمرة العضوية)* من خلال استخدام طريقة الغزل الكهربائي التقليدية. وتتمثل الثانية في تحويل الألياف النانوية البوليمرية والمكونة من الأملاح غير العضوية** أو المركبات العضوية الفلزية إلى خزفيات باستخدام المعالجة الحرارية.

*المركب العضوي هو أي مركب من المركبات الكيميائية التي تحتوي جزيئاتها على الكربون فيما عدا الكربيدات، الكربونات، ثنائي أكسيد الكربون، البيكربونات، السيانات.

**الأملاح العضوية هي عدد كثيف من المركبات الأيونية مع خصائص لا حصر لها. اشتقت سابقًا من مركب عضوي خضع لعملية تحول تسمح لها بحمل شحنة ، وأيضًا تعتمد هويتها الكيميائية على الأيونات المرتبطة بها.

تستخدم الألياف النانوية في عديد من التطبيقات التكنولوجية والتجارية الممكنة منها: الطب، مواد الحماية، النسيج، الترشيح، المناديل ذات الألياف النانوية التي تحتوي على أجسام مضادة ضد عديد من المواد الخطيرة الحيوية والكيميائية، خلية شمسية صبغية K الصباغ المطلوب لمستحضرات التجميل، الطاقة، المواد الناقلة لعديد من العوامل المساعدة، استخدام الطاقة الدقيقة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية الشخصية من خلال استخدام الألياف النانوية الكهرومغناطيسية المنسوجة بأقمشة الملابس.

9-1-تطبيقات الألياف النانوية Nanofiber applications

تستخدم الألياف النانوية في عديد من التطبيقات التكنولوجية والتجارية الممكنة منها:

1- الطب: مكونات الأعضاء الاصطناعية، هندسة الأنسجة، زراعة الأعضاء، توصيل الأدوية، تضميد الجروح، المواد النسيجية الطبية، تشخيص السرطان.

2- مواد الحماية: مواد امتصاص الصوت، ملابس وقائية ضد عوامل الحرب الكيميائية والبيولوجية، تطبيقات الاستشعار لاستكشاف العوامل الكيميائية.

3- النسيج: الملابس الرياضية، الأحذية الرياضية، للتسلق، ملابس الوقاية من المطر، ملابس الخروج، حفاضات الأطفال.

4- الترشيح: استخدام مرشحات بنظام (التدفئة والتهوية وتكيف الهواء)، مرشحات الإمساك بالجسيمات الهوائية متناهية الصغر، الهواء، الزيت، الوقود للمركبات، للشرب، الصيدلة، التطبيقات الطبية.

5- المناديل ذات الألياف النانوية التي تحتوي على أجسام مضادة ضد عديد من المواد الخطيرة الحيوية والكيميائية.

6- خلية شمسية صبغية.

7- الصباغ المطلوب لمستحضرات التجميل.

8- الطاقة : بطارية ليثيوم أيون، الخلية الشمسية الفولتية الضوئية، خلايا الوقود الغشائية.

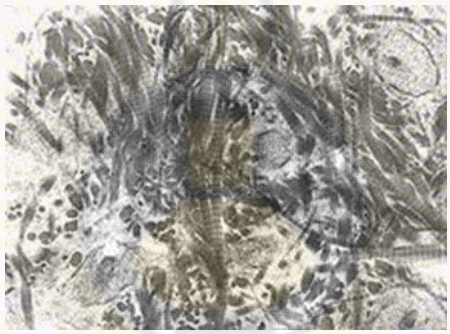
9- المواد الناقلة (الحاملة) لعديد من العوامل المساعدة.

10- استخدام الطاقة الدقيقة لتشغيل الأجهزة الإلكترونية الشخصية من خلال استخدام الألياف النانوية الكهرومغناطيسية المنسوجة بأقمشة الملابس.

9-2-تطبيقات الألياف النانوية في الطب

9-2-1-تطبيقات الألياف النانوية في هندسة الأنسجة

في هندسة الأنسجة، هناك حاجة إلى مصفوفة اصطناعية خارج الخلية مسامية للغاية لدعم نمو الخلايا وتوجيهها وتجديد الأنسجة. وقد استخدمت البوليمرات الطبيعية والاصطناعية القابلة للتحلل الحيوي لإنشاء مثل هذه السقالات، الشكل 9-1.



الشكل 9-1: مصفوفة العظام تتألف من شعيرات (الفيبريلات) الكولاجين.

سقالات الألياف النانوية قادرة على تقليد مثل هذا الهيكل.

وتستخدم سقالات الألياف النانوية في هندسة الأنسجة العظمية لمحاكاة المصفوفة الطبيعية خارج الخلية من العظام. ترتب أنسجة العظام إما في نمط مدمج أو ترابيكي وتتألف من هياكل منظمة تختلف في الطول من نطاق سنتيمتر على طول الطريق إلى مقياس نانومتر.

تقدم هندسة أنسجة العظام استجابة متعددة الاستخدامات لعلاج إصابات وتشوهات العظام. تحاكي الألياف النانوية التي تنتج عن طريق الغزل الكهربائي بنية المصفوفة الطبيعية وخصائصها خارج الخلية جيداً. يمكن استخدام هذه السقالات لتوصيل عوامل نشطة بيولوجيًا تعزز تجديد الأنسجة. يجب أن تكون هذه المواد النشطة

بيولوجيًا مثالية مسببة للعظام، وموصلية للعظم، وقابلة للتحلل العظمي. تتكون المواد البديلة للعظام التي تهدف إلى استبدال العظم الذاتي أو الخيفي من السيراميك النشط بيولوجيًا والنظارات النشطة بيولوجيًا والبوليمرات البيولوجية والاصطناعية. أساس هندسة أنسجة العظام هو أنه سيتم إعادة امتصاص المواد واستبدالها بمرور الوقت بأنسجة الجسم البيولوجية المجددة حديثًا.

لا تقتصر هندسة الأنسجة على العظام فقط، فقد خصص قدر كبير من الأبحاث للغضاريف، الأربطة، العضلات والهيكل العظمي، الجلد، الأوعية الدموية، وهندسة الأنسجة العصبية كذلك.

9-2-2-تطبيقات الألياف النانوية في توصيل الأدوية Drug delivery

يمكن تحميل الأدوية والبوليمرات الحيوية على ألياف نانوية عن طريق الامتصاص البسيط وامتصاص الجسيمات النانوية والتجميع متعدد الطبقات.

الألياف النانوية قيد الدراسة كمرشح محتمل لحامل الدواء. تصنع البوليمرات الطبيعية مثل الجيلاتين والألجينات مواد حيوية جيدة التصنيع للألياف النانوية الحاملة بسبب توافقها الحيوي وقابليتها للتحلل البيولوجي، التي لا تؤدي إلى أي ضرر لأنسجة المضيف، وألا تتراكم سام في جسم الإنسان، على التوالي. نظرًا لتشكلها الأسطواني، تمتلك الألياف النانوية نسبة مساحة سطح إلى حجم عالية.

تشير الدراسات الأولية إلى أنه يمكن تغليف المضادات الحيوية والأدوية المضادة للسرطان في ألياف نانوية مغزولة كهربائيًا عن طريق إضافة الدواء إلى محلول البوليمر قبل الغزل الكهربائي. سقالات الألياف النانوية المحملة بالسطح مفيدة كحواجز التصاق بين الأعضاء الداخلية والأنسجة بعد الجراحة. يحدث الالتصاق في أثناء عملية الشفاء ويمكن أن يؤدي إلى مضاعفات مثل الألم المزمن وفشل إعادة الجراحة. (Ma PX, Zhang R (July 1999)

9-2-3-تطبيقات الألياف النانوية في تشخيص السرطانCancer diagnosis

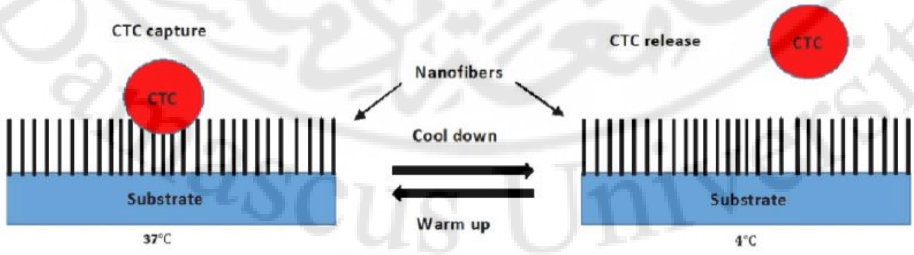
على الرغم من أن الفحص المرضي هو الطريقة القياسية الحالية للتوصيف الجزيئي في اختبار وجود المؤشرات الحيوية في الأورام، إلا أن تحليلات العينة المفردة

هذه تفشل في تفسير الطبيعة الجينية المتنوعة للأورام. بالنظر إلى الطبيعة الغازية والضغط النفسي والعبء المالي الناتج عن خزعات الورم المتكررة في المرضى، فإن المؤشرات الحيوية التي يمكن الحكم عليها من خلال إجراءات طفيفة التوغل، مثل سحب الدم، تشكل فرصة للتقدم في الطب الدقيق.

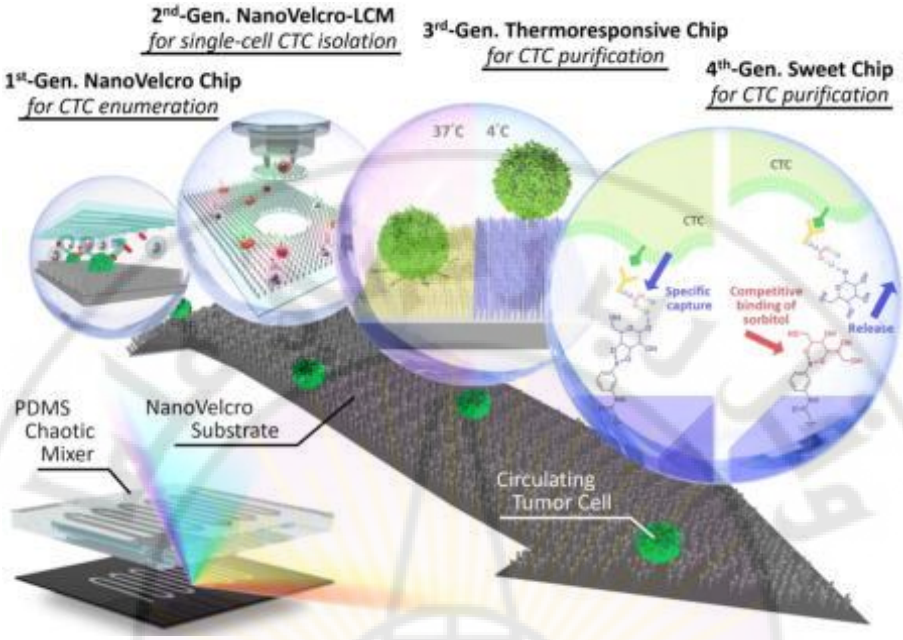
الخزعة السائلة هي خيار أصبح شائعًا بشكل متزايد كبديل لخزعة الورم الصلب. هذا ببساطة عبارة عن سحب دم يحتوي على خلايا سرطانية جارية (Circulating(CTCs Tumor Cells يتم إلقائها في مجرى الدم من الأورام الصلبة. من المرجح أن يكون المرضى المصابون بالسرطان النقيلي لديهم CTCs قابلة للاكتشاف في مجرى الدم، لكن CTCs Circulating Tumor Cells موجودة أيضًا في المرضى الذين يعانون من أمراض موضعية.

في الآونة الأخيرة، Ke et al. طورت شريحة NanoVelcro تلتقط CTCs من عينات الدم. عندما يمرر الدم من خلال الرقاقة، فإن الألياف النانوية المغلفة بأجسام مضادة للبروتين ترتبط بالبروتينات المعبر عنها على سطح الخلايا السرطانية وتتصرف مثل الفيلكرو لاحتجاز CTCs لتحليلها. خضعت فحوصات NanoVelcro CTC لأربعة أجيال من التطوير.

سمح الجيل الثالث من الرقائق المستجيبة للحرارة بتنقية CTC. تخضع فرش البوليمر ذات الألياف النانوية لتغييرات توافقية تعتمد على درجة الحرارة لالتقاط وإطلاق مركبات الكربون الكلورية فلورية.



الشكل 9-2: أ- تداول خلايا الورم (CTCs) آلية التقاط وإطلاق سراح الجيل الثالث من رقاقة تستجيب للحرارة.



الشكل 9-2: ب- رسم توضيحي لـ NanoVelcro CTC بين أربعة أجيال مختلفة

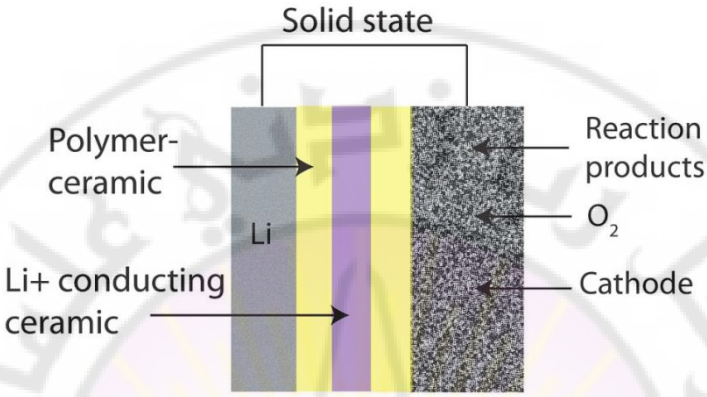
9-2-4-تطبيقات الألياف النانوية في الطاقة

تطبيقات الألياف النانوية في بطارية ليثيوم هواء Lithium-air battery

من بين عديد من أجهزة تخزين الطاقة الكهروكيميائية المتقدمة، تعد بطاريات الليثيوم الهوائية (الشكل 9-3) القابلة لإعادة الشحن ذات أهمية خاصة نظرًا لقدرتها الكبيرة على تخزين الطاقة وكثافة الطاقة العالية. في أثناء استخدام البطارية، تتحد أيونات الليثيوم مع الأكسجين من الهواء لتكوين جزيئات من أكاسيد الليثيوم، التي ترتبط بألياف الكربون الموجودة على القطب.

أثناء إعادة الشحن، تنفصل أكاسيد الليثيوم مرة أخرى إلى الليثيوم والأكسجين الذي يتم إطلاقه مرة أخرى في الغلاف الجوي. تسلسل التحويل هذا غير فعال للغاية نظرًا لوجود فرق جهد كبير يزيد عن 1.2 فولت بين جهد الخرج وفولطية الشحن للبطارية مما يعني أن ما يقرب من 30% من الطاقة الكهربائية تُفقد كحرارة في أثناء شحن البطارية.

كما أن التغيرات الكبيرة الحجم الناتجة عن التحويل المستمر للأكسجين بين حالته الغازية والصلبة تضع ضغطًا على القطب وتحد من عمره.



الشكل 9-3: رسم تخطيطي لبطارية ليثيوم هواء. بالنسبة لبطارية الليثيوم الهوائية القائمة على الألياف النانوية، سيتكون الكاثود من ألياف الكربون النانوية.

ألياف الكربون النانوية المغزولة كهربائياً الخالية من المواد الرابطة هي على وجه الخصوص مرشحة محتملة جيدة لاستخدامها في الأقطاب الكهربائية في بطاريات الليثيوم والأكسجين لأنها لا تحتوي على مواد رابطة، ولديها هياكل كبيرة مسامية، وتحتوي على الكربون الذي يدعم ويحفز تفاعلات تقليل الأكسجين، وله تعدد الاستخدامات.

طور Zhu et al كاثودًا جديدًا يمكنه تخزين الليثيوم والأكسجين في القطب الذي أطلقوا عليه اسم nanolithia وهو عبارة عن مصفوفة من ألياف الكربون النانوية المضمنة دورياً مع أكسيد الكوبالت.

الخلايا الشمسية الصبغية Dye solar cell

الخلايا الصبغية أو خلايا غريتسل (الشكل 9-4) هي صنف من الخلايا الشمسية منخفضة التكلفة تنتمي إلى مجموعة الخلايا الشمسية رقيقة الغشاء. وترتكز على صفيحة من أنصاف النواقل توضع بين مصعد حساس للضوء وكهرل (الكهرل أو الإلكتروليت هو أي مادة تحتوي على أيونات حرة تشكل وسطاً ناقلاً للكهرباء (وقد اخترع

هذه الخلية ميشيل غريتسل وبراين أوريغان سنة 1991 وقد نال غريتسل سنة 2010 جائزة الألفية للتكنلوجيا عليها.

الشكل 9-4: خلية غريتسل الصبغية Dye sensitized solar cells

تتألف خلية غريتسل من طبقة مسامية رقيقة من جسيمات نانوية من ثنائي أكسيد التيتانيوم، مغطاة بصباغ جزيئي ليمتص أشعة الشمس. ويغمر ثاني أكسيد التيتانيوم بمحلول كهرلي وبوجد فوقه محفز بلاتيني. كما هو الحال في البطاريات القلوية التقليدية، يوضع المصعد (ثاني أكسيد التيتانيوم) والمهبط (البلاتين) على جانبي المحلول.

خلية غريتسل الصبغية Gretzel solar cell

تكون جزيئات الصباغ صغيرة جداً (من مرتبة النانو (وليتم التقاط أو تجميع كمية معقولة من الضوء يجب أن يكون سمك طبقة الصباغ كبيرة نسبياً. ولحل هذه المشكلة تستخدم مواد نانونية تعمل كسقالة للإمساك بجزيئات الصباغ على شكل بنية ثلاثية البعد. مما يزيد في عدد الجزيئات في أي سطح من الخلية. تصنع هذه السقالات(الدواعم) في التصاميم الحديثة من مواد من أنصاف النواقل وبذلك تقوم بوظيفة مزدوجة.

9-2-5-تطبيقات الألياف النانوية في مجسات بصرية Optical sensors

ولدت الألياف الضوئية البوليمرية اهتمامًا متزايدًا في السنوات الأخيرة. بسبب التكلفة المنخفضة، وسهولة المعالجة، والشفافية ذات الطول الموجي الطويل، والمرونة الكبيرة، والتوافق الحيوي، تُظهر الألياف الضوئية البوليمرية إمكانات كبيرة للشبكات قصيرة المسافة، والاستشعار البصري وتوصيل الطاقة.

طور كيلي وفريقه قناعًا مزودًا بجهاز استشعار مكون من ألياف كربونية نانوية مجمعة في هياكل متكررة تسمى البلورات الضوئية التي تعكس أطوال موجية محددة من الضوء. تعرض المستشعرات لونًا قزحيًا يتغير عندما تمتص الألياف السموم.

9-2-6-تنقية الهواء Air filtration

الألياف النانوية المغزولة كهربائياً مفيدة لإزالة المركبات العضوية المتطايرة volatile organic compounds (VOC) من الغلاف الجوي. شولتن وآخرون. أظهر أن امتصاص وامتصاص المركبات العضوية المتطايرة بواسطة غشاء ليفي نانوي كهربائي كان أسرع من معدلات الكربون النشط التقليدي (الشكل 9-5).

يمكن استخدام ألياف النانو في الأقنعة لحماية الأشخاص من الفيروسات والبكتيريا والضباب الدخاني والغبار والمواد المسببة للحساسية والجزيئات الأخرى. تبلغ كفاءة الترشيح حوالي 99.9% ومبدأ الترشيح ميكانيكي. الجسيمات الموجودة في الهواء أكبر من المسام الموجودة في شبكة الألياف النانوية، لكن جزيئات الأكسجين صغيرة بما يكفي لتمريرها.

الشكل 9-5: الدهانات والطلاءات الواقية للأثاث تحتوي على مركبات عضوية متطايرة مثل التولوين والفورمالدهيد.

9-2-7-فصل الزيت عن الماء Oil-water separation

تتمتع الألياف النانوية بالقدرات في فصل الزيت عن الماء، وخاصة في عملية الامتصاص عندما تحتوي المادة المستخدمة على أسطح محبة للزيوت ومقاومة للماء. تتيح هذه الخصائص استخدام الألياف النانوية كأداة لمكافحة إما مياه الصرف الزيتية الناتجة عن الأنشطة المنزلية والصناعية، أو مياه البحر الزيتية بسبب تدفق النفط إلى المحيط من أنشطة نقل النفط وتنظيف خزان الزيت على متن السفينة.

9-2-8-تطبيقات الألياف النانوية في النسيجSportswear textile

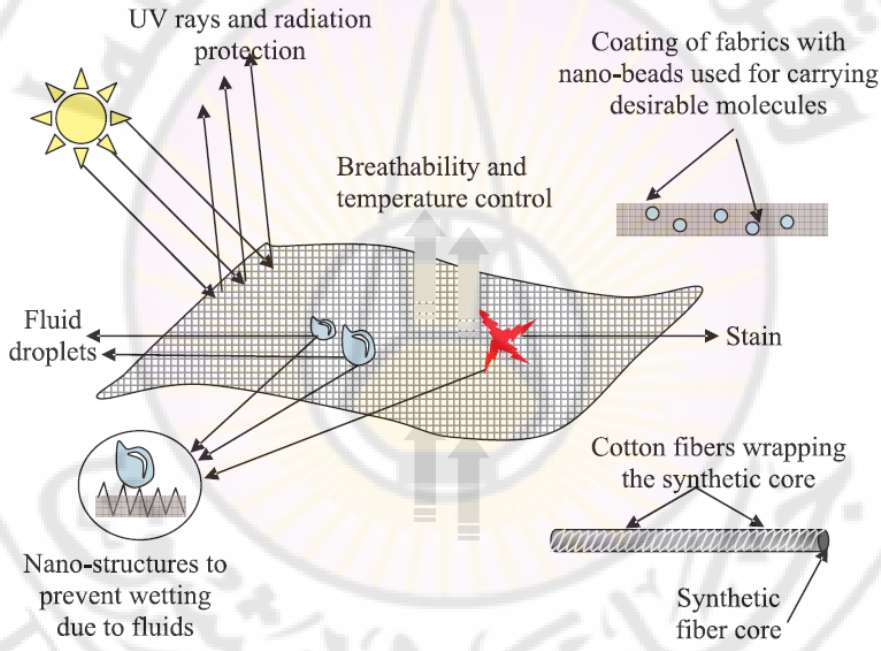
1- نسيج الملابس الرياضية Sport textile

نسيج الملابس الرياضية مع غشاء من الألياف النانوية بداخله يعتمد على تقنية الألياف النانوية الحديثة ويتكون قلب الغشاء من ألياف قطرها 1000× أرق من شعر الإنسان. يعمل هذا "المنخل" شديد الكثافة مع أكثر من 5.2 مليار من المسام لكل سنتيمتر مربع بكفاءة أكبر بكثير مع إزالة البخار ويوفر مستوى أفضل من مقاومة الماء.

تتكون الملابس المصنوعة من الألياف النانوية وأغشية الأحذية من مادة البولي يوريثين لذا فإن إنتاجها غير ضار بالطبيعة. أغشية الملابس الرياضية المصنوعة من ألياف النانو قابلة لإعادة التدوير.

2- المعالجة والانهاء للأقمشة باستخدام تقنية النانو

كانت المعالجات والانهاء للأقمشة المصنوعة من الألياف الطبيعية والاصطناعية لتحقيق الراحة المرغوبة، والملمس السطحي، واللون، وغيرها من الخصائص الجمالية والوظيفية الخاصة، هي التركيز الأساسي في صناعة المنسوجات. في العقد الماضي، أدى ظهور التكنولوجيا النانوية NT إلى تطورات وابتكارات مهمة في هذا المجال من تكنولوجيا المنسوجات. الشكل 9-6.



الشكل 9-6: تشطيب النسيج لتحسين الخصائص والأداء.

اتخذت المعالجة النهائية للأقمشة طرقًا جديدة وأظهر إمكانات كبيرة لإجراء تحسينات كبيرة من خلال تطبيقات NT. سلط الضوء على التطورات في مجالات هندسة الأسطح وتشطيب الأقمشة في عديد من الأوراق. هناك عديد من الطرق التي يمكن من خلالها التلاعب بخصائص سطح القماش وتحسينها، من خلال تنفيذ تشطيب السطح المناسب، والطلاء و/أو تغيير التقنيات، باستخدام تقنية النانو. يُعرض عدد قليل من

التطبيقات التمثيلية لإنهاء الأقمشة باستخدام التكنولوجيا النانوية NT بشكل تخطيطي في الشكل 9-6.

3- بعض المنسوجات القائمة على تقنية النانو:

خلال العقد الماضي، أدى التقدم القائم علىNT في ألياف النسيج والخيوط وإنهاء

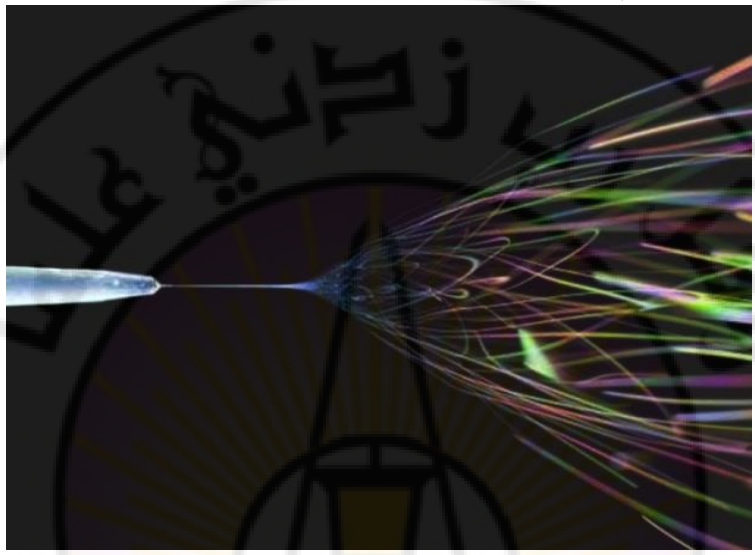
الشكل 9-7: بعض التطبيقات التمثيلية للتكنولوجيا النانوية NT في المنسوجات.

الأقمشة إلى تطوير عديد من منتجات النسيج الجديدة والمحسّنة (الشكل 9-7).

9-3-9-الألياف النانوية ذات التقنية العالية يمكن أن تساعد المغذيات الموجودة في الأطعمة على إنجاز مهامها:

أظهر بحثٌ جديد أن تصنيع "الألياف النانوية يمكن أن يؤمِّن منتجاتٍ جديدة ومُحسَّنة و"أنظمة توصيل (delivery systems) للمُكمِّلات الغذائية. وقد لفتت مواد

الألياف النانوية التي تنتج بآلية تعرف باسم "الغَزْل الكهربائي (electrospinning) " الانتباهَ في مجال الصناعات الغذائية، نتيجة قدرتها على التحكم بتحرير العناصر الكيميائية الموجودة في هذه الأغذية ضمن الجسم (الشكل 9-8).



الشكل 9-8: الألياف النانوية ذات التقنية العالية يمكن أن تساعد المغذيات الموجودة في الأطعمة

9-3-10-الألياف النانوية ذاتية اللف الذاتي

درست الألياف النانوية المجدولة ذاتياً بجامعة هارفارد. ويرتبط تأثيرها بالتوازن بين مرونة والتحام وتبخر المذيب. وتتضمن بعضاً من التطبيقات المتوقعة لها كما يلي:

- المواد التي قد تغير من الخصائص البصرية.
- الإمساك بالجزيء وإطلاقه من أجل على سبيل المثال توصيل الدواء.
- تخزين الطاقة.
- المواد اللاصقة.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل العاشر

اختبارات الألياف الصنعية والتركيبية

Synthetic Fiber Tests

في الأيام الأولى، عندما كانت المواد النسيجية للاستخدام المنزلي تقريباً مصنوعة من القطن والصوف والكتان، كان من السهل نسبياً تحديد الألياف باستخدام اختبارات الحرق واختبارات التلوين والفحص المجهري.

ولكن في الآونة الأخيرة، بسبب إدخال عديد من الألياف الاصطناعية، أصبح التعرف على الألياف أكثر تعقيداً، أدت زيادة استخدام مزيج الألياف إلى تفاقم تعقيد تحديد الألياف(H. V. Sreenivasa Murthy, 2016) .

في الوقت الحاضر، يوجد أكثر من أربعة عشر نوعاً أساسياً مختلفاً من الألياف، وهي القطن، والصوف، والحرير، والجوت الكتاني، وإسترات السليلوز، وألياف السليلوز المُجدَّدة، والبولي أميد، والبوليستر، والبولي بروبيلين، والأكريليك، إلخ.، على سبيل المثال، موداكريليك أكريليك، نايلون 6، نايلون66، الألياف ثنائية المكونات، وما إلى ذلك، وبالتالي، لا يمكن وصف اختبار تحديد واحد هنا، الذي يمكن أن يشير على وجه اليقين، إلى نوع الألياف الموجودة في أي مادة نسيجية، يكفي القول بأن تحديد الهوية يتطلب تطبيق عدة اختبارات بناءً على ما يلي:

1- الفحص المجهري للألياف وكذلك المقطع العرضي لها.
1. Microscopic examination of the fibres and also its cross-section,

2- السلوك والقابلية للذوبان في مختلف الأحماض والقلويات والمذيبات العضوية.
2. Behaviour and solubility in various acids and alkalies and organic solvents,

3- سلوك الألياف تحت الحرارة واللهب، وكذلك نقطة انصهار الألياف.
3. Behaviour of the fibre under heat and flame, also melting point of the fibre,

4- رد الفعل على محلول تلطيخ الألوان المختلفة بما في ذلك Shirlastain .
4. Reaction to various colour staining solutions including Shirlastain,

5- استعادة خصائص الرطوبة. 5. Moisture regain characteristics,

6- قيمة معامل الانكسار. 6. Refractive index value,

7- قيمة الثقل النوعي. 7. Specific gravity value,

8- اختبار الحساسية. 8. Feeling test,

9- اختبار القطع. 9. Breaking test

لا يمكن الاعتماد على اختبار واحد، بخلاف الاختبار المجهري، لإعطاء التعرف الفوري على الألياف، تمت مصادفة قيود في كل الاختبارات، في الممارسة العملية، تستخدم اختبارات تحديد الهوية معاً. لا يمكن إجراء بعض الاختبارات بحرية أو بسهولة في متجر البيع بالتجزئة وقت الشراء. في ذلك الوقت، يجب على المستهلك استخدام الاختبارات غير الفنية، أي رقم 3 و 9، المذكورة في القائمة. هذه غير كافية، لكنها تنقل قدراً معيناً من المعلومات إذا تم استخدمت استخداماً متكرراً لضمان الملاحظات الصحيحة.

10-1-الاختبارات المجهريةMicroscopic examinations

تشير المورفولوجيا إلى شكل المادة وهيكلها، كل الألياف النسيجية لها علاماتها الهيكلية المميزة، تحت المجهر بتشكيل لا يقل عن مائة، من الممكن تحديد هوية مطلقة للألياف بوضوح. تحدد الاختلافات في التركيب المورفولوجي الخصائص المختلفة للألياف المختلفة وتفسر سبب تفضيل بعض الألياف على أخرى لاستخدامات معينة.

يظهر القطن الناضج تحت المجهر كأنبوب مسطح ملتوي حلزونياً مع قناة مركزية مميزة أو تجويف ممتد على طوله.

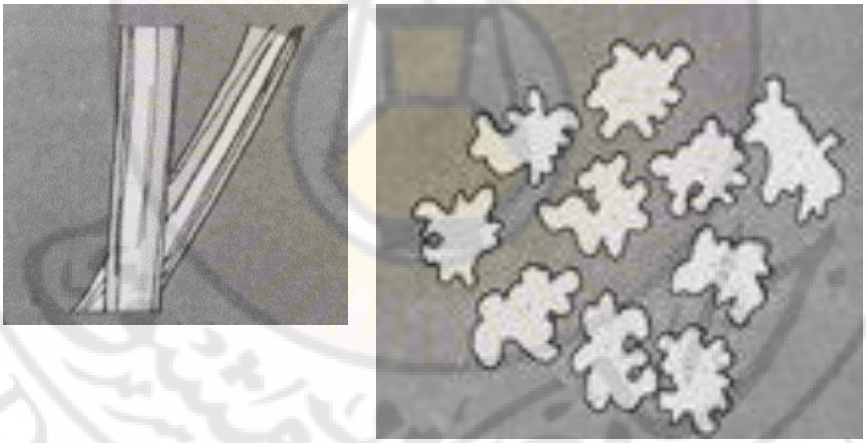
الصوف: على غرار شعر الحيوانات، يتكون سطح ألياف صوف الأغنام من قشور، حجم المقياس يختلف قد يكون صغيراً جداً أو واسعاً وكبيراً.

الحرير: خيوط الحرير رفيعة جداً وطويلة، يبلغ طولها في الغالب من حوالي 360 متراً إلى 1238 متراً ويمكن أن يصل طولها إلى 3000 متر.

الجوت: يتراوح طول خلايا ألياف الجوت الفردية من 1.52 إلى 5.1 مم ويتراوح قطرها من 20 إلى 25 ميكرون، يكون سطح الخلية أملساً عامةً مع وجود عقد عرضية أو علامات متقاطعة فقط. المقطع العرضي للألياف متعدد الأضلاع بزوايا محددة بوضوح

الكتان : تتكون ألياف الكتان من ليف أو حزم من الخلايا الليفية مرتبطة ببعضها البعض بواسطة مادة رابطة أو مادة صمغية.

حرير الفسكوز: يُظهر المظهر الطولي لحرير الفسكوز العادي قطراً موحداً وخطوطاً متوازية داخلية. إذا كانت الألياف مشوهة، فإنها تظهر مظهراً مشوهاً، ستظهر الألياف اللامعة شفافة نسبياً. يُظهر المقطع العرضي للألياف حوافاً غير منتظمة أو مسننة للغاية (الشكل 10–1). يتضح وجود المواد الباهتة من خلال التأثير المرقط، والألياف البيضاء الساطعة، التي تبدو واضحة تماماً، يتراوح عرض الفتيل من 8 إلى 43 ميكرون اعتماداً على دينيير الألياف.



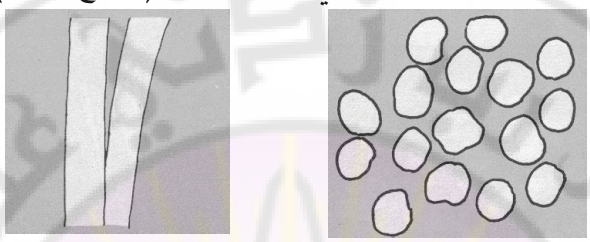
المقطع العرضي **المنظر الطولي**

الشكل 1.10: منظر مجهري لألياف فسكوزي رايون

التشققات، التي تُرى في المنظر الطولي، هي نتيجة انعكاس الضوء بواسطة محيط السطح غير المنتظم. يشبه حرير الفسكوز عالي الصلابة الفسكوز العادي عند رؤيته تحت التكبير، باستثناء أنه قد يكون له محيط غير منتظم أقل في المقطع العرضي، وبالتالي يظهر عدداً أقل من الخطوط في العرض الطولي.

الرايون الكوبرامونيوم:

يظهر الخيط متجانس العرض وهذه الأسطح بدون أي علامات تحت المنظر الطولي. المقطع العرضي لحرير الرايون الكوبرامونيوم مستدير أو بيضاوي (الشكل 10-2). يبدو واضحاً نسبياً ولا توجد عيوب في محيط الشكل (ملامح الشكل).



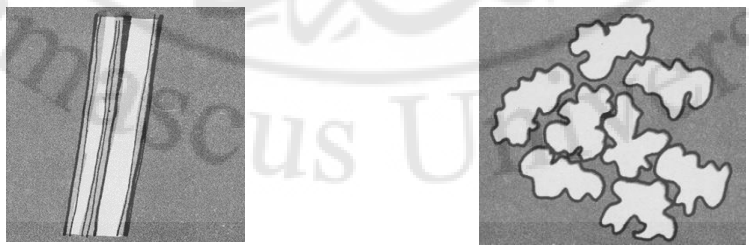
المقطع العرضي المنظر الطولي

الشكل 10-2: منظر مجهري لألياف Cuprammoniu Rayon

متوسط صفاء خيوط الكوبرامونيوم هو 1.25 دينيير، لكن هذه الخيوط صنعت مثل fme مثل 0.40 دنيير. يبلغ التباين في دينيير خيوط الكوبرامونيوم حوالي 5%.

خلات الرايون:

المقطع العرضي لألياف خلات الرايون يشبه إلى حد ما ورقة البرسيم (الشكل 10-3). تكون الكرات الفردية، التي يتراوح عددها من 2 إلى 4، مستديرة وسلسة، ويمكن تمييزها بسهولة عن المسافات البادئة الضحلة الأكثر عدداً التي تحدث في ألياف حرير الفسكوز. يُلاحظ التأثير المرقط في الأسيتات الباهتة، لكن تبدو الألياف اللامعة واضحة. في العرض الطولي، تظهر الشقوق بين الكرات على شكل خطين أو ثلاثة خطوط واضحة. ألياف الأسيتات أقل لمعاناً مقارنةً بالفيسكوز وحرير الكوبرامونيوم، يتراوح عرض الألياف من 11 إلى 46 ميكرون.



المقطع العرضي المنظر الطولي

الشكل 10-3: منظر مجهري لألياف خلات الرايون.

ثلاثي أسيتات ثلاثي:

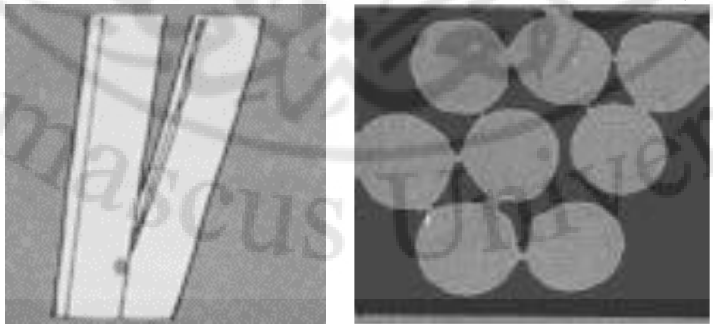
الأسيتات مشابه جداً في المظهر المجهري للأسيتات (انظر الشكل 10-4). قد يكون لها تشققات واضحة والمقطع العرضي مسنن إلى حد ما. الفصل الإيجابي لثلاثي أسيتات والأسيتات الثانوية عن طريق الفحص المجهري غير مرضٍ.

المقطع العرضي **المنظر الطولي**

الشكل 10-4: منظر مجهري للأسيتت.

بولي أميد النايلون:

عبارة عن ألياف مصنعة، وبالتالي، يحدد قطر الخيوط وطولها أو الألياف الأساسية من قبل المنتج والاستخدام النهائي. النايلون عبارة عن ألياف شفافة عند إنتاجها ويمكن جعلها ساطعة أو باهتة، ألياف النايلون ناعمة ولامعة، عندما ينظر إلى النايلون في المقطع العرضي، عادة ما يكون مستديراً تماماً (الشكل 10-5). يُستثنى من ذلك النايلون ثلاثي الأبعاد، على سبيل المثال، نايلون 501، أوترن، وما إلى ذلك. يُظهر التكبير الطولي أليافاً ذات قطر موحد بمظهر مرقط قليلاً وتكون شفافة نسبياً.

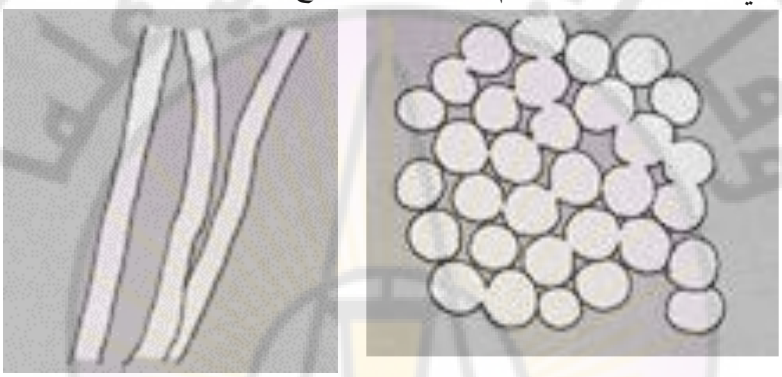


المقطع العرضي **المنظر الطولي**

الشكل 10-5: منظر مجهري لألياف البولي أميد.

- **البوليستر:**

تُظهر الرؤية الطولية لألياف البوليستر قطراً موحداً وسطحاً أملس ومظهراً يشبه القضيب. عادة ما يكون المقطع العرضي دائرياً (الشكل 10-6) ، توجد اختلافات في البوليستر ثلاثي الكرات، على سبيل المثال، Dacron T-62 الألياف ذات المظهر الباهت وشبه الباهت بسبب إدراج الصبغة في محلول الذوبان لها تأثير مرقط بسبب التغيرات في انعكاس الضوء الناجم عن وجود الصباغ.

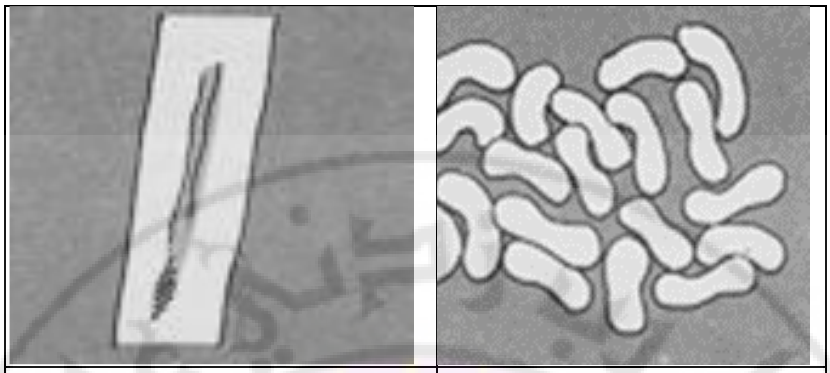


المقطع العرضي المنظر الطولي

الشكل 10-6: منظر مجهري لألياف البوليستر.

- **الأكريليك:**

المناظر المجهرية ذات المقطع العرضي الأكريليكي لألياف الأكريليك اختلافات طفيفة بين الأنواع المختلفة. يمتلك Orlon شكل الجرس (الشكل 10-7). ألياف Creslon و Zafran مستديرة تقريباً، تحتوي ألياف الأكريلان الدقيقة على مقاطع عرضية مستديرة تقريباً بينما تميل الألياف ذات الدينيير العالي إلى أن تكون إلى حد ما على شكل حبوب. تحت المنظر الطولي، تُظهر الألياف قطراً موحداً، ومظهراً يشبه القضيب، وبعض التباعد غير المنتظم أو الخطوط المتوازية، تلك التي فككت تظهر التأثير المرقط المميز الناتج عن تفكك الصبغة.



المقطع العرضي	المنظر الطولي

الشكل 10-7: منظر مجهري لألياف الأكريليك.

10-2- الاختبارات الكيميائية Chemical tests

إضافة إلى الفحص المجهري، توفر الاختبارات الكيميائية وسيلة إيجابية لتحديد الألياف، لكن الاختبارات الكيميائية ليست مخصصة للمستهلك العام.

ومع ذلك، هناك حقيقة مفادها أن بعض متاجر البيع بالتجزئة لديها مختبراتها الخاصة لاختبار الأقمشة التي يشترونها.

10-2-1-تمييز الألياف الحيوانية عن الألياف النباتية باستخدام القلويات

نظراً لأن القلويات القوية تدمر المواد الحيوانية، يمكن استخدام محلول 5% من الصودا الكاوية (NaOH) لإزالة الصوف وألياف الحرير من عينة تحتوي على خليط من الألياف. يسرع عمل هذه المادة الكيميائية بغلي المحلول قبل غمر العينة، سيتم إذابة ألياف الصوف والحرير تماماً، لن تتأثر الألياف النباتية. اختبار آخر ضروري لتحديد تلك الألياف.

10-2-2-تمييز الألياف النباتية والحيوانية بحمض

فإن الأحماض المخففة تدمر الألياف النباتية، يمكن استخدام محلول 2% من حامض الكبريتيك (H_2SO) لتمييز الخضروات عن الألياف الحيوانية. توضع قطرة من المحلول على عينة من القماش، ثم توضع بين اثنين من النشافات والضغط عليها بمكواة ساخنة، سوف تصبح المنطقة المرقطة متفحمة إذا كان القماش من القطن أو الكتان أو الحرير الصناعي.

10-2-3-التمييز بين الحرير وألياف الصوف

حمض الهيدروكلوريك المركز (HCl) يذيب الحرير تماماً ويسبب انتفاخ ألياف الصوف.

10-2-4-تمييز النايلون عن الألياف الأخرى

يمكن تمييز النايلون عن الأسيتات بمحاولة إذابته في الأسيتون، النايلون لن يذوب في الأسيتون.

إذا كان يُعتقد أن الخيوط أو القماش تحتوي على صوف و/أو نايلون، فيمكن غمر القماش في محلول غليان من هيدروكسيد الصوديوم. النايلون غير قابل للذوبان في مثل هذا المحلول، لكن الصوف سوف يذوب.

في الواقع، غياب ذوبان النايلون في غليان هيدروكسيد الصوديوم يجعل من السهل تمييزه عن معظم الألياف الأخرى. المذيبات الشائعة الوحيدة التي يكون فيها النايلون قابلاً للذوبان هي حمض الفورميك المركّز والفينول والكريسول.

10-2-5-تمييز البوليستر عن الألياف الأخرى

مثل الأسيتات والنايلون، البوليستر قابل للذوبان في الميتاكريسول ومع ذلك، على عكس الأسيتات، فهو غير قابل للذوبان في الأسيتون؛ وعلى عكس النايلون، فإن البوليستر غير قابل للذوبان في حمض الفورميك المركز.

10-2-6-التمييز بين حرير الفسكوز وحرير الكوبرامونيوم وألياف حرير الأسيتات:

يمكن استخدام محلول يحتوي على أجزاء متساوية من حمض الكبريتيك المركز واليود (كريستال) لتمييز كل من الألياف المختلفة. عند غمر العينات في هذا المحلول، يشير اللون الأزرق الداكن إلى حرير الفسكوز؛ يشير اللون الأزرق الفاتح إلى كوبرامونيوم، بينما يشير اللون الأصفر إلى الأسيتات. اختبار آخر للتمييز بين حرير الأسيتات وحرير الفسكوز، عندما يُعرف كلا النوعين باستخدامهما في النسيج، هو غمر العينة في محلول بنسبة 50% من حمض الأسيتيك، يذوب حرير الأسيتات، لا يتأثر حرير الفسكوز.

10-2-7-التمييز بين حرير الأسيتات والألياف الأخرى

إذا غُمرت عينة من حرير الأسيتات في الأسيتون، فإن ألياف الأسيتات تذوب تماماً.

10-2-8-تمييز الكتان عن القطن

قبل إجراء أي اختبار كيميائي لتمييز الكتان عن القطن، يجب إزالة جميع الضمادات السطحية من العينات بغليها لبضع دقائق في محلول من هيدروكسيد الصوديوم المخفف (حوالي ½%). بعد ذلك، يمكن إجراء الاختبارات التالية تضعف ألياف القطن أكثر من ألياف الكتان إذا غُمرت العينات في حمض الكبريتيك المركز لمدة دقيقتين.

بعد إعادة استخدام العينات وغمرها في الأمونيا الضعيفة، تذوب ألياف القطن، ولا تتأثر ألياف الكتان، عندما لا تستخدم عينات القطن والكتان في محلول من اليود وكلوريد الزنك، يصبغ القطن باللون الأرجواني المحمر والكتان يتلون باللون الأزرق إلى الأرجواني. عندما تغمر العينات في محلول الصودا الكاوية، يظل القطن أبيضاً ويتحول الكتان إلى اللون الأصفر.

10-2-9-التمييز بين تراي أسيتات الشجر والألياف الأخرى

عند غمر عينة من القماش أو مزيج من الألياف في درجة حرارة الغرفة لمدة ساعة واحدة في خليط من 90% كلوريد الميثيلين و10% من الإيثانول والأرنيل والأسيتات ستذاب، ولكن غير ذلك الألياف شائعة الاستخدام لن تتأثر فعلياً. يمكن تمييز Arnel عن الأسيتات عن طريق غمر عينة من القماش أو الألياف في benzoyl alcohal عند 50 درجة مئوية لمدة ساعة واحدة. يكاد Arnel غير متأثر ولكن الأسيتات يذوب تماماً.

10-3-اختبار الاحتراق Burn test

اختبار الاحتراق هو طريقة بسيطة للتعرف على الألياف، لأن ما نحتاجه هو مجرد لهب ومعرفة خصائص الاحتراق. اختبار الحرق مفيد لجميع أولئك الذين ليس لديهم طريقة أخرى لتحديد الهوية. وهو مفيد أيضاً كاختبار مؤكد، على سبيل المثال،

تحت المجهر، يكون للنايلون العادي والبوليستر مظهر مشابه، يصبح من الصعب التعرف عليها فقط باستخدام الاختبار المجهري؛ من الممكن عادة التمييز بين هذين الليفين عن طريق حرقهما. من خلال هذا الاختبار، من الممكن تحديد الألياف على أنها تنتمي إلى تلك الفئات الموضحة في (الجدول 10-1).

الجدول 10-1: اختبار الاحتراق لبعض الألياف المهمة.

الألياف	الرماد	الرائحة	خصائص اللهب
القطن	خفيفة، رمادية، سوداء تدل على القطن الممرسز	رائحة الورق المحروق خفيفة	لهب أصفر كبير، يحترق بسرعة
الصوف	رماد غامق هش وشكله غير منتظم يمكن سحقه بسهولة.	رائحة حيوانية قوية مثل حرق الريش أو الشعر	شعلة وميض صغيرة بطيئة، الأزيز والقيود تتوقف عن الاشتعال عند سحبها من اللهب
الحرير	دائرية، مقرمشة، حبات سوداء لامعة، سحق بسهولة بالأصابع.	ينبعث منه رائحة حيوانية ولكنه أقل وضوحاً من الصوف	يحترق ببطء، يتوقف عن الاشتعال عند سحبه من اللهب.
الرايون	رماد أسود خفيف	رائحة الورق المحروق	يشتعل بسرعة مثل القطن، وأحيانًا أسرع
البوليستر	رماد خرزي هش	رائحة حلوة قليلاً	يذوب قبل الاحتراق ويحترق ببطء
الكتان	مثل القطن، في بعض الأحيان إذا كان الغزل أكثر سمكاً	رائحة الورق المحترق	مثل القطن، يكون حرق الخيوط البطيء في بعض الأحيان أكثر خشونة

الخلات	هش، رماد أسود، يصعب سحقه بين الأصابع	حمض مثل الخل	ألسنة اللهب بسرعة، تجعد المواد، يذوب قطرات مثل القطران
الأكريليك	حبة سوداء صلبة	حامض	يذوب ويحترق بسرعة
الألياف الزجاجية	يذوب		يحترق، يذوب عند ارتفاع درجة الحرارة $1500^{\circ}C$

للتعرف على تركيبة الألياف في الأقمشة عن طريق اختبار الاحتراق، يجب أن نعرف كيف يشتعل الخيط عند استخدام اللهب، وحالة الجزء المحترق والرائحة الناتجة عن الاحتراق.

10-3-1-تحديد اختبارات الحرق

قد يعطي اختبار الاحتراق سببًا لنوع الألياف، سواء كانت طبيعية أو من صنع الإنسان، ولكن لها بعض القيود. قد يتأثر سلوك الاحتراق للألياف أو القماش بنوع اللمسة النهائية التي تنقل إلى القماش على سبيل المثال، يقلل التشطيب المقاوم للاشتعال على الأقمشة القطنية بدرجة كبيرة من درجة القابلية للاشتعال في حين أن القيلولة أو التنظيف بالفرشاة من نفس النسيج قد يزيد من معدل الاهتزاز.

كما أن بعض التشطيبات المنقولة على الخيوط أو القماش ستخفي الرائحة من الأدخنة. قد يؤدي استخدام مزيج الألياف أيضاً إلى تعقيد تحديد الألياف عن طريق الحرق. قد يكون من الصعب تمييز اثنين أو ثلاثة من الألياف التي تحترق معاً في خيوط أو نسيج واحد مخلوط.

تحترق بعض الألياف بشكل متماثل تقريباً على سبيل المثال، يُظهر الكتان القطني وحرير الفسكوز لهباً أصفر كبير، وحرقاً سريعاً، وينتج رماداً ريشياً خفيفاً ينبعث منه رائحة مماثلة لرائحة الورق المحروق. في مثل هذه الحالات، لا قيمة لاختبار الاحتراق في تمييز هذه الألياف الثلاثة عن بعضها بعضاً، ولكن هذا الاختبار مهم في التمييز بين القطن والكتان وحرير الفسكوز من الألياف الأخرى.

تتفاعل عديد من الألياف الاصطناعية والمجددة من صنع الإنسان فور اقتراب اللهب، على سبيل المثال، كل من الأسيتات والأرنيل، وتحترق إلى رماد أسود هش، ورذاذ اللهب، وتنبعث منها رائحة حمض الأسيتيك. لا تدعم Dynel و Verel و Saran الاحتراق؛ لكنها تذوب وتترك رماداً هشاً وخرزياً. يذوب النايلون وأورلون وأكريلان وكريسيان قبل الاحتراق ويترك حبة مستديرة صلبة. توفر هذه القيود أو أوجه التشابه التي تمت مناقشتها دليلاً أساسياً على نوع الألياف في الفحص الأولي، ولكنها تقصر عن تحديد الألياف الفردية بشكل منفصل في معظم الحالات.

10-4- اختبارات الحساسية Sensitivity tests

اختبار الحساسية هو اختبار خاص، هذا يتطلب إدراكاً ماهراً إذا كان له أي قيمة في جولة التسوق. يكتسب الإدراك الماهر فقط بعد التعامل مع عديد من الأقمشة المختلفة على مدار فترة زمنية، لفهم المقصود بالشعور بالنسيج ؛ ضع الإصبع على عينة من الصوف. تبقى الحرارة المتولدة من النسيج في المنطقة لأن الصوف غير موصل للحرارة. وبالتالي، تبدو أقمشة الصوف دافئة عند لمسها. عندما يحتفظ بالإصبع على عينة مكونة من ألياف نباتية مصنوعة من القطن أو الكتان أو حتى الرايون، فإن حرارة الإصبع تمر لأن هذه الألياف هي موصلات للحرارة. لذلك، يشعرون بالبرد عند لمسهم. القطن بارد الملمس ويشعر بالنعومة وقلة المرونة، الكتان بارد وناعم وله ملمس جلدي، الصوف دافئ الملمس وذو ملمس مرن ونابض، الحرير يشعر بالدفء والنعومة والمرونة.

10-4-1-حدود اختبارات الحساسية

لا يمكن الكشف عن الألياف الاصطناعية من خلال الشعور فقط، لأن حرير الرايون المغزول يمكن صنعه ليبدو وكأنه قطن أو صوف أو كتان، قد يبدو النايلون المغزول مثل الكتان أو القطن.

قد تبدو بعض الألياف الجديدة مثل بعضها بعضاً في شكل نسيج، كما هو الحال في الأكريليك التي لها شعور زلق أو حريري بأن الألياف الطبيعية لا تمتلكها. نظراً

لوجود تطورات مختلفة في تقنية التشطيب والتشطيبات الممنوحة للنسيج، يتغير ملمس النسيج، ويصبح من الصعب أو غير العملي تمييز الألياف عن طريق الشعور.

10-5- اختبارات القطع Breaking tests

اختبار القطع هو اختبار غير تقني، ولكنه يوفر وسيلة ملائمة لتحديد الأقمشة. يتطلب التعرف على الخيط من خلال اختبار القطع مراقبة نهايات الألياف، عندما ينقطع الخيط. يتطلب الاختبار قطعة خيط بطول 300 مم تقريباً.

سيظهر تقطع خيوط القطن نهايات ألياف قصيرة، وحتى مشوشة وتشبه الفرشاة.

هناك تجعيد مميز للأطراف ناتج عن الالتواء الطبيعي للألياف، يتسبب قلة مرونة خيوط القطن في انقطاع الخيط عند تفكيكه.

عندما يشتبه في أن الخيط يتكون من ألياف الكتان، فإن قطعة طويلة من الخيط ضرورية للاختبار لأنه قد يكون من المتوقع توقع خيط طويل.

يُظهر نمط قطع خيوط الكتان نهايات ألياف طويلة ومستقيمة ولامعة مدببة وغير متساوية عند الأطراف، نهايات الألياف حليقة دائماً. يشيرون إلى الخارج بصلابة ملحوظة، مما يشير إلى نقص المرونة.

خيط الصوف له سطح غامض مميز، عندما يتم سحب الخيط برفق من أجل اختبار التقطيع، فإنه يتمدد بسهولة بسبب مرونته الرائعة، يُظهر نمط التقطيع نهايات ألياف متموجة ولولبية.

تتمدد خيوط الحرير بسهولة عند سحبها لأن مرونة الحرير قريبة من الصوف، تنتهي الألياف، عند كسرها، تبدو ناعمة ولامعة.

حرير الفسكوز (رايون الفسكوز) في حالة جافة لا ينقطع بسهولة، ولكن عندما ترطب، فإن سحباً طفيفاً يكسر الخيط بسهولة. عند قطعها، تخلق نهايات الألياف نمطاً مشابهاً لنمط الشجرة ذات الأغصان الكثيرة الصلبة.

10-5-1-تحديد اختبارات التقطيع

إن الحرير الصناعي المغزول يمكنه بسهولة محاكاة الصوف أو الكتان أو حتى القطن، يمكن أن يكون نمط تقطيعه مشابهاً للنمط المميز للصوف أو القطن أو الكتان.

عندما يستخدم اختبار الاحتراق كتحديد إضافي، فإن الحرير الصناعي الذي يشبه الصوف يكشف عن أنه لا توجد رائحة حيوانية وهي خاصية الصوف، يمكن الكشف عن خيوط الحرير التي تشبه الكتان أو القطن عن طريق بذل جهد على الخيط بعد التبليل، الخسارة المميزة للقوة التي يظهرها الحرير الصناعي عندما يكون البلل واضحاً.

سيكون من الصعب تحديد ما إذا كان الخيط يتكون من النايلون أو القطن أو الأورلان أو الداكرون أو أي من الألياف الصنعية الأخرى الأقوى. هذه الألياف قوية نسبياً ولا يمكن قياس درجة التوتر المستخدمة في محاولة قطع هذه الخيوط يدوياً بدقة. علاوة على ذلك، عند القطع نهايات هذه الخيوط، قد تبدو متشابهة، أو مثل الصوف أو القطن أو بعض الألياف اعتماداً على ما إذا كانت خيوط مستمرة، أو ألياف قصيرة مجعدة صناعياً، أو ألياف قصيرة استخدمت في صناعة الخيط.

المصطلحات العلميةScientific Terms :

باللغة الانكليزية		باللغة العربية
Abraded filament yarn	A	خيط مُصوَف
Acidum formicum(باللاتينية)		حمض الفورميك أو حمض النمليك
Abrasion resistance		مقاومة الإحتكاك
Absorbency		قابلية الامتصاص
Astrakhan		أستراكَان: نوع من الفراء الفاخر
Belts	B	أحزمة
Bending strength		مقاومة الانحناء
bulk		الحجم
Camel hair	C	وبر الجمل
Cashmere yarn		خيط الكشمير
Casein fibers		(الصوف الصناعي)
Chemical resistance		المقاومة الكيميائية
Cross-sectional shape		شكل المقطع العرضي
color		اللون
Crimp		درجة التجعد
Dimethylformamide(DMF)	D	ثنائي ميثيل فورماميد
Density(finesse)		الكثافة (النعومة)
Dye affinity level		الانجذاب للصباغ
Ends	E	خيوط السداء
Elongation		الاستطالة
Flame resistance	F	مقاومة اللهب
Felting		تلبيد

Felt		لَباد
Fibers		ألياف
filament		الشعيرة المستمرة
Finish presence		الشكل النهائي
Generia	G	الأنواع
Glass transition temperature		درجة الحرارة الانتقالية للتزجيج
Grad		التصنيف
Hair	H	شعر
Imitation fur	I	تقليد الفراء
Jute(or kenaf)	J	الجوت (أو التيل)
Kapok	K	كَابوك
Kapron fibres		ألياف الكابرون
Linen	L	كتان
length		الطول
luster		اللمعان
Macr or		طويل، واسع
Macro	M	كبير، واسع
Maturity(natural fibers)		النضج (للألياف الطبيعية)
molecular		جزيئي، فردي
Macromolecular	N	كبيرة الجزيئ
Macromolecular Materials		المواد الجزيئية الكبيرة، المواد البوليمرية المتقدمة
Macromolecule		الجزيء الضخم أو الجزيء الماكروي أو الجزيء الكبير

Monomer		المونومرات(جزيئات كيميائية بسيطة)
Monomer		مونومر تأتي من أحادي (واحد) و(مر) جزء.
Melting point		درجة الانصهار
Moisture content		محتوى الرطوبة
oligomers	O	بضع عشرات من المونومرات
Pile	P	الوبرة
poly–		البوليمر تأتي من poly – (many) و mer– جزء
Rayon	R	الرايون
Rope		حبل
Rock wool		صوف صخري
Refractive index		مؤشر الانكسار
Resiliency		المرونة
Shrinkge	S	انكماش
Strength		القوة
Stiffness (flexibility)		الصلابة (المرونة)
Solubility		قابلية الذوبان
supramolecularly		جزيئ فائق الضخامة
Surface characteristics		خصائص السطح
Staple		التيلة
Thermal conductivity	T	الناقلية الحرارية
Thread		خيط
Type		الشكل

Undyed	U	غير مصبوغ
Vegetable dye	V	صبغة نباتية
creslan fibers	X	ألياف الكريسلان
Yarn	Y	الخيط
	Z	

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع العلمية References

1-أبو سالمة، عباس يوسف أحمد، (1999) المواد الخام النسيجية، مصادرها وخواصها، جامعة الجزيرة طباعة شركة مطابع السودان للعملة المحدودة الخرطوم، الطبعة الأولى.

2- النجعاوي، أحمد فؤاد، (1998) تكنولوجيا الألياف الصناعية وخلطاتها، الناشر منشأة المعارف، مصر.

3-أبو زيد، محمود عبد اللطيف،(2012) مراجعة يحيى محمد عبد العال، الألياف النسيجية الصناعية، مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني، مصر.

4-النجعاوى أحمد فؤاد، (1986) تكنولوجيا صناعة الصوف (غسيل، صباغة، طباعة، تجهيز)، الناشر: منشأة المعارف بالإسكندرية، جلال حزى وشركاه، الطبعة الأولى.

5-الأطرش، ريم منصور، (1999) كتاب الحرير في سورية، لواء إسكندرون، سورية ولبنان، من شيرازي، إيهاب حيدر، تحليل المنسوجات، مطبعة دار التعاون، القاهرة.

6-اللحام، فؤاد، (2009)، الصناعات النسيجية في سورية، موقع الصناعي، دراسات وتقارير، دمشق.

7-أندريولي، تشيزاري، وفريتي، فابريتسيو (2004). الألياف الكيميائية.

8-الجمل، محمد عبد الله، (2004) الأسس العلمية في طبيعة المنسوجات، كلية الفنون، جامعة القاهرة.

9-العارف، مجدي، (2004) معجم المصطلحات والتعاريف الفنية في الصناعات النسيجية، منشورات صندوق دعم الغزل والنسيج، مركز تطوير الصناعات النسيجية، القاهرة، الطبعة الثالثة.

10- سلطان، محمد أحمد، سامية علي رزق، هند العوام، (2004) طرق فحص الألياف النسيجية والخيوط، منشورات صندوق دعم صناعة الغزل والمنسوجات، مركز تطوير الصناعات النسيجية، البرامج التدريبية الفنية، جمهورية مصر العربية،.

11- سلطان، محمد أحمد،(1990) الخامات النسيجية، الناشر منشأة المعارف بالإسكندرية، جلال حزي.

12- صبري، عبد المنعم، رضاء صالح شرف،(1975)، معجم مصطلحات الصناعات النسيجية، الناشر أورسولا هانسين، جمهورية ألمانيا الديمقراطية.

13- قطبي، فوقية عباس، (1993)، الحرير الطبيعي: حاضره ومستقبله، مركز البحوث الزراعية بمصر، الطباعة والنشر: مركز النشر لجامعة القاهرة.

14- عبد المتعال، عادل عبد الحليم، (15-16 آذار 2009)، التطورات التكنولوجية الحديثة في مجال الألياف الصناعية، مؤتمر "ملتقى الصناعات النسيجية العربية"، تنظيم الاتحاد العربي للصناعات النسيجية بالتعاون مع غرفة الصناعات النسيجية القاهرة.

15- عبد المنعم، محمد عبد الرازق، مراجعة محمد محمد علي حسن، (2102) الألياف النسيجية، وزارة التجارة والصناعة، مصلحة الكفاية الإنتاجية والتدريب المهني، مصر.

16- عمر، محمد اسماعيل، تكنولوجيا الألياف الصناعية، الناشر: دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر، 2002.

17- قدّار، طاهر، (1997)، المدخل إلى إدارة الجودة الشاملة والإيزو9000 ISO، دار الحصاد للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق.

18- قدّار، طاهر،(2010-2011)، تحليل المنسوجات، لطلاب السنة الخامسة بقسم هندسة الغزل والنسيج، منشورات جامعة البعث، سورية، حمص.

19- قدّار، طاهر ، المحمود، أحمد، (2010-2011)، كتاب ملوثات صناعة النسيج، لطلاب السنة الخامسة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث.

20- قدّار، طاهر ،(2012-2013)، كتاب تصميم المصانع (2)، لطلاب السنة الخامسة، الصادر عن مديرية الكتب مطبعة، جامعة البعث، حمص .

20- قدّار، طاهر،(2008-2009)، ضبط ومراقبة جودة الإنتاج، لطلاب السنة الخامسة بقسم هندسة الغزل والنسيج، منشورات جامعة البعث، سورية، حمص.

21- قدّار، طاهر،(2015-2016)، كتاب صناعة السجاد، لطلاب السنة الرابعة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، للعام الدراسي.

22- طاهر قدّار، (2018-2019)، كتاب المواد الأولية النسيجية الطبيعية، لطلاب

السنة الثانية، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة دمشق، للعام الدراسي
23- قدّار، طاهر، حسن، نسرين، منال عيسى، السترة الذكية مجلة جامعة البعث المجلد، 2014.
24- طاهر قدّار، (2014-2015)، كتاب تقانة النسيج (1)، لطلاب السنة الرابعة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، للعام الدراسي.
25- قدّار طاهر، (2014-2015)، كتاب تقانة النسيج (1)، لطلاب السنة الرابعة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث، للعام الدراسي.
26- قدّار، طاهر،(2007-2008)، كتاب تقانة النسيج (2)، لطلاب السنة الرابعة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة البعث.
27- قدّار طاهر،(2021-2022)، كتاب تكنولوجيا النسيج ، لطلاب السنة الرابعة، الصادر عن مديرية الكتب والمطبوعات، جامعة دمشق.
28- كاتلوك أجهزة وايرا لاختبارات النسيج، بريطانيا.
29- كاتلوك أجهزة اختبار للصناعات النسيجية، ميسدان Mesdan إيطاليا، سالو.
30- كاتلوك أجهزة اختبار للصناعات النسيجية، مخابر شركة كيسوكي، اليابان.
31- كاتلوك أجهزة اختبار الصناعات النسيجية، شركة SDL ATLAS.
32- مقدسي، كميليو، محمود جعمور،(2002) ، الاختبارات النسيجية، مؤسسة التنضيد والتصوير" دبس"، دمشق.
34-Adanur, Sabit, (2001), Handbook of Weaving, Technomic Publication Co., B.S., M.S., Ph.D. Department of Textile Engineering, Auburn University, Alabama, USA.
35-Adnaur, Sabit, (1995) Wellington Sears Handbook of Industrial Textiles. Lancaster, Pa.:Technomic,.
36-Basu, Arindam, (2006), Revised Edition,Textile Testing, Fibre, Yarn & Fabric, Published b :The South India Textile Research Association, India. Printed by: M/s.Shristi Impression, India.

37-Burkinshaw, S. M.,(1995), Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing. Glasgow, New York: Blackie Academic and Professional.

38-Booth, N. ,(2006), Principles of textile testing, published by National Trade press LTD., London, England.

39-Cook, Gordon J., (1984), Handbook of Textile Fibres, Part 2: Man-Made Fibers. 5th ed. Durham, U.K.: Merrow.

40-Fairchild's Dictionary of Textiles, Phyllis G.Tortora, Robert S. Merkel (eds.), (1996), Fairchild Publications, New York City, 7th edition.

41-Franz Fourne, (1998), Synthetic fibers, Machines and Equipment, Manufacture, Propertie, Hanser Publishers, Munich, Germany, Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati, [Transl. and ed. by Helmut H. A. Hergeth]. -Munich: Hanser; Cincinnati: Hanser/Gardner.

42-Giamal AldeenAbd-Albakri, (1985), Cotton Ginning, Aleskandarih University.

43-Grover, and Hamby,(2007), Handbook of textile testing and Quality control, published by textile book publisher Inc. New York, U.S.A.

44-Howard L. Needles, (1986), Textile fibers, dyes, finishes, and processes, University of California, Davis Davis, California, Published in the United States of America by Noyes Publications.

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

46-Kaswell, N.,(2008), Textile Fibers, Yarns and Fabrics. Published by Reinhold publishing corporation, U.S.A.
47-Kadolph, Sara, and Anna Langford. Textiles: Ninth Edition. Prentice Hall 2002.
48-Leszek A. Utracki. Charles A. , (2014), Wilkie, Editors, Polymer Blends Handbook, Second Edition, Springer, New York ,Heidelberg Dordrecht, London.
49-Malcomete, Otilia,(1983), Materie Prime Textile, Tipar Rotaprint, Institutul Politehnic Iasi, Facultatea de Tehnologia si Chimia Textilelor, Romania, Iasi.
50-Mario, Bona, (1994), Textile Quality, physical methods of product and process control,Texilia, Istituto per la Tradizionee la Tecnoloqia Tessile S.P.A, printed by:Nuova oflito,Mappano,Torino, Italy.
51-Morton and Hearle, (2008), Physical Properties of textile fibers published by textile book publisher Inc. New York. U.S.A.
52-Napper, I. E.; Thompson, R. C. (2016)."Release of Synthetic Microplastic Plastic Fibres from Domestic Washing Machines: Effects of Fabric Type and Washing Conditions". Marine Pollution Bulletin.
53-Neta,Mircea, (1977) Proiectaera Amestecurilor in Indusrtria Linii, Intreprinderea Poligrafica, Oltenia, Craiova.
54-P. Kassenbeck, Bilateral Structure of Cotton Fibers as Revealed by Enzymatic Degradation, Textile Research Journal, Vol

55, Issue 4, 1970,Research Article.

56-Principles Requirements of fiber forming polymers, Textile coach, 2021, info@textilecoach.net.

57-Robert, L. Kelleher,(1993-1995), The test methods on textile fabrics, The Manchester Metropolitan University, Hollings University, Department of Clothing Design & Technology.

58-Ronald V. Joven. , (2007) Manufacturing Kevlar panels by thermo-curing process. Los Andes University. Bogotá, Colombia.

59-Rosato, Dominick V.; Rosato, Donald V.; Rosato, Matthew V. (2004). Plastic product material and process selection handbook. Elsevier. p. 8.

50- Savel Ifrim, (1979), Chimia Linii, Editura Tehnica, Bucurest.

60-Silu Huang, Qiuni Fu, Libo Yan, Bohumil Kasal, (2021), Characterization of interfacial properties between fibre and polymer matrix in composite materials e, A critical review, journal of materials research and technology, 13 : 1441-1484, Elsevier.

61-W. S. Simpson and G. H. Crawshaw, (2002), Wool: Science and technology, Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, Cambridge CB1 6AH, England, and Published in North America by CRC Press LLC, Boca Raton FL 33431, USA,.

62-Wool-Quality Evaluation and Manufacturing Processes, A988.http://www.infovets.com/books/smrm/A/A988.htm

36- https://en.wikipedia.org/wiki/Nano-

64- https://en.wikipedia.org/wiki/Nanofiber.
56- http://textilelearner.blogspot.com
66-http://vartest.com/resources/technology-portal/polymers-in-textile-fibers/.
67- www.oerlikontextile.com
68- https://www.textiletoday.com.bd/an-overview-of-glassfibers

Damascus University

اللجنة العلمية:

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

التدقيق اللغوي:

الأستاذ الدكتور محمود سالم محمد

كلية الآداب والعلوم الإنسانية بجامعة دمشق

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات