

الألياف النسيجية

المحتوى

٢	الشعيرات النسيجية
٢	الألياف القصيرة
	الألياف النسيجية الطبيعية
٣	الكتان
٣	الجوت
٤	القنب
٤	الرامي
٤	الكنفير
٥	التيل
	الألياف الورقية
٥	السيزال
٥	قنب مانيللا
٥	البينا
	ألياف من البذور والثمار
٦	القطن
	الألياف الحيوانية الأصل " الألياف البروتينية "
٩	الصوف
١٢	الموهير
١٢	الكشمير
١٢	وبر فصيلة الجمال: الجمال، اللاما، الألبكا، الفيكونا، هواريزو
	أصناف الحرير الطبيعي
١٣	حرير دودة القز
١٤	الأنغورا
١٥	حرير العنكبوت
	الألياف الطبيعية من مصدر معدني
١٥	الأسبستوس
	الخيوط الصناعية المجددة: الألياف السيليلوزية الأصل
١٥	الفيسكوز
١٧	حرير النحاس النشادري
١٧	إسترات السيليلوز: الأسيتات وثلاثي الأسيتات
١٨	الألياف البروتينية الأصل: ألياف الكازئين
١٨	الألجينات
	الخيوط التركيبية
١٩	بولي الأמיד
٢١	البولي استر
٢٣	بولي أكريلو نتريل
٢٤	بولي فينيل كلوريد
٢٤	بولي فينيل الغول
٢٥	البولي أوريتان
٢٦	بولي الإثيلين
٢٦	بولي البروبيلين
٢٦	الألياف الزجاجية
٢٧	ألياف الأراميد " الكيفلار "

## الألياف النسيجية

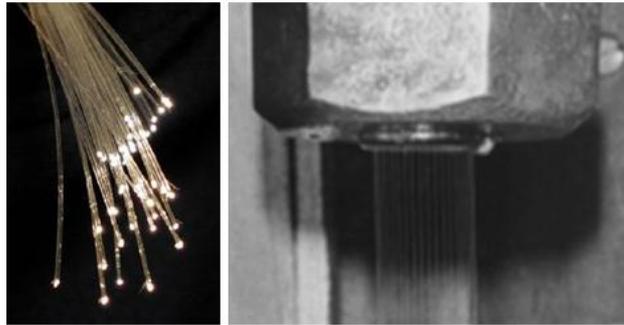
تعتبر الألياف النسيجية العنصر الأساسي في المادة النسيجية كالخيوط والنسيج والنسيج غير المنسوج واللباد، وتتميز الألياف بدقتها فهي ذات قطر أو عرض غاية في الصغر وطول يتجاوز مئة ضعف هذا البعد على الأقل، قطر المادة النسيجية غاية في الصغر، إذ يبلغ حوالي ١١-٥٠ ميكرومتر، ويتراوح طولها بين ٢,٢ سم وعدة كيلومترات، واعتماداً على طول الألياف تسمى إما ألياف قصيرة *Staple fiber* أو شعيرات *Filament*.

تتكون الألياف النسيجية بشكل عام من جزيئات ضخمة، فهي بوليميرات ذات خواص محددة، فليس من الإمكان استخدام أي بوليمير لإنتاج ألياف النسيج، وإنما يجب على البوليميرات أن تحقق شرطين أساسيين:

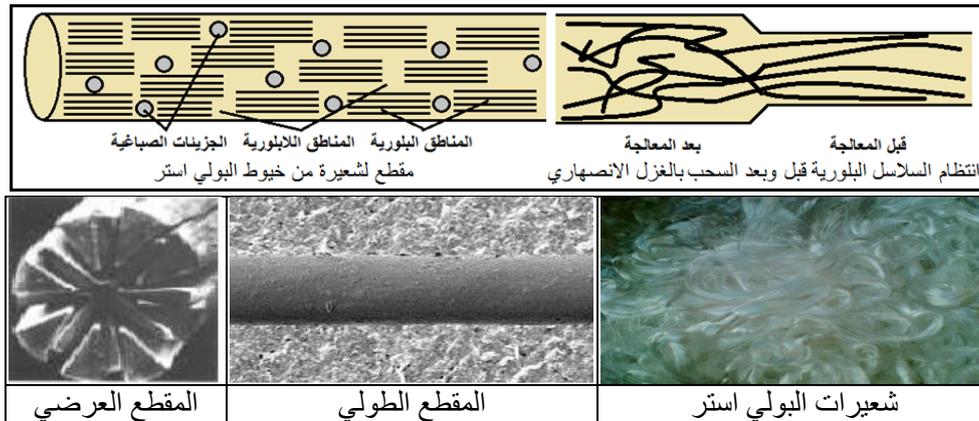
- أن تكون بوليميرات خطية.
- أن تحتوي سلاسل البوليمير على مجموعات قطبية، وإلا فيجب على الجزيئات الضخمة أن تكون طويلة جداً، للاستعاضة عن كثافة الروابط بين جزيئية بروابط أكثر على طولها.

وتكون الجزيئات الضخمة على درجة عالية من التوجه على طول محور الليف ما يعطيها درجة عالية من التبلور وتكون موجهة حتى في المناطق غير البلورية من الألياف، فسمّة التوجه هي أهم ما يميز بوليميرات الألياف عن البوليميرات الأخرى، وتزداد سمّة التوجه من الروابط بين الجزيئات الضخمة المتجاورة فتساعد في منع انزلاقها على بعضها، وكون الجزيئات خطية لا ينفي ضرورة وجود بعض التشابك فيما بينها، ويزداد مدى التشابك بزيادة طول سلسلة البوليمير، وتحدد الكتلة المولية المثلى بـ ١٠٠,٠٠٠ و ٥٠٠,٠٠٠ غ/مول لإنتاج الخيوط بمثانة مقبولة.

تنتج خيوط النسيج التركيبية بتقنيات مختلفة، بدءاً من محلول البوليمير في مذيب مناسباً أو بدءاً من مصهور البوليمير، ويعتمد أغلبها مبدأ تمرير البوليمير على مبدأ البثق من فتحات غاية في الدقة لتتحول لشعيرات طويلة جداً، ولتسحب بعدها على عدة مراحل لتحسين خواصها، وتساعد عمليتا البثق والسحب على تحويل السلاسل البوليميرية من سلاسل متكورة ومتجمعة على بعضها إلى سلاسل متوازية نوعاً ما، ما يزيد فرصة تشكل روابط بين جزيئاتها، وتكون بنية الألياف بلورية في المناطق التي تزيد فيها نسبة وانتظام هذه الروابط الكيميائية، بينما تكون البنية لابلورية في المناطق التي تشكل عيوباً أو عدم انتظام لهذه الروابط.



بثق شعيرات البولي استر



**الشعيرات النسيجية:** وهي نوع من الألياف النسيجية الطويلة جداً، وليس لها طول محدد. **الألياف القصيرة:** هي إما ألياف طبيعية أو شعيرات مقطعة وفق أطوال معينة تتراوح من ٢٨,٥-٣,٧٥ سم. وهناك العديد من أنواع الألياف:

**الألياف الطبيعية *Natural Fibers*:** القطن والألياف النباتية الأخرى كالجوت والرامي، الصوف والألياف الحيوانية والبروتينية مثل الموهير والكشمير... وتتميز الألياف الطبيعية بشكل عام بخواص معينة، فهي تنفك حيويًا، وتعطي شعوراً أكبر بالراحة، ويمكن الحصول عليها من مصادر متجددة حيويًا.

**الخيوط الصناعية المجددة والتركيبية *Man-made Fibers*:** مثل الفيسكوز والأسيتات، والبولي استر والنايلون... وتختلف الألياف والخيوط عن بعضها في البنية الكيميائية، وشكل المقطع العرضي للليف ومحيطه والطول والقطر... وتمتاز بقوتها، ومثانتها، ورخص ثمنها، وإمكانية أكبر لتعديل خواصها. وتركيبها الكيميائي.

وتختلف بنية الألياف الطبيعية عن الخيوط الصناعية المجددة والتركيبية بصورة كبيرة والتي يمكننا هندستها بحيث تحاكي الألياف الطبيعية لرفع سوية ونوعية المنتج النهائي، إذ تلعب خواص الألياف دوراً كبيراً في تحديد خواص الخيوط والأقمشة والمنتجات النهائية.

## الألياف النسيجية الطبيعية *Natural fibers* الألياف الطبيعية النباتية الأصل - الألياف اللحائية الأصل

### الكتان *Flax*

يُزرع الكتان على سواحل البحيرات والمناطق الحارة لاحتياجه كميات ماء كبيرة وأرض رملية رطبة، وهو نبات متعب للأرض، ونرى في الجدول التالي أهم خواصه:

أهم خواص نبات الكتان				
طول النبات				٦٠ سم، ويهمل الأقل من ذلك
قطر المقطع				٢,٥ سم ويحوي ٢٠-٤٩ حزمة ليفية متصلة على شكل حلقات تؤمن مرونة النبات
طول الألياف	٦-٣ سم موزعة على الشكل:		قاعدة الساق	القسم السفلي
	١٣,٣ ملم	٢٧,٣ ملم	٣٢,٦ ملم	القسم العلوي
متوسط نعومة الليفة				٢٠-٢٥ ميكرون



نبات الكتان

ويلعب تحديد زمن الحصاد دوراً هاماً في جودته تبعاً لأدوار النضج التي تقسم إلى: " النضج الأخضر - النضج الأخضر المصفر - النضج التام - النضج الموتى " ويُعتبر دورا النضج الأخضر المصفر والتام أهم مواسم الحصاد لأن الانتظار حتى دور النضج الموتى يعني نضج البذور والأخذ بها كمصدر لزيت الكتان المستخدم في صناعة الطلاء الزيتي. ويتم خزن وتحضير ألياف الكتان على الشكل:

- أ- تخزين ساق الكتان بحضور بكتريا عضوية في الأحواض وعلى مرحلتين: تخزين قبل النضوج في المياه الراكدة فالجارية.
- ب- تخزين ساق الكتان بكيماويات خاصة وعلى مراحل: تخزين بالمياه الفاترة أو الساخنة، بالمواد الكيماوية أو بالطرق الميكانيكية لاستخلاص الألياف.
- ت- تنشيف الحزم الليلية، وكسر السياق وتمشيط الألياف.

### الجوت *Jute*

يحثل الجوت المركز الثاني في صناعة الغزل والنسيج بعد القطن بين الألياف النباتية، وتتميز أليافه بلونها الأصفر الفاتح المائل إلى البني، وأكثر المناطق زراعة له: البلقان، فالهند وأندونيسيا، ونجد في الجدول التالي أهم خواصه الفيزيائية:

أهم خواص الجوت الفيزيائية				
طول التيلة	نعومة التيلة	الاستطالة	القساوة	الرطوبة العظمى
١٨٠-٨٠ ملم	١٢٥-٢٥ ميكرون	١ %	١,٥	٣٤ %
				الرطوبة التجارية
				١٣,٧٥ %



نبات الجوت

## القنب *Hemp*

تُستخدم ألياف القنب في كل الصناعات النسيجية وخاصة المفروشات لمقاومته العالية ولمعانه الجيد، ولونه الأبيض، إضافة لإمكانية مزجه مع بقية الألياف، ويتم استخلاص ألياف القنب عبر مراحل عدة أهمها: تمشيط القشور عن الساق بألات خاصة - التنظيف من آثار المواد الصمغية العالقة - الخزن بوجود البكتريا العضوية - الخزن بوجود كيماويات خاصة - الغسيل والتمشيط.

## الرامي *Ramie*

عرف هذا النبات قديماً وقد استدل على استعماله عام ٩٥٠ ق.م كأشيرة للسفن، وعرف في الصناعة عام ١٦٩٠ م حيث دخل ممزوجاً مع ألياف أخرى في صناعة المفروشات، وأهم الدول التي تزرعه: الصين، الهند، الجزائر، مصر، ليبيا، إيطاليا، روسيا.

وتتميز ألياف الرامي بلونها الأبيض ومقاومتها ولمعانها الجيد، وتبلغ طول تيلته ١٥٠ ملم، ونعومتها ٢٠٠٠ نانومتر، ووزنه النوعي ١,٥، وتتم عملية استخلاص أليافه على الشكل: تمشيط القشور عن الساق بألات خاصة - التنظيف من المواد الصمغية العالقة - الخزن بوجود بكتريا عضوية - الخزن بوجود كيماويات خاصة - الغسيل والتمشيط.



الشكل: نبات الرامي

## الكنفير

يُزرع الكنفير في مناطق عدة من العالم وخاصة في آسيا الوسطى حيث عُرف منذ عام ٤٥٠ ق.م، ثم منعت زراعته تجنباً لاستخلاص المواد المخدرة التي يحويها نوعه المسمى *Canabis indien*، ويستفاد من النبات باستخراج أليافه أو من بذوره الغنية بالزيت والتي يصل محتواها حتى ٣٠%، ويتم استخراج الألياف من النبات على مرحلتين: تخزين ساق النبات بوجود بكتريا عضوية " أنزيم"، ومن ثم استخراج الألياف بطرق آلية، ويبلغ طول الليفة ٢ - ٢,٥ م ونعومتها ١٨ - ٥٠ ميكرون، ويبين الجدول التالي تركيبها:

تركيب ليفة نبات الكنفير	
النسبة المئوية	المكون
٧٧,٧٧%	سيليلوز
٩,٣١%	بكتين
٠,٥٦%	زيوت
٣,١٨%	مواد معدنية
٠,٨٢%	رماد
٥,٨٨%	ماء

الكانابيس الهندي *Canabis indien*

وأهم ما يُصنع من هذه الألياف الشوالات وما شابهها.

## التيل *Kenaf*

وهو اسم يطلق على عدد كبير من النباتات الليفية حتى الخشنة منها، ومن أهم أنواعه القنب العادي أو الافرنجي " كونايبس ساتيفا " والقنب البلدي " هيببسس كانابينس " وتيل سان " كورتولا ربا جينسيا "، وتستعمل الألياف السيقانية لنبات التيل في صناعة الغزل.

## الألياف الورقية

## السيزال *Sisal*

اسم لاثنتين من النباتات المدارية " الاستوائية " ذات أوراق تشبه السيف تنتج أليافاً قيمةً، والنباتان هما: السيزال المكسيكي (الهيبيكن) والسيزلانا، وينتجان أليافاً يبلغ طولها من ٥٠ إلى ١٣٠ سم، تُستخدم بصورة أساسية في صناعة جدلات الربط، وتنتج السيزلانا أليافاً أكثر متانة من الهيبيكن، وتنمو الهيبيكن في كوبا، والسلفادور والمكسيك. كما تنمو السيزلانا في شرقي إفريقيا، والبرازيل، وهايتي وجاوه. ويُسمى السيزال، أيضاً قنب السيزال. يتم حصاد السيزال مرة أو مرتين في العام، حيث تُقَطع الأوراق، وتوضع في المقشرة، وهي آلة تقوم بنزع اللب عن الألياف. وتُعد شرق إفريقيا رائدة في إنتاج السيزال.



## قنب مانبلا *Abaca Manila*

ينمو هذا النبات إلى ارتفاع ستة أقدام وله أوراق ضخمة مستطيلة، وتنمو أوراقه على الساق، وتكون قاعدة الأوراق غمداً (غطاء) حول الساق، وتحتوي الأغمد على الألياف القيمة، وتتراوح أطوال الألياف السميكة بين متر ونصف المتر إلى ثلاثة أمتار ونصف المتر، وتتكون أساساً من السيليلوز والخشيبين والبكتين. ويباع اللب بعد فصله تحت اسم مانبلا. ويأخذ اللب اسمه من أكبر مدن الفلبين. يحصد المزارعون حقول القنب كل ثلاثة إلى ثمانية أشهر، ويقطعون النبات الذي اكتمل نضجه، لكنهم يتركون الجذور لتنمو من جديد، وبذا تنمو نباتات جديدة وتُفصل أغمد الأوراق بعد سلخها وتعريضها.



## البينا *Piña*

تصنع هذه الألياف أوراق الأناناس، وتغزل أحياناً تغزل مع الحرير أو البولي استر لتصنيع النسيج الخفيف الوزن والسهل العناية والأنيق، يشبه الكتان، وتعد كل مجموعة ألياف مع بعضها لتشكل شعيرات طويلة ثم تنسج يدوياً لتصنيع الألبسة، وتتميز هذه الألياف بنعومتها وطرأتها ولمعانها العالي، ولونها العاجي. ويتم الحصول على الألياف بقطع الأوراق من نبات الأناناس ثم تسحب الألياف أو تفصل أو تقشط منها، ومعظم الألياف تكون طويلة وقصفة القماش.

وتستخدم ألياف البينا في صناعة بياضات الطاولات والحقائب والحصر وغيرها، كما تستخدم عند الحاجة لخفة الوزن وإمكانية تمزيق القماش.



نبات البينا

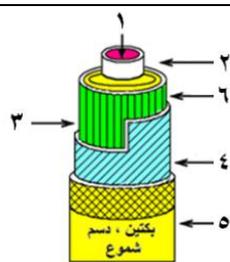
## ألياف من البذور والثمار

### القطن Cotton

يُعد القطن واحداً من أهم مصادر الألياف التي شاع استخدامها من قديم الأزل، وما زال إلى الآن أحد أهم الألياف إلى جانب الألياف الصوفية والحريرية التي تتمتع بميزة المنشأ الطبيعي النادرة الأثر السلبي عند تماسها مع الجسم على العكس من الخيوط التركيبية ذات الأثر السلبي وبخاصة فيما يخص التوازن الكهربائي والتحسس.

**بنية القطن:** تتألف الشعيرات القطنية من شعيرات متطاولة وحيدة الخلية، وللشعيرات نهايات مفتوحة مستدقة وسفلية " حيث اتصالها بالبذرة "، ولا يتم فصل الشعيرات عن بذورها إلا عبر عمليات الحلق، وتتميز بنيتها كما في الشكل التالي بطبقات متحدة المركز وبتجويف مركزي يُعرف باللب *Lumen* وطبقة خارجية هي القشرة التي تتألف أساساً من الشحوم والبكتين والشمع، ويتوضع تحت القشرة الجدار السيليلوزي الأولي والذي تتشابك أليافه بصورة متصالبة، ويليه الجدار الثانوي المؤلف من ثلاث طبقات سيليلوزية:

بنية شعيرة القطن	
١	اللب <i>Lumen</i>
٢	المنطقة الداخلية: $S_3$
٣	المنطقة الوسطى: $S_2$
٤	المنطقة الخارجية: $S_1$
٥	الجدار الأولي
٦	القلب



- ١- طبقة داخلية: لا يمكننا تمييزها إلا عند الأقطان الشديدة النضوج وتجاور بطانة اللب وتتألف من أملاح معدنية وبروتينات مشتقة من جفاف عصارة الخلية على عكس الطبقتين الأولى والثانية المكونتين من السيليلوز.
  - ٢- طبقة وسطى: رقيقة جداً ذات اتجاه حلزوني وبزاوية ميل ٢٠-٣٥°
  - ٣- طبقة خارجية: ذات اتجاه حلزوني وبزاوية ميل دون ٢٠-٣٠°
- يوجد في الليف القطني الكامل النضوج حوالي ٨٠-١٢٠ التقاف في السنتمتر الواحد، ويزيد عددها في الأصناف الجيدة منها عن الأصناف الرديئة، ولا بد من احتواء القطن عموماً على بعض الخلايا غير المكتملة النمو ما يجعل من التوائها معدوماً أو قليلاً بحسب درجة النضوج، لذا فإن جدارها يكون رقيقاً وليناً منخسف ما يجعلها أليفاً ميتة في النهاية، ويعود عدم نضوج الخلايا أو موتها لأسباب كثيرة تتعلق بشروط الزراعة تربةً ومناخاً وموعد زراعة وقطف.
- مكونات القطن الخام:** يحوي القطن الخام على مكونات طبيعية أخرى كما في الجدول التالي:

تركيب القطن الخام		عن الألياف النسيجية والصباغة	
BASF seminar: Damascus 7&8/12/1992		سيليلوز	
٨٨-٩٦%	سيليلوز	٨٥,٥%	سيليلوز
٠,٧-١,٢%	بكتينات: حموض بولي غالكتورميك وأملحها مع الكالسيوم والمغنيزيوم والحديد <i>Poly Galacturmic acids</i>	٠,٥%	زيت وشموع جليسيريدات سهلة ومتوسطة وصعبة وغير قابلة للتصبين
٠,٤-١,٠%	شموع، أغوال دسمة $C_{24}-C_{30}$ ، استرات "كولسترول"، فحوم هيدروجينية	٥%	بروتينات، بكتوز، مواد ملونة طبيعية
٠,٧-١,٦%	أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم والبوتاسيوم والصوديوم	١%	أملاح معدنية
١,١-١,٩%	بروتينات: حموض أمينو كربوكسيلية	٨%	ماء
٠,٥-١,٠%	مركبات عضوية: أوليغوميرات، حموض عضوية		

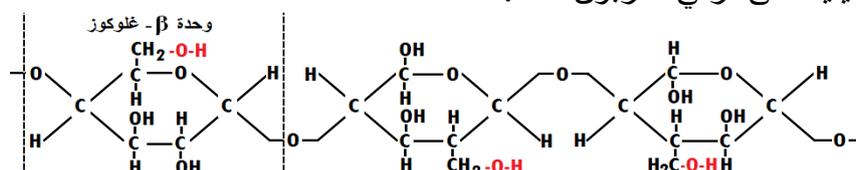
أما عن تركيب الرماد فهناك إحصاءات عديدة قامت بها شركات مختلفة نستعرض منها الجدول التالي:

محتوى القطن من الرماد					
الشارسية	الشارجية	%	الشارسية	الشارجية	%
الأكسيد	الحديد	٣	الكبريتات	البوتاسيوم	٩,٣
الكربونات	الألمنيوم	٥	الكبريتات	الكالسيوم	٠,٩
	البوتاسيوم	٤٤,٨	الكبريتات	المغنيزيوم	٨,٤
	الكالسيوم	١٠,٦	الكبريتات	البوتاسيوم	٩,٩
محتوى القطن الخام وبعد بعض المعالجات من بعض الشوارد المعدنية بحسب BASF					
التركيز بوحدات : " ملغ / كغ : p.p.m "	الكالسيوم	٩٠٠	المغنيزيوم	الحديد	
القطن الخام			٥٩٠	٣٢	
إزالة النشاء		٥١٠	٢١٠	٢٧	
الغلي		٥٠٠	٢٧٠	٢٦	
إزالة النشاء مع الغلي		٣٥٠	١٦٠	٢٢	
إزالة النشاء مع المعالجة الحمضية		١٠٠	٤٠	١٠	
إزالة النشاء مع التبييض		٣٠٠	٧٠	١٢	
إزالة النشاء مع الغلي والتبييض		١٤٠	٦٠	١٠	

ويبين الجدول التالي محتوى بعض أنواع الأقطان من بعض الشوارد المعدنية.

تحليل لبعض الأقطان العالمية عن ICI Seminar: Aleppo 1992						
ملغ معدن / كيلو غرام قطن مقدراً بـ : ج.م.م					السنة	المصدر
Mn	Cu	Fe	Mg	Ca		
٣٠	٦	٣١٣	١١١٩	٢٧١١	١٩٨٥	البرازيل
١٢	٣	٨٢	٧٣٦	١٦٨٨	١٩٨٧	
١٧	٤	١٣٢	٩٢٢	١١٩٧	١٩٨٥	بارانا ليمي
١٣	١ >	٢٠٥	٧٦٢	١٦٧٧	١٩٨٧	
١ >	١ >	١٢	٣٣٤	٥٤٠	١٩٨٣	كولومبيا
١٠	-	٢٥٢	٨٠٨	١١٠٠	١٩٨٨	
٦	٣	١١٢	٥٦٧	١٣٢٠	١٩٨٦	الاتحاد السوفياتي " روسية "
٣٦	٣	١٨٧	١٠٥٥	١٨٨٨	١٩٨٩	
٩	-	٨٩	٦١٧	٧٩١	١٩٨٨	السودان
١٠	-	٣٠٠	٩١٢	٩٤٧	١٩٨٩	
تحليل لخمس عينات قطن سوري من المصبغة الفنية بدمشق لـ CHT						
العينة			Ca	Mg	Fe	
١			٧١٠	٦١٧	١٥	
٢			٩٢٠	٥٤٠	٣١	
٣			٦٠٠	٥٧٠	١١	
٤			٧٠٠	٥٥٠	١٣	
٥			٧٥٥	٤٦٥	١٩	

السيليلوز  $(C_6H_{10}O_5)_n$ : يُعد السيليلوز المكون الرئيس للقطن والذي تتمحور عليه كل العمليات الصباغية من قصر وصباغة وتجهيز، وله بنية بوليميرية مبسطة، إذ يبدو كمادة بيضاء وزنها النوعي ١,٥، يحترق بالهواء معطياً شعلةً بيضاء بدون دخان، غير ذواب بالماء أو المذيبات العضوية بل بمحلول ماءات النحاس النشادرية وبعض المحاليل الملحية المركزة مثل كلوريد التوتياء وتيوسيانات الكالسيوم، كما أنه غير ذواب بالقلويات إنما بحمض الكبريت المركز والبارد أو حمض الكبريت ٦٠ % بدرجة حرارة ٦٠ م وحمض كلور الماء وحمض الأزوت الساخن. بنية السيليلوز: يتألف السيليلوز كما يبين الشكل ٢ من سلاسل طويلة لوحدات أساسية هي وحدات الجلوكوز التي ترتبط فيما بينها بجسور أكسجينية على ذرتي الكربون ٤,١.

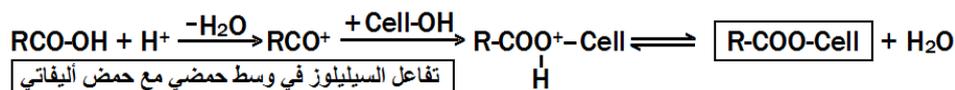


بنية السلاسل السيليلوزية : لاحظ التناوب في توضع زمرة الهيدروكسيل الثانويتين

وتوصل العلماء وبدراسات اعتمدت مبدأ التحليل بالمتفلات إلى أن طول السلسلة السيليلوزية يصل حتى ١٠,٠٠٠ وحدة غلوكوز أي ما يعادل وزناً جزيئياً تقريباً قدره ١,٥٨٠,٠٠٠

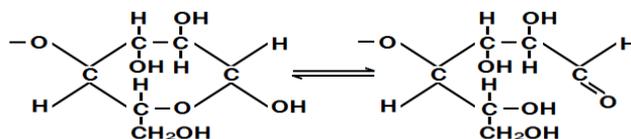
الفعالية الكيماوية للسيليلوز: كما هو واضح من الصيغة المفصلة لجزء من سلسلة السيليلوز فإننا نلاحظ وجود مجموعة هيدروكسيل أولية فاعلة ومجموعتي هيدروكسيل ثانويتين أقل فاعلية، ومع ذلك يصعب علينا تقدير نتائج التفاعلات سلفاً بسبب:

- الإعاقة الفراغية التي قد تحدث بين المجموعات المتفاعلة.
  - التأثير الذي يحدثه دخول إحدى المجموعات على فاعلية المجموعات الأخرى.
- ويكون للمجموعات الغولية في السيليلوز القدرة على التفاعل في الوسطين: الحمضي والقلوي القويين، إذ يعطي استراً أو ايتري في الوسط الحمضي، وايتري في الوسط القلوي، فعند تفاعل السيليلوز مع حمض أليفاتي بوسط حمضي نجد:



ويلعب وجود الماء دوراً هاماً في مثل هذه التفاعلات لتسببه في انتفاخ الألياف السيليلوزية.

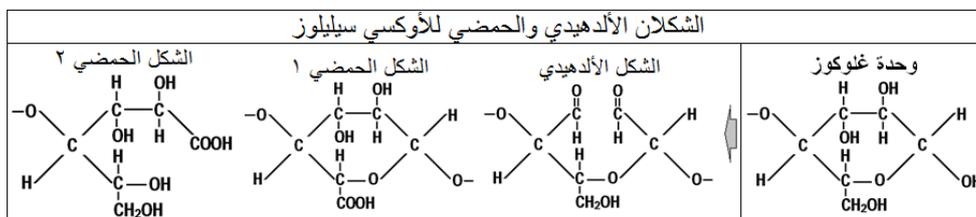
هيدرو السيليلوز: وينتج عن انقسام السلاسل السيليلوزية بتأثير الحموض الممددة مؤدياً لتراجع قدرة الألياف الميكانيكية على الشد وارتفاع القدرة الإرجاعية لنتائج الحلمة بسبب تحول السلاسل لأشكالٍ أدهيدية عبر الانتقال التوتوميري:



الانتقال التوتوميري لوحدات الغلوكوز بتأثير الحموض الممددة

وترتبط قدرة الهدرلة بدرجتي الحموضة والحرارة ونوعية الحمض، إذ أنها تحدث بفعل الحموض المعدنية دوناً عن الحموض العضوية، لذا فإنه يُحذَر من إنهاء العمليات الصباغية للسيليلوز بحمض معدني ولو كان بنسبة ١ % لحمض الكبريت مثلاً تحاشياً لأثره السلبى عند الخزن الطويل والذي يؤدي لتراجع المتانة والموصفات الأخرى.

أوكسي السيليلوز: تعطي عمليات أكسدة السيليلوز مجموعة مركبات يعرف مجموعها بأوكسي السيليلوز، فقد تعطي الأوكسدة شكلين حمضيين وآخر أدهيدي.



تأثير العوامل المختلفة على السيليلوز: وأهمها تأثيرات الحرارة والماء والحموض والقلويات.

تأثير الحرارة: يمكننا تسخين السيليلوز بالحالة الجافة حتى ١٥٠ م دون حدوث أي تفكك، وباستمرار التسخين يبدأ بالتلون نحو اللون البني دون أي تلف له إلا بتطبيق شروط عملية التبييض.

ومع رفع درجة الحرارة لأكثر من ذلك وبوجود أكسجين الهواء يبدأ بالتلف نتيجة تشكل مركبات أوكسي السيليلوز وبخاصة بوجود آثار لشوارد معدنية كالنحاس.

تأثير الماء: يؤدي نقع الألياف السيليلوزية بالماء لحدوث انتفاخ دون أي أثر كيماوي، وتحدث عملية الانتفاخ عادة في المناطق اللابلورية للألياف حيث تكون مجموعات الهيدروكسيل حرة طليقة.

تأثير الحموض: يؤدي غلي السيليلوز بالحموض المعدنية الممددة لتفاعلات حلمة وصولاً لوحدات الغلوكوز في النهاية، في حين أن تأثير الحموض المعدنية المعتدل ودرجات حرارة منخفضة يؤدي لتخرب عالٍ مع تشكل هيدرات السيليلوز.

ولتمييز حمض الأزوت بخواص مؤكسدة فإن غمر القماش السيليلوزي فيه يؤدي لانكماشه وارتفاع قوة شده وألفته للأصبغة، كما يؤدي استمرار عملية الغمر لتشكيل حمض الحماض HOOC-COOH وغاز أول أكسيد الأزوت NO، ويمكننا رفع سرعة هذا التفاعل برفع درجة الحرارة.

تأثير القلويات: يقاوم السيليلوز القلويات المعتدلة مثل كربونات الصوديوم عند درجات الحرارة المنخفضة والعالية وبمعزل عن الهواء، ولكن وبوجود الأكسجين يبدأ تشكل أوكسي السيليلوز ليبدأ القطن بالتخرب.

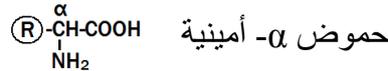
أما القلويات القوية كماءات الصوديوم فيؤثر الممدد منها بنفس الطريقة، في حين أن تراكيز ٢% والتي لا تؤثر عند درجة حرارة الغليان بمعزل عن الهواء فإنها تؤدي لتشكل أوكسي السيليلوز عند وجود الأوكسجين.

## الألياف الحيوانية الأصل " الألياف البروتينية "

### الصوف Wool

تركيب الصوف الخام: يتألف الصوف الخام من الصوف النقي مع كمية عالية من الأوساخ مثل العرق والدهون والبقايا العشبية والغبار، ولا بد لنا من التخلص من كل هذه الشوائب قبل أي استثمار له، ونبدأ بعمليات غسل على البارد والساخن مع المواد المنظفة وبعض العمليات الآلية وصولاً لصوف نقي.

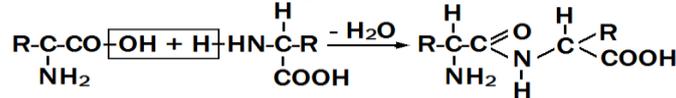
التركيب الكيماوي للصوف: يتكون الصوف بصورة رئيسة من كيراتين بروتيني Keratin، ويتمتع الكيراتين بمقاومة عالية للكيماويات والمركبات الحيوية، ويتألف من حموض ألفا أمينية صيغتها العامة:



وتختلف R من حمض أميني لآخر ما يؤدي لتباين في سلوكها ونشاطها، ونرى في الجدول التالي محتوى الصوف من بعض العناصر:

محتوى الصوف من بعض العناصر					
العنصر	كربون	هيدروجين	أزوت	أكسجين	كبريت
النسبة المئوية %	٥٥-٥٠	٧,٣-٦,٥	١٧,٦-١٥	٢٨-١٨	٣,٠-٢,٣

ويمكن لحمضين أميين أن يتكاثفا عبر رابطة ببتيدية وبطرح جزيء ماء وفق التفاعل:



وبتكرار هذا التكاثف نحصل على سلاسل ببتيدية قد تكون ملتوية أو مستقيمة، وترتبط هذه السلاسل فيما بينها بجزيء حمض أميني مشترك بين السلسلتين أو بجسر هيدروجيني أو برابطة شاردية ملحية أو برابطة ثنائية الكبريت، ونرى في الجدول التالي الحموض الأمينية المتعددة للصوف.

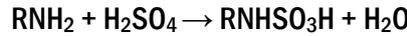
الحموض الأمينية المتعددة في الصوف			
$\begin{matrix} \text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2 \\   \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH} \end{matrix}$	حمض البرولين	$\begin{matrix} \text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الترتوفان
$\begin{matrix} \text{NH}_2 \\   \\ \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{S} \\   \\ \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{S} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض السيستين	$\begin{matrix} \text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{HC} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \\   \\ \text{NH} \end{matrix}$	حمض الهيستيدين
$\begin{matrix} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الاسبارتيك	$\begin{matrix} \text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الميتونين
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 > \text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الغالين	$\begin{matrix} \text{CH}_3 > \alpha \quad \beta \quad \gamma \\   \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض اللوسين
$\begin{matrix} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض السيرين	$\begin{matrix} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{H}_3\text{C} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض ايزو اللوسين
$\begin{matrix} \text{HO}-\text{CH}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \quad \quad \quad   \\ \text{HO} \quad \quad \quad \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض التريونين	$\begin{matrix} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض فينيل الألانين
$\begin{matrix} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض التيروسين	$\begin{matrix} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الغلوماتيك
$\begin{matrix} \alpha \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الألانين	$\begin{matrix} \text{H}_2\text{N} \\   \\ \text{HN} > \text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الأرجينين
$\begin{matrix} \alpha \\ \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH} \end{matrix}$	حمض الغليسين	$\begin{matrix} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$	حمض الليزين

التفاعلات الكيماوية للصوف:

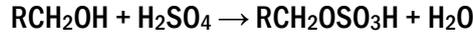
التفاعل مع الحموض:

أ- حمض كلور الماء المركز: تبدأ عملية حلمهة حمضية ينتج عنها تحطم الألياف للحموض الأمينية المتعددة، ويبقى الحمض الأميني الجانبي ثابتاً باستثناء الترتوفان الذي يتفكك كلياً، وبذلك تتحطم الزمرة الأميدية الحمضية الموجودة بالسلسلة الببتيدية ما يؤدي لتغيراتٍ بالخواص الميكانيكية للألياف الصوفية كالمتانة وقوة الشد.

ب- حمض الكبريت المركز: يتناقص عدد الحموض الأمينية لتفاعل بعضها مع حمض الكبريت المركز ٨٠ % كما هو حال الليزين الذي يتسلفن ليعطي حمض السلفونيك:



وتتناقص ألفة الصوف تجاه الأصبغة الحمضية عند رفع تركيز حمض الكبريت بسبب انخفاض عدد الحموض الأمينية لتسلفن السيرين والتريونين:



وترتفع درجة حلمهة الصوف بوجود شارسبات عالية الألفة تجاه الألياف، إذ يترافق امتزازها مع امتزاز شوارد الهيدروجين ما يرفع من تركيزها في الألياف، لذا فإننا نعلم عند صبغة الصوف بالأصبغة الحمضية لإضافة كهروليت قوي لحمام الصباغة كملح غلوبر الذي يلعب دور العامل المؤخر.

التفاعل مع القلويات: ينحل الصوف بغليه مع محلول ٥% كربونات الصوديوم، إذ يتخرب كل من السيستين، الأرجينين، الهيستدين والسيرين، وعموماً فإن تفاعل الصوف مع القلويات يرتبط بدرجة الحرارة وتركيز المحلول، لذا فقد اعتمد على معالجة الصوف بمحلول ١، ٠ نظامي لمحلول ماءات الصوديوم بدرجة حرارة ٦٥ °م ولمدة ساعة واحدة كطريقة عيارية لتحديد درجة تضرر الصوف.

وتتسبب القلويات في تشكل روابط معترضة جديدة " لانتيونين " ما يؤدي لتناقص الانحلال القلوي للصوف، لذا لا يمكننا اعتماد الانحلال القلوي لتعيين درجة التضرر القلوي للصوف، بل اعتمد بدلاً عن ذلك معالجة الصوف بمحلول البولي استر ٥٠% مع محلول ٣% كبريتيت الصوديوم الحامضي عند pH: 7 ولمدة ساعة.

تأثير الماء: تتحلل الروابط ثنائية الكبريت بتأثير الماء المغلي مشكلاً السيستين وحمض السلفونيك الذي يتفكك بدوره إلى الألدريد بانطلاق كبريت الهيدروجين، وينقص السيستين بمقدار ٢٠% بتأثير الماء المغلي لمدة ٢٤ ساعة، ويزداد التفكك بارتفاع درجة الحرارة عن ١٠٠ م.

تأثير الحرارة: للحرارة الجافة ضرراً أقل منه بكثير مما للماء المغلي، إذ يحافظ الصوف على معظم خواصه بتعرضه لمدة ٢٤ ساعة بدرجة ١٢٠ م، ويبلغ الضرر ذروته عند درجات حرارة أعلى من ١٥٠ م.

تفاعلات الزمرة الأمينية: تشكل نهايات السلاسل الببتيدية للحموض الأمينية والمجموعات الأمينية المتفرعة عن الحموض الأمينية " الليزين - الأرجينين " زمراً أساسية في الصوف، يمكنها أن تتفاعل مع بلا ماء الحموض مثل بلا ماء حمض الخل لتشكل الأستيل ما يُنقص من ألفة الصوف للأصبغة.

أو أنها تتفكك محررة الأزوت بتأثير حمض الأزوتي ما يفيد في تعيين الأزوت الأميني وبالتالي عدد الحموض الأمينية في الصوف.

تفاعلات الزمرة الكربوكسيلية: تشكل نهايات السلاسل الببتيدية للحموض الأمينية والمجموعات الكربوكسيلية المتفرعة عن الحموض الأمينية مثل حمضي الاسبارتيك والغلوماتيك زمراً حمضية في الصوف، وتتحطم الزمر الأميدية بتأثير الحلمهة الحمضية أو القلوية مطلقة النشادر بما يمكننا من تعيين عدد الزمر الكربوكسيلية المعاقة، ويمكننا استرة هذه الوظائف الحمضية بعدد كبير من الكيماويات ما يرفع من ألفة الصوف للأصبغة الحمضية، لذا فإنه يمكننا القول بأن معظم التفاعلات تحصل مع الزمر الكربوكسيلية لارتباط الأصبغة مع زمر الصوف الأمينية، وتزداد ألفة الصوف نحو الأصبغة الحمضية بانخفاض تشرد الزمر الكربوكسيلية، وفي حين أن الروابط الاستيرية المتشكلة تمتلك ثباتاً جيداً لحد ما تجاه الحلمهة الحمضية فإنها تعاني من ضعفٍ حتى مع القلويات الضعيفة لدرجة أنها قد تحدث بالماء العادي حيث يكون pH: 7.5-8.

الإرجاع: يتم تفاعل الإرجاع بعامل مرجع مثل حمض التيوغليكول مؤدياً لتحطم الرابطة ثنائية الكبريت في السيستين:

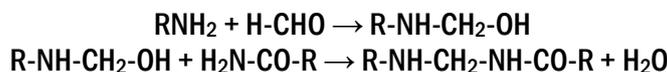


والذي يتوازن عند تفكك ٦٠% من الرابطة الكبريتية للسيستين في وسط حمضي أو معتدل مؤدياً لتراجع في متانة الألياف، ويمكننا بإضافة الماء الأكسجيني إزاحة التفاعل من جديد واستعادة المتانة الأصلية، ولمثل هذا التفاعل تطبيقاته التجارية باسم عملية سيروسيت لتكسير الأقمشة الصوفية، أو لتزيين شعر السيدات الذي يقوم على إرجاع الشعر بحمض التيوغليكول.

الأكسدة: يُستخدم الماء الأكسجيني كثيراً لتبييض الصوف وبوسط قلوي ليهاجم الرابطة ثنائية الكبريت في السيستين والروابط الببتيدية للكيراتين، ويتسارع تفاعله هذا بارتفاع درجة قلوية الوسط.

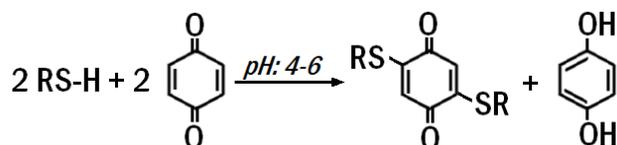
ويتفاعل الصوف مع فوق الحموض العضوية كفوق حمض الخل واللاعضوية كفوق حمض الكبريت  $H_2SO_5$  معطياً السولوفينيل الموافق، وتتبع أهمية عملية الأكسدة من كونها تُستخدم كعملية لمعالجة الصوف ضد التلبد والانكماش، ويتميز فوق حمض الكبريت عن فوق حمض الخل بإمكانية تفاعله مع التيروزين، كما تُستخدم فوق المنغنيات أيضاً لمعالجة الصوف ضد التلبد والانكماش بمرودٍ لا يتجاوز ٣٠% سيستين كحدٍ أعلى.

تشكيل الروابط المعترضة الجديدة: يؤدي احتواء الألياف الصوفية على روابط معترضة ترتبط من خلالها السلاسل الببتيدية الرئيسية لتراجع انحلال الصوف بالمُحلات العضوية، وعلى العكس فإن تحطم هذه الروابط يؤدي لتراجع متانة الصوف على البلل تبعاً لعدد الروابط المحطمة، لذا فقد بدأ البحث عن مركبات يمكنها تشكيل روابط بديلة كالفورم ألدهيد الذي يتفاعل مع المجموعات الأمينية أو المجموعات الأميدية:



ويتم تطبيق هذا التفاعل باستخدام الفورم ألدهيد بتركيز ٤٠% وبدرجة حرارة ٧٠م° بوسط حمضي ضعيف إلى معتدل pH: 5-7 ، حيث يتفاعل الفورم ألدهيد مع المجموعة الحمضية لحمض الغلوماتيك وبقايا الغوانيديين للأرجينين، وتقاوم هذه الروابط القلوبات وتتحطم بفعل الحموض، لذا يتناقص الانحلال القلوي للصوف المعالج بالفورم ألدهيد من ١٣% حتى ٦-٩%.

ويتفاعل البنزوكينون مع المجموعات الأمينية أو مع مجموعات HS- وفق التفاعل:



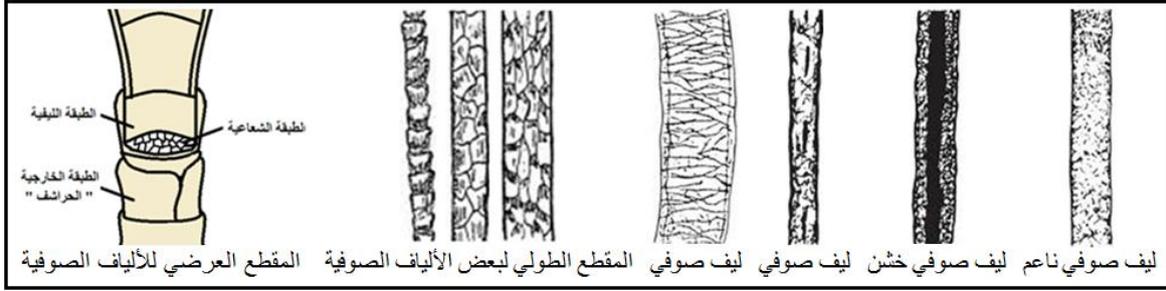
ويجري التفاعل عند درجة حموضة pH: 4-6 ، ويكون الصوف المعالج بالكينون أكثر مقاومة للعوامل الكيماوية وأقل قابلية للتلبد، وتزداد متانة الألياف بهذه المعالجة أكثر بكثير من الاعتماد على الكواشف أو الكيماويات الأخرى.

تصنيف الأصواف: تختلف الأصواف عن بعضها البعض بمظهرها من حيث نعومة وطول الشعيرة وعدد تجعداتها، لذا فإن ثمة استمارة تجارية متداولة تتضمن كافة المواصفات التي يمكن للصوف أن يتمتع بها كما في الجدول التالي:

استمارة صوف تجارية			
ضعيف : ١٢-١٨ كغ / سم	مقاومة الشعيرات	صوف	جنس المادة
جيد جداً، جيد لدرجة ٤٠%	المرونة	بروتين	التركيب الكيماوي
جيد جداً، جيد لدرجة ٥٠%	قابلية احتفاظ الحرارة	١,٣١٥	الوزن النوعي
طري الملمس، دافئ، معتدل اللمعة، قابل للتلبد	الأوصاف الأخرى	كما يبين الشكل المرفق	رسم المقطعين
درجة حرارته الخطرة: ١١٠م°	معاينة الاشتعال	مارينوس ، كروسبرد	الطولي والعرضي
لهب متفرقع، رائحة قوية، بقايا رمادية	مقاومة الحموض	استراليا، روسية	الأساس العرقي للغممة الأم
مقاوم	مقاومة القلوبات	١٦-٢٤ ميكرون	مكان التربية
غير مقاوم " ذواب بها "	قابلية احتفاظ الرطوبة	١٠٠-١٢٠-١٥٠-٢٠٠ مم	النعومة
جيد جداً، جيد لدرجة ٥٠%	هل استعمل وأين؟	عالي ، طبيعي ، قليل	طول التيلة
ألبسة خارجية ، ألبسة منزلية			التجعدات

تصنيف الصوف على ظهر الخروف: تتوزع نعومة وجودة الألياف على جسم الخروف كما هو وارد في الجدول التالي، ومهما يكن من أمر فإنه يتم عزل الأصواف ١، ٢، ٩، ١٢، ١٣ عن بقية الأصواف مباشرةً.

تصنيف الصوف على ظهر الخروف		
التصنيف	المنطقة	الخواص
٢، ١	الرأس	/
٣	الرقبة	/
٥، ٤	الصدر والأكتاف	أهم الأصواف وأجودها وأنظفها
٨، ٧، ٦	الظهر	جيد وتصيبه أمراض
٩	البطن	غير جيد لنوم الخروف على الأعشاب والأوساخ ما يؤثر سلباً على الجودة
١١، ١٠	القسم الخلفي	شعيراته غليظة نسبياً وقد تكون متلبدة ومصفرة ومخلوطة بالنباتات والأوساخ
١٢	اللية	وسخ جداً وشعيراته غليظة
١٣	الذنب	شعيراته قصيرة ووسخة ومتلبدة



## Mohair الموهير

استخدم الموهير منذ أمدٍ بعيدٍ في آسيا الصغرى وإفريقية وأوربة وأمريكا الجنوبية حيث تنتشر قطعان الماعز، ويُستخدم بخلطه مع الصوف أو الخيوط الصناعية في الغزل والنسيج، كما يُستخدم في صناعة السجاد لتمييزه بلمعانٍ عالٍ وعكسٍ للضوء، وصناعة الشوارد والأقشطة الخاصة بالجهد العالي، ونجد في الجدول التالي أبرز صفاته.



ماعز الموهير

الخواص الرئيسية للموهير	
النعومة	٢٥-٥٠ ميكرون، طول أليافه ١٢٠-١٥٠ ميكرون
اللون	أبيض، أصفر، ترابي، وبعضه أسود
ملاحظات	قليل الاتساح، عالي معدلات النمو بحيث يُصار لقصه حتى الثلاث مرات عن ظهر ماعز المناطق الدافئة
اللمعان	جيد جداً
الخواص الكيماوية	مطابق للصوف
التجعد	قليل جداً

## Cashmere الكشمير

يُستحصل على هذا النوع من الألياف من ماعز يعيش في أعالي جبال الكشمير والمناطق الجبلية الآسيوية، لذا يتم جمعه في فصل الصيف بتساقطه وهو قصير التيلة، ويتم فرزه يدوياً أو آلياً بحسب طول التيلة، ويتراوح وزن شعر الماعز الواحد بين ١٠٠-٤٥٠ غرام بحسب منطقة العيش ودرجة العناية به لذا فإن قلته تجعله غالٍ جداً، ونرى في الجدول التالي خواصه:

الخواص الرئيسية للكشمير	
النعومة	٦٥-٨٠ ميكرون
اللون	أبيض، ترابي، أسود
ملاحظات	يزوب بالقليوبات بسرعة أكثر من الصوف لحساسيته العالية تجاه القليوبات
اللمعان	جيد جداً
الخواص الكيماوية	مطابق للصوف
التجعد	قليل جداً

لذا ولنعمته الفائقة نجد زيادة في كهربائيته الساكنة ما يعكس سلباً على صعوبة صناعته وتصنيعه أكثر من الصوف والموهير سواءً أكان منفرداً أم ممزوجاً معهما، وتدفع كهربائيته العالية وارتفاع سعره لحصر استخدامه بالمنتجات الفاخرة من الملابس الخارجية.

## وبر فصيلة الجمال Camels hair

الجمال، اللاما، الألبكا، الفيكونا، هواريزو

١- **الجمال**: يوجد بكثافة على الرأس والرقبة والأكتاف في الإبل ذات السنام الواحد وتزداد كثافته في الإبل ذات السنامين نظراً لبرودة المناطق التي تعيش فيها، ويمتاز الوبر بقلة توصيله للحرارة، كما يمتاز الصوف والشعر بميزات عدة أهمها: المتانة - الخفة - القلة، ويتميز الوبر بنعومة اللمس ولون ووبر الجمال بني يتدرج من الأبيض إلى الأسود تقريباً حسب نوع الإبل وأفضل أنواعها الأسود.

وهناك اختلاف كبير في إنتاج الإبل من الوبر تبعاً لعروق وسلالات الإبل، ففي الإبل ذات السنامين تتراوح كمية الوبر المنتج سنوياً للرأس الواحد حوالي ١-٥ كغ في حين تبلغ كمية الوبر المنتج من الإبل العربية ذات السنام الواحد ١,٥-١ كغ، يعتبر إنتاج الوبر ذو أهمية اقتصادية كبرى لبعض المجتمعات وخاصة مجتمعات البدو، وتشتهر كل من منغوليا، والصين وأفغانستان بإنتاجها الكبير.

وغالباً ما يتساقط الوبر من أجسام الإبل في أواخر فصل الربيع وبداية فصل الصيف، وفي الغالب فإن العرب تجز الوبر يدوياً أو باستخدام المقص اليدوي، وبالنظر إلى ارتفاع أسعار الوبر فقد تطورت طرق جمع الوبر من خلال حلاقة الوبر باستخدام آلة جز كهربائية.

وتبدأ الحلاقة بإزالة الوبر من منطقة الوجه وبعد الانتهاء من حلاقة الوبر يقوم المربي بدهن الإبل بالسمن البلدي ومرهم الكبريت والخل وذلك للحصول على طراوة الجلد والقضاء على الجرب الجلدي، وأول حلاقة للجمل تبدأ بعمر ثلاثة أشهر حيث تكون نوعية الوبر في الإبل الصغيرة من النوع الجيد لنوعته، وتتقدم العمر تزداد خشونة الوبر الناتج وتقل كميته فتتم عملية حلاقة الوبر مرة واحدة سنوياً بداية موسم الربيع، وتعطي الإبل ذات السنامين إنتاجاً أغزر وأجود من الإبل العربية.

٢- اللاما *Llama*: يعيش حيوان اللاما في جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية ويشبه كلاً من الغزال والجمل، ويربى لحمه ووبره ولحم المتاع كما هي الجمال تماماً.

٣- الأليكا *Alpaca*: تشبه حيوانات الأليكا اللاما ولكنها أصغر منه بكثير، وتعيش في أعلى جبال الأنديز شمال بوليفيا وتشيلي، وتربى من أجل الحصول لصوفها ولحومها، وتصبح جاهزة للتزاوج بين عمر سنة وثلاث سنوات ويستمر حملها حوالي ٣٤٥ يوم، وتعيش لما يقارب العشرين عام وتتغذى على الحشائش والقش.

٤- الفيكونا *Vicuna*: أصغر عضو في فصيلة الجمال موطنه جبال الأنديز، في كل من بوليفيا وتشيلي وبيرو بأمريكا الجنوبية في مناطق ترتفع من ٣٥٠٠-٥٥٠٠ م فوق مستوى سطح البحر ويستوطن مناطق تقرب من خط الجليد.

يتراوح ارتفاع الفيكونا حتى الكتفين بين ٧٠-٩٠ سم ويتراوح وزنه بين ٣٥-٦٥ كغ، ويتغذى على الحشائش ويعيش في قطعان، تتألف من ذكر واحد وعدد من الإناث، يقوم الذكر بحماية مساحة معينة ويذود عنها ضد الذكور الأخرى. يتميز بصوف أنعم من صوف أي حيوان آخر، ويتراوح لون الجزء العلوي لجسمه بين الأصفر المحمر للأسمر المصفر، وقاتم إلى بني محمر، ويميز بطنه والأجزاء السفلية من أرجله اللون الأبيض اللون الأبيض، ينمو الصوف حتى يتدلى على جنبات وتحت مستوى ركبتيه، ويستفاد من الصوف الداخلي فقط، ويصلح بشكل خاص لغزل أنواع عالية الجودة من الغزل الصوفي الناعم ما يجعله باهظ الثمن، إذ تعطي الحيوان الواحد ١١٥ غ سنوياً فقط.



الجمل بسنام الجمل بسنامين اللاما *Llama* الفيكونا *Vicuna* الهواريزو *Huarizo* الأليكا *Alpaca* غواناكو *Guanaco* ووبر الجمال

## أنصاف الحرير الطبيعي

### حرير دودة القز *Silk*

يأتي معظم الحرير الطبيعي الخام من الشرنقة البيضوية لدودة القز *Mulberry Silk Worm*، والتي تغلف الدودة نفسها بها قبل أن تتحول إلى فراشة، ويسحب الحرير من الشرنقة على شكل خيوط بطول مستمر هي الحرير الخام. تعيش الفراشة التي تخرج من الشرنقة أياماً قليلة تضع فيها الأنثى البيض للجيل الجديد من الدود على قطع من الورق أو القماش لتموت بعدها، وفي حال الحصول على عدة محاصيل في العام الواحد تجرى عملية الفقس للبيض مباشرة بعد وضعه، أما في حالة المحصول الواحد في العام فإن الفقس يؤجل متى توفر محصول ورق التوت الطازج في الموسم التالي مما يتطلب الاحتفاظ بالبيض لمدة ستة أشهر في حاضنات مبردة صناعياً، ويفقس البيض في الربيع بتركه لمدة شهر في صواني خاصة بحرارة ٢٠-٣٠ م، وبعد أن يتم الفقس يرش ورق التوت الغض المفروم جيداً في صواني الفقس ليبدأ الدود الصغير الناتج في التغذية ويزداد وزنه وحجمه بسرعة ملحوظة حتى يتم نموه خلال خمسة أسابيع تقريباً، ويكون طول الدودة بعد الفقس ٣ ملم، وعندما يتم النمو يكون الطول ٩٠ ملم، ووزنها ٥ غ، وبعد ٢٤ ساعة من امتناع الدودة عن الأكل يتحول لونها الأخضر إلى الشفاف عند الرقبة، وعندها تبدأ الدودة في إخراج خيط الحرير من فوهة برأسها، ويكون الخيطان ملتصقين بمادة صمغية *Silk Gum*، وبعد أن تضمن الدودة استقرار مكانها تبدأ في

تغليف نفسها بخيوط الحرير التي قد يصل طولها إلى ١٨٠٠ م، حيث تفرزها وترصها حولها طبقة فوق طبقة حتى يكتمل بناء الشرنقة فتتوقف عن الإفراز عندما تنفذ المادة المكونة للحرير. يتم بناء الشرنقة خلال ثلاثة أو أربعة أيام تتحول الدودة بعدها إلى يرقة، ثم بعد أسبوعين أو ثلاثة تتحول اليرقة إلى فراشة حية تثقب الشرنقة لتفتح لها طريقاً إلى الخارج، وتقوم بوضع البيض لتحفظ النسل وتكرر الدورة، وبالتالي يمكن القول أن دورة حياة الدودة عبارة عن أربع مراحل رئيسية.

البنية الكيماوية للحرير الطبيعي: يتركب الليف الحريري من الفيبروين الذي يعطي بالحلمة خمسة عشر حمضاً أمينياً حسب الجدول التالي:

البنية الكيماوية للحرير الطبيعي			
$\text{R}-\overset{\alpha}{\text{C}}\text{H}-\text{COOH}$ $\text{NH}_2$		الحمض الأميني	
الجذر R في $\alpha$ -الحمض الأميني			
الحمض الأميني		الحمض الأميني	
HOOC-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -	الغلوماتيك	CH <sub>3</sub> -	الآلانين
$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{NH}_2)=\text{C}-\text{NH}(\text{CH}_2)_3-$	الارجينين	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH-	الغالين
CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH(CH <sub>3</sub> )-	الإيزولوسين	H <sub>2</sub> N-(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> -	الليزين
$\text{H}_2\text{C}-\text{CH}_2$ $\text{H}_2\text{C}=\text{N}-\text{CH}-\text{COOH}$ $\text{H}$	البيرولين	HOOC-CH <sub>2</sub> -	الاسبارتيك
		CH <sub>3</sub> -CH(OH)-	التيرونين
			H-
			الغليسين
			السيرين
			فينيل الآلانين
			اللويسين
			الهيستيدين

ونلاحظ من هذا الجدول اختلاف الحرير عن الصوف بعدم احتوائه على السيستين وبالتالي عدم احتوائه روابط ثنائية الكبريت، ومن الجدير ذكره هنا أن النسبة الأكبر للحموض هي الحموض الأمينية البسيطة: الغليسين، الآلانين والسيرين.

#### التفاعلات الكيماوية للحرير الطبيعي:

مع الحموض والأسس: تؤدي معالجة الحرير الطبيعي بالحموض أو الأسس لحلمة الروابط الببتيدية، وتتعلق درجة الحلمة بدرجة حموضة الوسط، وتكون بأقل معدلاتها عند pH: 4-8، وقد تؤثر الحموض أكثر بكثير من الأسس، إذ ينحل الفيبروين بحمض كلور الماء المركز، ويتفكك بحمض الكبريت المركز أو بحمض الأزوت، وينحل الحرير المنزوع السيرسين بحمض كلور الماء المركز، وأما الحموض العضوية فينحل في المركز منها ويتأثر بشكل ضعيف في الممدد، وكذلك الحال بالنسبة للأسس. ويؤدي تعرض الفيبروين لبخار الماء عند الدرجة ١٠٠ م لتفككه وحلمته.

الأكسدة: تهاجم المؤكسدات الفيبروين في مواضع ثلاث: طرف السلسلة الجانبي، نهاية الزمر والروابط الببتيدية، فالفيبروين شديد الحساسية تجاه المؤكسدات، إذ يتضرر بالماء الأكسجيني وفوق المنغنات وفوق حمض الخل بتراكيزه العالية، ويصفر بتعرضه الطويل لأكسجين الهواء وضوء الشمس.

ويؤثر الكلور على الحرير أكثر من تحت الكلوريت ويتم معظم التفاعل مع التيروزين، بينما يؤكسد البروم واليود الفيبروين ما يؤدي لتفككه.

تفاعلات متفرقة: يمكن لبلا ماء حمض الخل أستلة زمر الهيدروكسيل والكاربوكسيل، وتحل بعض أملاح المعادن القلوية والقلوية الترابية الفيبروين، ومنها مثلاً سلفوسيانيد الصوديوم أو الكالسيوم، كلور التوتياء، كلور الكالسيوم... وللحرير الطبيعي شراهية عالية لامتناسص أملاح المعادن الثقيلة، فهو يتشرب من محلول القصدير الرباعي ما يقارب ١٠٠ % من وزنه ثنائي أكسيد القصدير، وتستخدم هذه الخاصة لتثقيف ألياف الحرير الطبيعي.

تشكيل الروابط المعترضة: يمكننا رفع مقاومة الحرير الطبيعي تجاه حمض كلور الماء بمفاعلة الفيبروين مع ١- فلور-٤،٢- ثنائي نثرو البنزن FDNB ومع ١،٣- ثنائي فلور-٤،٦- ثنائي نثرو البنزن حيث يتم معظم التفاعل مع الزمرة الهيدروكسيلية للتيروزين، ومع الزمرة الأمينية للليزين.

### أنغورا Angora

ألياف صوفية من وبر الأرانب البيضاء، ويمكن أن يكون لون فراءها رمادياً فاتحاً، أو أحمر قرميدي، وسمي بهذا الاسم نسبة للاسم القديم لمدينة أنقرة التركية.

يعطي الأرنب في وقت تبديل الوبر أكثر من كيلو غرام سنوياً، ويتم ترجيل الشعر بمشط ليكون أملس وناعم، ولامع، وبالتالي عالي الجودة، أما إذا ما تم حلقه فيستخدم الوبر فيما بعد لصنع الصوف.

### حرير العنكبوت Spider silk

ألياف متينة يغزلها العنكبوت، وتقاوم مقاومة الشد لحرير العنكبوت بتلك للفولاذ عالي المتانة، إذ أن كبل من حرير العنكبوت يتمتع بمقاومة شد أعلى ١٢٥ % من كبل الفولاذ، ولكنه دونه كثافة، ونسبة مقاومة الشد إلى الكثافة أكبر بخمس أضعاف منها للفولاذ ما يعني أن حرير العنكبوت أقوى بخمس أضعاف نفس الوزن من الفولاذ، فهو بقوة ألياف الأراميد، ويلف سلك منه بوزن ٤٥٠ غ الكرة الأرضية.

### الألياف الطبيعية من مصدر معدني

### الأسبستوس Asbestos

ألياف لاعضوية تحتوي على العديد من مركبات السيليكات المعدنية، وتختلف عن بعضها في تركيبها الكيميائي والخواص الطبيعية لاختلاف كميات المغنيزيوم والحديد والصوديوم والأوكسجين والهيدروجين فيها. يعود المصدر الأساسي للاسم أسبستوس للغة اليونانية الأسبستوس، وتعني عدم قابليته للاحتراق والانحلال، واستطاع الإيطاليون منتصف القرن التاسع عشر، إيجاد طرق لغزل ألياف الأسبستوس ونسجها، وللحصول على مواد قابلة للاستخدام في مجالات متنوعة.



ويستخدم الأسبستوس في مجال البناء والعزل الداخلي والخارجي ومجاري الصرف المياه والأدخنة والتهوية، كما تدخل ألياف الأسبستوس في صناعة أغلفة الأبواب المقاومة للحريق والخزائن الفولاذية، وصناعة الملابس الواقية من الحريق وكوابح السيارات وبعض أجزاء السيارات وكمادة عازلة للكابلات والأسلاك واللوحات الكهربائية.

### الخيوط الصناعية المجددة Natural polymer fibers

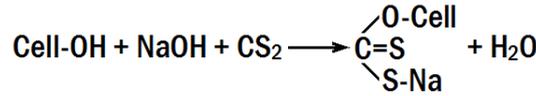
### الألياف السيليلوزية الأصل

### الفيسكوز Viscose Rayon

يتم اصطناع خيوط الفيسكوز حرير الرايون Rayon من زغب وفضلات السيليلوز كمادة خام أساسية يمكننا استرتهها باكسانتات الصوديوم لنحصل على اكسانتات السيليلوز التي يمكننا حلها بوسط قلوي بهدف ضغطها عبر ثقب مغزل لتتخثر في حوض غزل حمضي، ونظراً لكثرة وتعقيد هذه المراحل فإننا سنلق بنظرة سريعة على المراحل الأساسية فقط.

اصطناع خيوط الفيسكوز: يُنقع السيليلوز بعشرة أضعاف وزنه بمحلول ١٧-١٨% ماءات الصوديوم عند الدرجة ١٧-٢٠ م لنحصل على السيليلوز القلوي الذي يعصر لطرح الفائض من محلول الماءات، وتختلف شروط هذه العملية باختلاف المصدر السيليلوزي فيما بين القطن أو خشب الصنوبر مثلاً أم الزان أو التين والشجيرات. وتتعلق درجة لزوجة محلول السيليلوز القلوي بدرجة بلمرة السيليلوز، إذ يعطي السيليلوز القلوي بعد تحويله لأكسانتات " أو سنتوجينات " السيليلوز محلولاً عالي اللزوجة، لذا يترك السيليلوز القلوي معرضاً لأكسجين الهواء مدة ٤٨ ساعة تقريباً وبدرجة حرارة ٢٥-٣٠ م لتمهيد النضج وخفض درجة البلمرة، وتتم هذه العملية أو المرحلة بالاستعانة بمقياس اللزوجة.

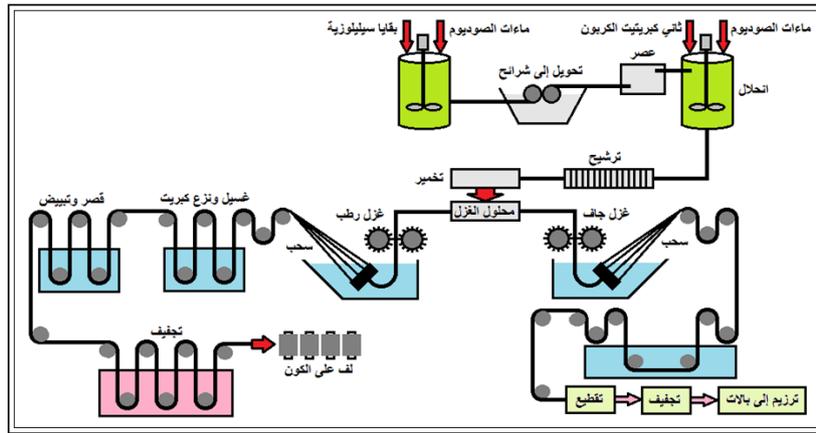
يتفاعل السيليلوز مع ثاني كبريت الكربون وبوجود ماءات الصوديوم وفق التفاعل:



ويتم هذا التفاعل في المناطق البلورية للسيليلوز وبصورة بطيئة، ومع ذلك تتحكم قوانين لوشاتوليه بجهة وسرعة وتوازن هذا التفاعل، ومن الضروري أن ننوه هنا لوجوب تقديم السيليلوز مطحوناً بشكلٍ ناعم لزيادة السطح النوعي وبالتالي رفع المردود، كما يمكننا رفع المردود بإضافة أساس عضوي بدلاً عن ماءات الصوديوم كونه يلعب دور المذيب كرباعي إيثيل هيدروكسيد الأمونيوم لإذابته السيليلوز البلوري بصورة جزئية، ويتم التفاعل عملياً عند الدرجة ٢٠-٢٥ م ولمدة ١٠٠ دقيقة وبتركيز لماءات الصوديوم ٤ % بوجود كبريت الكربون، ولا ارتفاع درجة لزوجة هذا المحلول يسمى فيسكوزاً، ولا يمكننا غزله بهذه الحال إلا أن نتركه فترة زمنية ينضج بعدها ويصبح قابلاً للغزل.

نصل أخيراً لمرحلة النضوج، إذ يتم في هذه المرحلة انفصال ثنائي كبريت الكربون عن الاكسائنات، وتكون هذه المرحلة في أبطأ حالاتها عند تركيز ٨-١٠ % ماءات الصوديوم، وتجري عادةً عند الدرجة ١٥-٢٠ م، ولا تتعلق لزوجة الفيسكوز فقط بزمان النضوج بل بكل من تراكيز: السيليلوز، كبريت الكربون، ماءات الصوديوم، درجة الحرارة... ويمكننا وفي هذه المرحلة إضافة أوساط مطفئة أو ملونات وتفريغ فقاعات الهواء المنحلة منعاً لتقطع الخيوط بمرحلة الغزل اللاحقة.

وأخيراً يُضغَط الفيسكوز لغزله من خلال دوش المغزل فيخرج من ثقبه على شكل خيوط تمر مباشرة إلى حوض يحوي حمض الكبريت، وقد تضاف بعض الكيماويات التي ترفع من سوية العملية، كأن يُضاف بعض من كبريتات الصوديوم وكبريتات التوتياء لتبطيء عملية التخثر وبالتالي الإبقاء على الخيوط بحالة لدنة لفترة أطول ما يعطينا خيوطاً ذات قوة شد أكبر وقابلية استطالة أقل. وتلجأ بعض الشركات الصانعة لاستخدام حوضي غزل: الأول أكثر اعتدالاً ويحوي حمض الفوسفور مع كبريتات الصوديوم، والثاني يحوي كبريتات التوتياء ١-٢ % وكبريتات الصوديوم ٢٠ % وحمض الكبريت ١٠ %.

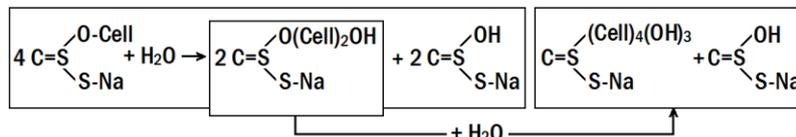


وحدة صنع الفيسكوز

الخواص الفيزيائية لخيوط الفيسكوز: تصنع خيوط الفيسكوز على شكل خيوط طويلة، أو على شكل خامة ليفية شفافة، نصف شفافة أو كثيمة، وتكون قوة شدها بالأحوال العادية ٩١،٠ كيلو غرام/ دنيبير وقابلية استطالتها ٢٠-٢٥ %، أما مقطعها العرضي فيكون دائرياً أو نجمياً بحسب شكل ثقب دوش المغزل وحوض التخثر.

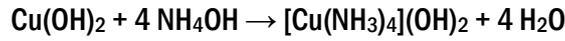
الخواص الكيماوية لخيوط الفيسكوز: تتأثر خيوط الفيسكوز بالحموض المعدنية الممددة كما تتأثر الألياف السيليلوزية، إذ تتفكك بالحموض المعدنية الممددة الساخنة أو المركزة الباردة، في حين أنها تقاوم المحاليل القلوية الممددة، بينما تنتفخ وتفقد قوة شدها بالمحاليل القلوية القوية أي أنها أقل مقاومة هنا من القطن، وكذلك حالها مع المؤكسدات حيث نجدها أضعف من القطن أيضاً.

تمتلك خيوط الفيسكوز خاصة عزل كهربائي وحراري ضعيفة وناقلية كهربائية جيدة بسبب امتصاصها الشديد للرطوبة، ومهما يكن من أمر فإن الخواص النهائية تتبع درجة البلمرة التي تؤمنها شروط مختلف المراحل السابقة لأن آلية مراحل الصناعة تلخصها جملة التفاعلات التي تمتد لدرجات لا يمكننا ضبطها لكافة نقاط مفاعل الاصطناع بصورة متساوية:



## حرير النحاس النشادري *Cuprammonium fibers*

طبق اكتشاف شويتزر عام ١٨٥٧م حول انحلال السيليلوز في محلول ماءات النحاس النشادري عام ١٩٠٠م لاصطناع خيوط حرير النحاس النشادري، ويُحضر سائل شويتزر بتفاعل ماءات النحاس مع ماءات الأمونيوم لتشكل معقداً منحللاً:



**تحضير خلات السيليلوز:** تطبق عملية الانحلال السيليلوزي بطريقتين:

الطريقة الأولى: ويتم هنا تحضير المحلول أولاً ومن ثم يضاف إليه السيليلوز ويترك فيه لتمام الانحلال ليكون جاهزاً لعملية الغزل، وتطبق هذه الطريقة على الشكل:

يحضر محلول كبريتات النحاس ويضاف إليه ماءات الصوديوم أو ماءات النشادر فتترسب كبريتات النحاس الأساسية على شكل مسحوق أخضر قد يكون:



تغسل الكبريتات جيداً لترسب بعدها ماءات النحاس بإضافة ماءات الأمونيوم ولتذاب بغسلها بالنشادر، أو نذيب كبريتات النحاس النشادري مباشرة بمحلول ٢٨% ماءات النشادر الذي يضاف إليه السيليلوز أنثد ليمدد بعدها المحلول بحيث تصبح نسبة السيليلوز ١٠%، ثم يشفط الهواء من المحلول ليصير جاهزاً لعملية الغزل.

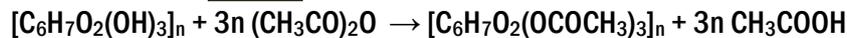
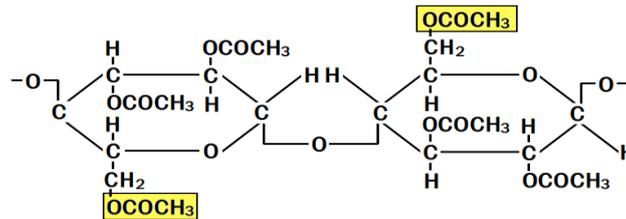
الطريقة الثانية: وتدعى طريقة بمبرغ *Bemberg*، ويمكننا تلخيصها بإضافة السيليلوز لمحلول كبريتات النحاس لنتبعها بإضافة ماءات الصوديوم فتترسب كبريتات النحاس الأساسية، تشفط الرشاحة ويضاف لها ماءات النشادر حتى تمام الانحلال مع التبريد لكون التفاعل ناشر للحرارة، ويتم إجراء العملية بأخذ الحيط من دخول أقل كمية من الهواء تداركاً لأي عملية أكسدة تضر بالعملية أولاً وإضافة بعض الغلوكوز كمانع أكسدة ثانياً. يُمدد المحلول قبل غزله بحيث يصبح تركيبه كما في الجدول التالي:

تركيب محلول غزل حرير النحاس النشادري			
المادة	سيليلوز	نشادر	نحاس
النسبة المئوية	٧-٨%	٨%	٣-٣,٥%

ثم نبدأ عملية الغزل على حوض قد يحوي حمضاً أو أساساً أو ملحاً، وبما أن الماء يسبب تخثر السيليلوز بصورة بطيئة جداً فإنه يمكننا سحب السيليلوز لأضعاف مضاعفة بالطول حتى لو كان المغزل ذو دوش خشن، إذ يسحب السيليلوز أنثد على مرحلتين: أولهما بالماء عند درجة حرارة ٣٥م، وثانيهما بالماء أيضاً حتى الثمانين ضعفاً، وأخيراً نمرر الخيوط لحوض يحوي حمض الكبريت لتخليصها من النحاس وتتبعها بعمليات غسل وتجفيف جيدة.

## إسترات السيليلوز: الأسيتات وثلاثي الأسيتات *Acetate & Triacetate fibers*

كان شوتزير أول من حضر خلات السيليلوز عام ١٨٦٩، وفي عام ١٩٠٣ اكتشفت الحلمة الجزئية لثلاثي خلات السيليلوز في الأسيتون، وابتدأ إنتاج خيوط حرير الأسيتات عام ١٩٢١م. تتباين خواص هذه الخيوط تبعاً لنسبة زمر الخلات "الأسيتيل" في سلسلة السيليلوز، إذ أنه وفي حين ينحل ثلاثي الخلات في الكلوروفورم لا تنحل خيوط ٢,٥ خلات، وتكون جميع زمر الهيدروكسيل في ثلاثي الخلات مؤسرة على الشكل:



**تقنية تحضير خيوط الخلات:** تصنع خيوط الخلات من الأنواع الجيدة للسيليلوز كزغب القطن أو سيليلوز الأخشاب المعالجة أو من مزيج لهما، إذ يُغلى المصدر السيليلوزي غلياً قليلاً تحت الضغط ثم يقصر بتحت الكلوريت ليعالج بحمض الخل لتسهيل الأستلة.

تتم عملية الأستلة بمزيج من ٥-٧ أجزاء حمض خل مع ٣ أجزاء بلا ماء حمض الخل مع ١% حمض الكبريت كوسيط وضبط درجة حرارة التفاعل الناشر للحرارة عند درجة ٢٠ م كحد أعلى عند بدء التفاعل أي خلال الساعة الأولى، ومن ثم متابعة التفاعل عند الدرجة ٢٣-٣٠ م لمدة ٧-٨ ساعات وبحيث تتم مراقبة تفاعل الأستلة على أساس قابلية المنتج للانحلال بالمذيبات حتى التأكد من الأسترة لدرجة ثلاثي الأسيئات والتي يتراوح وزنها الجزيئي بين ١٠٠,٠٠٠-١٢٠,٠٠٠، وكثافتها ١,٢٨ غ/سم<sup>٣</sup>.

يمدد محلول التفاعل حتى يصبح تركيز حمض الخل ٩٥% ويترك مدة ٢٠ ساعة عند الدرجة ٤٠ م لتتخلطه ثلاثي الأسيئات حلمهة جزئية لتعطينا (٤,٢ - ٦,٢ = ٥,٢) أسيئات والتي يتراوح وزنها الجزيئي بين ٩٥,٠٠٠-١١٠,٠٠٠ وكثافتها ١,٣٣ غ/سم<sup>٣</sup>.

تفصل الأسيئات الناتجة بالتثقيل ومن ثم تجفف بدرجات حرارة منخفضة وتحل بمذيب الأسييتون أو مزيج الأسييتون مع الغول ليضغط المحلول من خلال دوش المغزل فتخرج الخيوط لتتلاقى تياراً حاراً من الهواء الذي يبخر المحل للاستعادة، وتلف مباشرة على بكرات وبسرعة سحب تصل حتى ٢٢٠-٤٠٠ متر/دقيقة.

خواص خيوط الأسيئات: لخيوط الأسيئات قوة شد منخفضة نسبياً في الحالة الجافة، إذ تبلغ ١,٤ باوند / دنير، والاستطالة ٢٠-٣٠% وتزيد عنها في حالة البلل بمقدار ٥-١٠%، ويختفي لمعان خيوط ٢,٥ أسيئات على البلل بالماء الحار، ولا يلبث أن يعود عند الجفاف وهذا من أهم المظاهر التي تميزه عن ثلاثي الأسيئات الذي يحتفظ بلمعانه على البلل، أما امتصاص الرطوبة فيبلغ لـ ٢,٥ أسيئات مقدار ٦-٦,٥% ولثلاثي الأسيئات ٤,٥% وتنخفض بالمعالجة الحرارية حتى ٢,٥%.

تمتاز خيوط الأسيئات بمرونة جيدة جداً وبلمس طري ناعم، ويؤدي ضعف امتصاصها للرطوبة وعزلها الكهربائي العالي لتشكيل كهرباء ساكنة بسهولة معها.

تنصهر خيوط ٢,٥ أسيئات عند درجة حرارة ٢٣٠-٢٣٥ م أما خيوط ثلاثي الأسيئات فعند ٢٩٠-٣٠٠ م. تتحلل خيوط الأسيئات بعدد من المحلات العضوية والحموض العضوية كحمض النمل، أما القلوبات القوية فإنها تتسبب بحلمتها.

تستخدم ثلاثي الأسيئات لصناعة الخيوط الصناعية، أما ٢,٥ أسيئات فتستخدم لصناعة الخيوط الصناعية أيضاً إضافة لبعض الصناعات البلاستيكية والأفلام السينمائية غير القابلة للاحتراق.

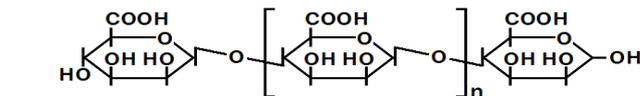
### الألياف البروتينية الأصل Protein fibers

#### ألياف الكازين Casein fibers

لها مظهر الحرير وليس لها رائحة ويمكننا غسلها بأي نسيج آخر، إذ يتم استخراج مادة الكازين من مسحوق الحليب المجفف ثم تسخن ويضاف إليها مكونات طبيعية أخرى فتصبح أليافاً يمكن أن تدخل في ألياف الغزل.

#### الألجينات Alginate fibers

تحضر هذه الخيوط من حمض الألجينيك الذي يستخرج من الاشنيات البحرية التي تحويه بنسب تتراوح بين ١٥-٤٥ %، إذ يتم تحضير هذا الحمض بالاستخلاص ب كربونات الصوديوم خلال ٢٤ ساعة، ومن ثم ترسيب الحمض بإضافة حمض كلور الماء أو كلور الكالسيوم.



حمض الألجينيك : حمض - ١ - ٤ - متعدد المانورونيك

إنتاج خيوط الألجينات: يتم أولاً حل حمض الألجينيك بمحلول كربونات الصوديوم لتبدأ عملية الغزل بحوض حمضي بوجود حمض الكبريت المشبع بكبريتات الصوديوم و ٢,٥% زيت زيتون مع عامل استحلاب.

تتحلل خيوط الألجينات بالمحاليل الضعيفة القلوية ذوات الشوارد الأحادية خاصة كالحوض الحاوي على ٠,٢ صابون و ٠,٢ كربونات الصوديوم، أما أملاحه للشوارد الثنائية أو الثلاثية التكافؤ فأقل انحلالاً بكثير أو عديمة الانحلال،

وتكون ألياف الكروم والحديد ملونة، وألياف الباريوم سامة، وتعتبر ألياف البيريليوم والكالسيوم معاً الأكثر ملائمة، كما تبين أن أسترة الزمر الكربوكسيلية في الحمض تؤدي لتراجع الانحلال أيضاً.  
تأخذ خيوط الألياف أهميتها من استخداماتها كألياف تحميلية تأخذ مكانها في عمليات الحياكة بالحالة الجافة ليصار إلى إذابتها فيما بعد لنحصل على نقوش لا يمكننا الحصول عليها لولا هذا الأسلوب.  
خواص خيوط الألياف: تكون هذه الألياف عادة إما بيضاء اللون أو ملونة بحسب الشارجيات المستخدمة في تحضيرها، ويكون مقطعها العرضي غير منتظم، وتتمتع عادة بوزن نوعي كبير يتراوح بين ١,٧٣-١,٧٨.

## الخيوط التركيبية Synthetic fibers

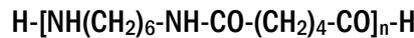
### بولي الأמיד Polyamide fibere

تندرج تحت عنوان خيوط البولي أميد عدة أنواع نجد منها:

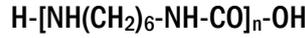
بولي الأמיד ٦: ويحضر من بلمرة الكابرولاكتام بوجود الماء كمنشط:



بولي الأמיד ٦-٦: ويحضر بالتفاعل المتعدد لملاح سداسي ميثيلين مع حمض الأديبيك:

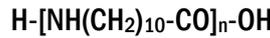


بولي الأמיד ٧: ويحضر بالتكاثف المتعدد لحمض ابسينول - أمينو الاينانتيك:



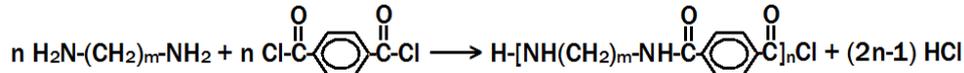
وتبلغ درجة حرارة انصهار هذا النوع ٢٢٥ °م، ويتفوق على البولي أميد ٦ و ٦٦ بمقاومته للضوء والحرارة وبعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية الأخرى.

بولي الأמיד ١١: ويحضر بالتكاثف المتعدد لحمض أوميغا - الأونديكانيك :



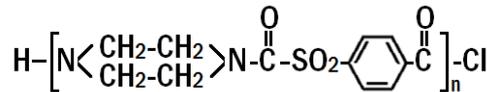
وتبلغ درجة حرارة انصهار هذا البولي مير ١٨٩ °م، ويمتاز عن بولي الأמיד ٦ أو ٦٦ بعدم ذوبانه بمزيج حمضي الأزوت والكبريت ٥٠% ومحلول حمض كلور الماء ٣٠% أو حمض النمل برغم مقاومته العالية للقلويات.

بولي أميد ترفتالات: ويحضر بطريقة التكاثف المتعدد بين الأطوار للأمينات الثنائية الأليفاتية مع ثنائي كلور بلا ماء حمض التيرفتاليك:

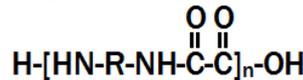


وتبلغ درجة حرارة انصهار هذا البولي مير ٤٣٦ °م، ويذوب بحمض الكبريت وثلاثي فلور حمض الخل، ويمكننا الحصول على خيوطه من محاليل بولي أميد تيرفتالات في ثلاثي فلور حمض الخل.

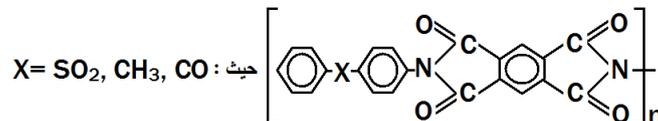
بولي-٤-٤'- سولفونيل البنزيميدات: ويتم تحضيرها بطريقة التكاثف المتعدد بين الأطوار التي تتم بين ثنائي كلور بلا ماء ٤-٤' - سولفونيل حمض البنزونيك وأمين ثنائي أليفاتي أو البيبيرازين:



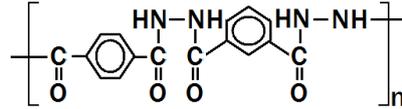
بولي أميدوكسالات العطرية: تنصهر بدرجات حرارة فوق ٤٠٠ °م، وتذوب في كلور حمض الخل أو ميثيل البيريليدون، ويمكن الحصول على الخيوط من محاليل البولييميرات في هذه المذيبات.



بولي بيرو الميليتيميدات: تتمتع هذه المتماثرات بخواص ميكانيكية جيدة، وعازلة كهربائياً بشكل جيد، إضافة لتمتعها بمقاومة عالية للأكسدة والإشعاع وتأثير المذيبات، ولا تتغير عند درجة حرارة ٣٠٠ °م مدة عام كامل، وتتمتع أيضاً بثبات كامل وعالي أثناء التسخين في الهواء حتى ٤٢٠ °م وفي جو مفرغ ٦٠٠ °م.



بولي الهيدرازيدات: ويتم تحضيرها بالتكاثف المتعدد لثنائي كلور بلا ماء الحموض العطرية ثنائية الوظيفة الحمضية مع الهيدرازين أو الهيدرازيدات الثنائية العطرية في محلول سداسي ميثيل فوسفور الأميد في الدرجة صفر مئوية.

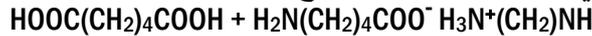


تنصهر هذه المتماثرات عند درجة حرارة أعلى من ٤٠٠°م، وتكون ملونة عادة، ويمكننا أن نشكل منها أغشية علاوة عن الخيوط من محاليلها، وتذوب في ثنائي ميثيل سولفوكسيد.

الخواص العامة للبولي أميدات: يتراوح الوزن الجزيئي لبولي الأميدات بين ١١,٠٠٠ حتى ٢٢,٠٠٠، تذوب في الفينول وحموض: النمل، الكبريت، كلور الماء المركزين، وتتميز بولي الأميدات المختلطة الناتجة عن طريقة التكاثف المشترك لحموض أمينية مختلفة أو لمزيج من الحموض وثنائي الأمينات بقابليتها للذوبان في الغول والمذيبات المعروفة بسبب عدم انتظام جزيئاتها الضخمة، ويُعد البولي أميد ٦ و ٦٦ أهم عناصر هذه المجموعة وأوسعها انتشاراً لذا فإننا سنعرض لهما فقط.

البولي أميد ٦٦: يشير نظام التسمية الرقمية عادةً لأحاديات الحد " المونوميرات " التي صُنعت منها هذا المتماثر، وهكذا فإن البولي أميد ٦٦ صُنعت من أحادي حد يحوي كلٍ منهما ستة ذرات كربون، أي سداسي ميثيلين ثنائي الأمين وحمض الأديبيك.

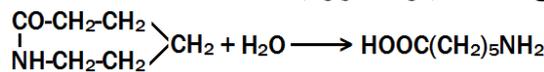
حُضر النايلون ٦٦ لأول مرة من قبل كارتر في شركة دي بونت الأمريكية أوائل الثلاثينات مسجلاً بداية صناعة الخيوط التركيبية، وتتم صناعة هذا المتماثر بتحضير ملح أدبيات سداسي ميثيلين ثنائي الأمين بمزج حمض الأديبيك مع سداسي ميثيلين ثنائي الأمين في الميثانول ليترسب الملح ويُقى بإعادة البلورة:



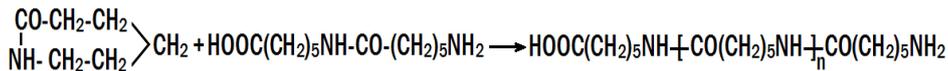
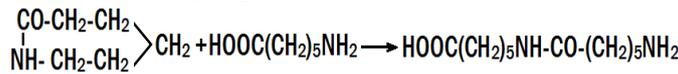
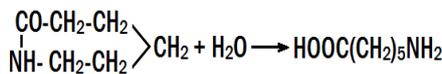
ويذاب هذا الملح في الماء ويسخن في محم مغلقة Autoclave لدرجة حرارة ٢٦٠-٢٧٠°م ما يسبب ارتفاع الضغط لتشكل بخار الماء، لذا نبدأ بسحب بعض البخار للمحافظة على ضغطٍ بحدود ١٠-٢٠ جو، ويمكننا التحكم بالوزن الجزيئي في المجال ١٢,٠٠٠-٢٠,٠٠٠ بإضافة ٠,٦-١,٢% حمض خل، لأن أجود الخيوط هي الواقعة في هذا المجال، لكن مشكلتها أنها تكون منخفضة اللزوجة ما يُصعب من عملية غزلها، وتسحب صهارة بولي الأميد عند الوصول لدرجة التماثر المطلوبة على شكل شريط يعرض لتيار هواء بارد ليتجمد ويُقطع لقطع تماثرية صغيرة.

البولي أميد ٦: يصنع النايلون ٦ من ε - الكابرولاكتام عبر تماثر يشتمل على تفاعلات سلسلية ومرحلية معاً، إذ يتم أولاً صهر الكبرولاكتام بإضافة ٥-١٠% ماء مقطر لمفاعل التماثر مع بعض من حمض الخل كمثبت بلمرة، ثم ندفع باللاكتام للمحم بتيارٍ من غاز الأزوت لمنع الأكسدة بالأكسجين و نرفع الحرارة حتى ٢٠٠-٢٢٠°م ومن ثم لدرجة ٢٥٠-٢٧٠°م وتحت ضغط ١١-١٣ جو ليخفف الضغط لمدة ٢-٣ ساعات إلى القيمة ١-١,٥ جو ويترك اللاكتام لإتمام عملية التماثر التي تتم على الشكل:

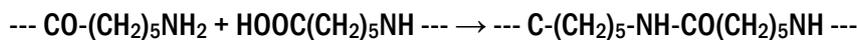
يتحلّمه أولاً بعض الكبرولاكتام إلى (١) - أمينو الكبرونيك.



وبعد ذلك تبدأ سلسلة من تفاعلات الانتشار يفتح فيها خاتم اللاكتام بهجوم تقوم به زمرة الأمينو في الحمض الأميني أولاً، ومن ثم في التماثر :



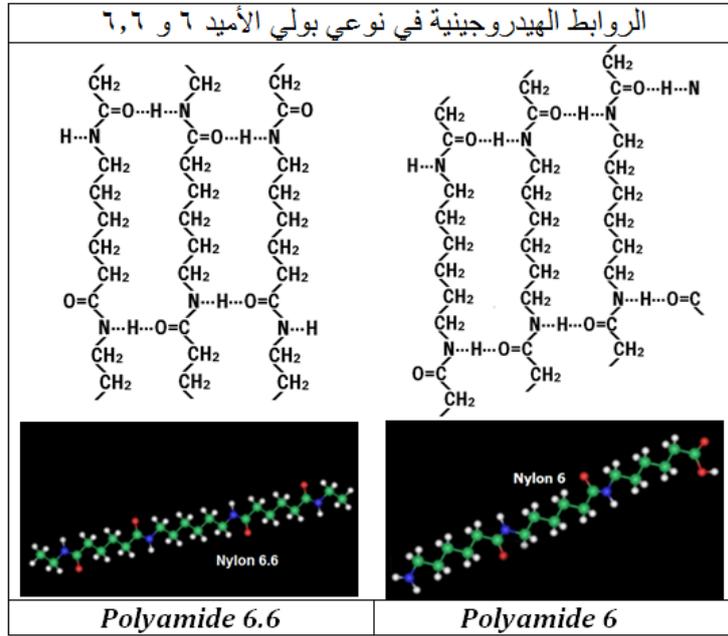
وتشارك الجزيئات الناتجة بالتشكل المرحلي للارتباطات الأميدية عبر التفاعل ما بين زمرة الأمينو وزمر الكربوكسيل:



يعتقد أن تفاعل الفتح المتسلسل والذي يعتبر مرحلة التماثر الأولى يعطي سلاسل ذات وزن جزيئي ما بين ٨,٠٠٠-١٤,٠٠٠ لا تلبث أن تدخل تفاعلات مرحلية لتعطي أوزاناً جزيئية أعلى، ويتوازن التماثر عادةً مع ١٠% من أحادي الحد والمتماثر المنخفض الوزن الجزيئي دون أن يكون لنا أي طريقة لإزاحة التوازن، لذا فإنه من المهم إزاحتها قبل إجراء عملية غزل الخيوط باستخلاصها بالماء مثلاً.

وظهرت حالياً مفاعلات مستمرة ذوات اسطوانات عمودية مُسخنة تعمل على الضغط الجوي العادي ولا تحتاج للماء كمنشط لعملية التماثر، يُضاف لها اللاكتام من الأعلى لينساب مصهور البولي أميد من أسفلها. وتتم عملية غزل البولي أميد من المحلول أو من الصهارة وإن كانت العادة أن تتم من الصهارة، وتلعب مجموعة من العوامل دورها في نجاح عملية الغزل مثل: درجة الحرارة، موقد الصهر، حجرة الغزل، سرعة الغزل، لزوجة الصهارة، ونمرة الخيوط.

الخواص العامة لخيوط البولي أميد ٦ و ٦٦: نرى في الجدول ٢٢ أهم خواص خيوط البولي أميد ٦ و ٦٦، ونرى في الشكل التالي طبيعة الارتباط الهيدروجيني في المناطق البلورية للبولي أميد ٦ و ٦٦:



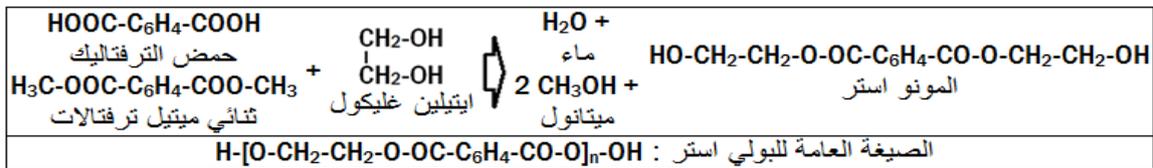
### البولي استر Polyester fibers

يعد هذا النوع من الخيوط التركيبية الأهم في عالم الصناعات النسيجية، ويتم تسويقه بأسماء تجارية مختلفة منها التيريلين والداكرون... وأول من حضره صناعياً كانت شركة كاليكوبرنيترس الانكليزية.

اصطناع البولي استر: يتم اصطناع البولي استر عبر ثلاث مراحل:

مرحلة الاسترة: ويتم فيها التفاعل بين حمض الترفتاليك أو ثنائي ميتيل ترفتالات مع كمية زائدة من الإيتيلين غليكول عند حرارة ١٥٠-١٩٠ م وبوجود وسيط ممزوج من خلاص التوتياء وثلاثي أكسيد الانتموان، ويستحسن الأخذ باستر ثنائي ميتيل ترفتالات لسهولة تنقيتها بالتقطير على العكس من حمض الترفتاليك غير المتطاير وذي قابلية الانحلال المنخفضة في معظم المحلات.

مرحلة التماثر: ويتم فيها تفاعل تبادل استيري ينحذف فيه جزيء الإيتيلين غليكول ويجري عند حرارة ٢٦٠ م لتبدأ عملية التماثر " البلمرة " وصولاً لسلاسل ذات وزن جزيئي ما بين ٨,٠٠٠-١٢,٠٠٠، وبحيث يمكننا وضع مخطط اصطناع البولي استر على الشكل التالي:



ويستلزم استمرار التفاعل إزاحة الإيتيلين غليكول باستمرار أو إنجاز التفاعل تحت الفراغ أو بإمرار غاز خامل كي يتسنى لنا السيطرة على التفاعل والوصول للوزن الجزيئي المطلوب.

ويُضاف عادةً بعض من حمض الخل للمزيج المتفاعل ليحد من نمو السلاسل فوق الوزن الجزيئي المطلوب بتفقيعه لنهايات السلاسل البوليميرية لمنع تشكل المنتجات عالية الوزن الجزيئي واللزوجة وبالتالي درجة الانصهار والتي يمكنها عرقلة عمليات الغزل اللاحقة.

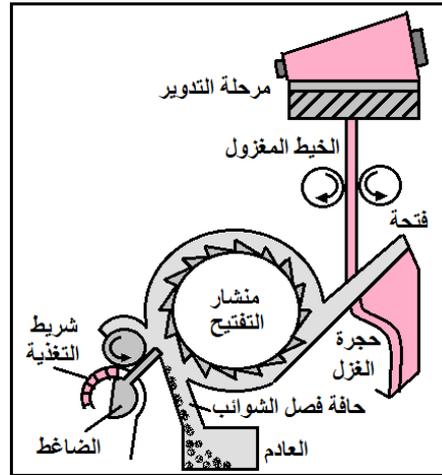
ونقول عن السلسلة عندما لا تتجاوز  $n$  القيمة ٧ بأنها غير مكتملة النمو أو أوليغومير Oligomers والذي تصل نسبته حتى ١,٥%، وقد يتحلق التفاعل عند مرحلته الثالثة لتفاعل البلمرة معطياً التريمر الحلقي الذي تصل نسبته حتى ١,٥% كما في الشكل التالي:

	مكونات شعيرات البولي استر
	$H-[O-CO-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O]_n = 60-90 \text{ OH}$ سلسلة بولي استر نظامية $n = 60-90, M = 8.000 - 12.000$
	$H-[O-CO-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O]_n = 1-7 \text{ OH}$ سلسلة بولي استر غير مكتملة النمو " أوليغومير " $n = 1-7, M = 202-1414$
تعتبر كلارينت أنه وحتى الوزن الجزيئي ٥,٠٠٠ فإن السلسلة تكون غير مكتملة النمو حيث تكون $n = 25$	

وتتداخل التريمرات مع الأوليغوميرات ما يجعلهما يتسببان بنفس القدر من المشاكل أثناء العملية الصباغية، إذ يتحرك كل منهما بتأثير الحرارة من المناطق اللابلورية لسلاسل البولي استر باتجاه الحوض الصباغي حتى الوصول لدرجة الإشباع فيبدأ بعدها بالتبلور والترسب غير المنتظم على جدران الآلات والبضائع على شكل غبار عديم اللون بذاته ولكن امتصاصه لبقايا الأصبغة والمكونات الملونة يظهره ملوناً.

**مرحلة الغزل:** يتم غزل البولي استر بطريقة الغزل الانصهاري التي تقوم على صهر الخام دون إذابته في مركب ما لتسهيل من الثقوب على شكل سائل لزج، يتعرض لتيار هوائي بارد، فتتجمد الخيوط ثم تُسحب وتُلف على بكرات، فيتم فيها صهر البوليستير في فرن خاص بحيث لا تتجاوز الرطوبة ٠,٠١% منعاً لتعرض السلاسل للفصم بسبب الحلمة وبالتالي انخفاض الوزن الجزيئي.

تبلغ أقطار ثقوب المغزل ٠,٢-٠,٤ ملم، ويتم السحب بسرعة ٤٠٠-٩٠٠ متر/دقيقة، ويمكننا إجراء السحب على البارد أو الساخن، ولكن السحب عند حرارة ١٠٠م يعطينا خيوطاً ذات خواص فيزيائية أفضل، ويصل السحب حتى ٥٠٠% من الطول الأصلي بفعل التسخين الموضعي لدرجات حرارة أعلى من ٢٨٠م بسبب حرارة الاحتكاك، وننهي عملية السحب بالثبيث على البخار الساخن منعاً لحدوث أي التواء ما بين الجزيئات.



غزل البولي استر بطريقة الغزل الانصهاري

- وبنتيجة المراحل الثلاث السالفة الذكر يمكننا التمييز بين خيوط البولي استر بعضها عن بعض في خواصها الفيزيائية والصباغية عبر التباين بين الشركات الصانعة في:
- ١- درجة حرارة وزمن كل مرحلة من المراحل السابقة الذكر.
- ٢- درجات نقاوة اللقيم الأساسي: الإيتيلين غليكول، حمض الترفتاليك أو ثنائي ميثيل الترفتالات.
- ٣- أسلوب سحب الإيتيلين غليكول أو نوعية الغاز الخامل الداخل لمفاعل البلمرة ومعدلات ضخه.
- ٤- نسبة حمض الخل المضافة.
- ٥- حال الوسيط: نسبة خلاص التوتياء لثلاثي أكسيد الانتومان، عمر الوسيط ودرجة نقاوته ونعومته وهيئة توضعه داخل المفاعل.
- ٦- معدلات السحب وزمن البقاء في مرحلة الثبيث.
- ٧- سائل الإنهاء المضاف للخيوط لحماية وتغطية الخيوط كثيرة الشعيرات والذي يتكون من مزيج لزيت خاص مع ماء نقي عبر جهاز البخ المتوضع بعد غرفة تبريد الخيط مباشرة، إذ تتم موائمة المسافة بين قالب السحب وموقع بخاخ السائل تبعاً لنمرة الشعرة الواحدة في الخيط.

## بولي أكريلونتريل *Polyacrylonitrile fibers*

تشكل خيوط الاكريليك أحد أهم زمر الخيوط التركيبية التشاركية من الأكريلونتريل مع مقادير صغيرة من أحاديات حد يمكنها تحسين وتوجيه خواص ومواصفات الخيوط المحضرة. ويتميز الأكريلونتريل بانحلالة العالي بالماء لذا فإنه غالباً ما تجري عملية تماثره في محاليل مائية، وبإضافة مبادرات جذرية حرة حلولة بالماء ليعطينا متماثراً راسباً غير ذواب بالماء، إضافةً لبعض أحاديات الحد التشاركية المطلوبة لتحويل خواصه حسب الطلب وبخاصة أحاديات الحد اللازمة كمراكز يرتبط معها الصباغ. تتميز خيوط البولي أكريلونتريل بأهمية عالية في عالم الصناعات النسيجية بسبب مقاومتها العالية للضوء وثباتها العالي تجاه مختلف الظواهر الطبيعية.

تقنية إنتاج خيوط البولي أكريلونتريل: تستخدم طريقة البلمرة الجبلية *Slurry polymerization* أو البلمرة بالمحلول، ويستخدم كمبادر الماء الأكسجيني أو فوق كبريتات الأمونيوم، وغالباً ما يُضاف مرجع مناسب يمكنه أن يشكل مع فوق الكبريتات جملة أكسدة - إرجاع.

تتم عملية التماثر بالمحلول دون تحريك عندما لا يلعب الماء الأكسجيني دور العامل المثبط وبدرجة ١٥-٢٥ °م ولمدة ٣٠-٩٠ دقيقة حيث يفصل المتماثرات المتشكل من المحلول، ويتم إيقاف العملية عند تفاعل ٧٠% لنحصل على متماثرات بخواص ملائمة، ونفصل عندها وحيد الحد غير المتفاعل بالتقطير تحت الفراغ.

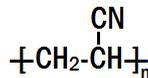
ويمكننا لإجراء عملية التماثر في المحلول استخدام أحد المحلات التالية والتي يمكننا اعتمادها كمحاليل غزلية: ثنائي ميتيل فورم أميد، محلول سلفوسيانيد الصوديوم ٥٠%، محلول كلور التوتياء ٣٥%.

غزل خيوط البولي أكريلونتريل: يمكننا إجراء الغزل بالطريقتين الجافة والرطبة: أ- الغزل بالطريقة الجافة: ويتم فيها استخدام محل ثنائي ميتيل فورم أميد، حيث يتم حل المتماثرات بدرجة الحرارة العادية ثم نرفع درجة الحرارة حتى ٨٠-٩٠ °م ولمدة ٣-٥ ساعات، ويتطلب تبخير المحل رفع درجة حرارة حجرة الغزل حتى ٤٠٠ °م، ورفع حرارة الهواء المدفوع إلى ٢٠٠ °م، ويتم تجميع أبخرة ثنائي ميتيل فورم أميد ويُعاد العمل من جديد، وتتميز طريقة باير بأن درجة حرارة تشرب الأصبغة يكون هنا بحدود ٩٢-٩٦ °م.

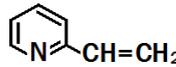
ب- الغزل بالطريقة الرطبة: وتتأثر خواص الخيوط الناتجة هنا بنوعية المحل المستخدم وطبيعة حوض التخثر، إذ يتوجب علينا اختيار أحواض تخثر لا ينحل فيها المتماثرات ولا ينتفخ، لذا فإن استخدام محل ثنائي فورم أميد يستوجب أحواض تخثر تحوي الأغوال، بينما يحتاج محل السلفوسيانيد لحوض تخثر من محاليل سلفوسيانيدات ممددة بتركيز ١٢-١٥% مع الغليسرين، هكسان ثلاثي غليكول مع ثنائي ميتيل فورم أميد، وتكون درجة حرارة حوض التخثر ٩٠-١٠٠ °م، ومن الأجدى اقتصادياً إجراء الغزل في أحواض مائية تحوي ٢٠-٢٥% ثنائي ميتيل فورم أميد وبحرارة ١٥-٢٠ °م، أما درجة حرارة تشرب الأصبغة لخيوط هذه الطريقة بحسب باير فيكون عادةً بين ٧٥-٨٥ °م، وحساسيتها للحرارة بتأثير الهواء الحار أو بالتماس المباشر للحرارة أكثر منها للجافة.

تُسحب خيوط متعدد الأكريلونتريل على مرحلتين بدرجة حرارة ٧٠-١٨٠ °م إلى ٦٠٠-٨٠٠% من الطول الأصلي: الأولى عند الدرجة ٨٠-٩٠ °م بمعدل ١٠٠-٢٠٠%، والثانية عند درجة حرارة أعلى من ١٠٠ °م وبمعدل ٢٠٠-٣٠٠% من الطول الأصلي.

بنية وخواص خيوط البولي أكريلونتريل: يتراوح الوزن الجزيئي لمتعدد أكريلونتريل القادر على إعطاء خيوط نظامية بين ٥٠,٠٠٠-١,٠٠٠,٠٠٠، وتكون لها الصيغة العامة:



على أن يحوي التركيب - بحسب شركة باير- ما يقرب من ٨٥% أكريلونتريل على الأقل، إذ أنه يحوي كما ذكرنا أحاديات حد تشاركية للتحكم بالخواص النهائية المطلوبة مثل مراكز الصباغ الفعالة والتي نجد منها السالب الشحنة كحمض الإيتاكونيك الذي يستوجب أصبغة موجبة الشحنة أو ٢- فينيل البيريدين الذي يتطلب أصبغة سالبة:

$\text{H}_2\text{C}=\text{C} \begin{cases} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \text{COOH} \end{cases}$	
حمض الإيتاكونيك: سالب: أصبغة أساسية موجبة	٢- فينيل البيريدين: موجب: أصبغة حمضية سالبة

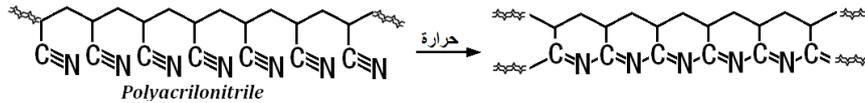
ولأحاديات حد يمكنها خفض درجة حرارة التزجج مثل: ميتاكريلات، اكريلات، خلات الفينيل، ونرى في الشكل ٩ مخططاً توضيحياً لمرحل عمليات الاصطناع، ويؤدي نشوء روابط هيدروجينية بين ذرات الكربون وذرات هيدروجين

السلاسل المجاورة لتشكل مناطق بلورية تلعب دورها المهم في تحديد الخواص النهائية للخيوط، ونرى في الجدول ٢٢ أهم خواص خيوط البولي أكريلونتريل.



الشكل ٩

التخرب الحراري للبولي أكريلونتريل: يتفكك البولي أكريلونتريل بتعريضه للحرارة ليأخذ الشكل التالي:

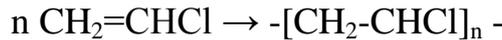


### بولي فينيل كلوريد *Polyvinyl chloride fibers*

يتم تحضيرها وفق مرحلتين: تحضير فينيل كلورايد لتتبعها بالتماثر " البلمرة ".  
تحضير فينيل كلوريد: يتم تحضيره من الأسيتلين أو الإيتيلين وفق التفاعلات:

تحضير فينيل كلورايد	
$\text{CH}=\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl}$	من الاستيلين: بضم كلور الهيدروجين
$\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$	من الإيتيلين:
$\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl} + \text{HCl}$	بضم الكلور وتكسير الناتج عبر التفاعلين

عملية التماثر: ويمكننا إجراءها بطريقتي البلمرة المعلقة أو الاستحلابية بحضور فوق الأكاسيد كمبادرات كالماء الأكسجيني أو فوق أكسيد البنزويل، ويستخدم حمض الفوسفور وأملاحه كمنظم لدرجة البلمرة بحيث يكون الوزن الجزيئي للبوليمير الناتج بين ٦٠,٠٠٠-١٥٠,٠٠٠:



غزل خيوط البولي فينيل كلورايد: يتم غزله بالطريقتين الجافة والرطبة، وغزله بحالته اللدنة عندما يكون ثابتاً حرارياً، ويستخدم للغزل بالطريقة الجافة مزيج الأسيتون وثنائي كبريت الكربون ١:١ أو الأسيتون مع البنزن بنسبة ١:١ أيضاً، ونستخدم مذيب رباعي هيدرو فوران للطريقة الرطبة.

يُعيب خيوط البولي فينيل كلورايد ثباتها الحراري المنخفض، ويبدأ الخيط بالتخثر عند درجة حرارة ٧٠-٧٥ م° وبالتالي لا يمكننا معالجة الخيوط في الأحواض عند درجة حرارة الغليان، ويتميز بولي فينيل كلورايد المنتظم فراغياً والمحضر بالتماثر بوجود رباعي كلور التيتانيوم بثبات حراري أعلى عند ٤٥-٧٠ م°.

خيوط متعدد فينيل كلورايد المكور: ويقصد بهذه التسمية الخيط الناتج عن رفع نسبة الكلور من ٥٦,٨% إلى ٦٥% بإجراء عملية الكلورة بالحالة المعلقة أو بالمحلول عند حرارة ٨٠-١٠٠ م° باستخدام رباعي كلور الإيتان أو كلور البنزن كمذيبات كونها تذيب البوليمير دون أن تتفاعل مع الكلور.

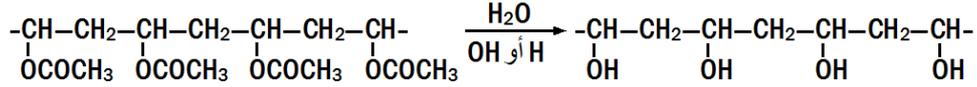
يجفف متعدد فينيل كلورايد المكور جيداً ويذاب بالأسيتون الجاف ثم يغزل بالطريقة الرطبة بحوض محلول الأسيتون بالماء وأخيراً يتم سحبه على ثلاث مراحل، ونرى في الجدول ٢٢ أهم خواص خيوط متعدد فينيل كلورايد المعروفة باسم روفيل.

### بولي فينيل الغول *Polyvinyl alcohol fibers*

يشتق متعدد فينيل الغول من الغول الفينيلي، أي من التفاعل النظري:



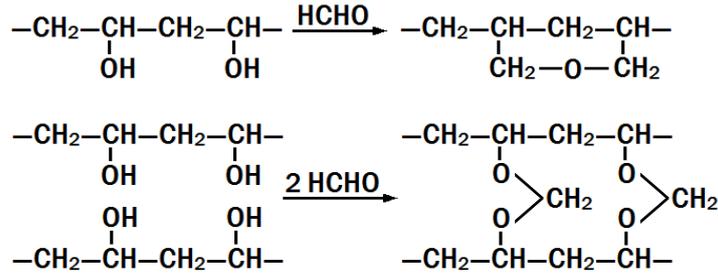
تحضير متعدد فينيل الأغوال: يتم تحضير خيوط متعدد فينيل الأغوال Poly vinyl alcohols بلمهة متعدد فينيل أسيتات بتصبيها بوسط حمضي أو قلوي:



وتتم عملية اللمهة في محلول الميثانول بوجود ماءات الصوديوم عند درجة حرارة ٣٠م° وخلال ١٠-١٥ دقيقة وبوجود ماءات الصوديوم.

ويتم غزل خيوطه من المحلول المائي لحوض تخثر يحوي ٠,٥ - ٢% وزناً من كبريتات الصوديوم ثم تسحب الخيوط بمعدل ٤٠٠-٦٠٠% من طولها الأصلي.

تتم معالجة متعدد فينيل الغول مع الفورم ألدهيد ثم تجفف عند ٢٠٠-٢٢٠م° لربط الزمر الهيدروكسيلية في ذات السلسلة أو بين السلاسل بروابط ميثيلينية وفق التفاعل:

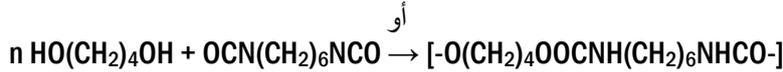
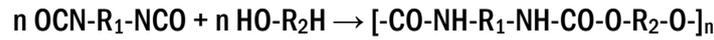


ومن الضروري أن تكون درجة أستلة الخيوط بحدود ٤٠%.

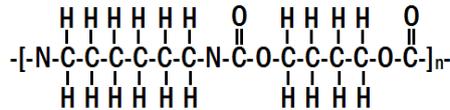
### البولي أوريتان

تتميز خيوط البولي أوريتان بخواصها المطاطية المشابهة للمطاط الطبيعي أو المطاط التركيبي " البونا " في مرونتها مع مقاومة أعلى للعوامل الجوية والاحتكاك وإمكانات سحب لخيوط رفيعة وناعمة جداً وهذا ما لا يمكن أن يحققه المطاط الطبيعي.

اصطناع الخيوط المطاطية: يتم اصطناع الخيوط المطاطية من البولي أوريتان بنسبة ٨٥%، ويتم تحضير البولي أوريتان من تماثر وحيدى حد: أولهما ثنائي الوظيفة الغولية مثل رباعي ميثيلين غليكول، وثانيهما إيزو سيانات مثل سداسي إيزو سيانات:

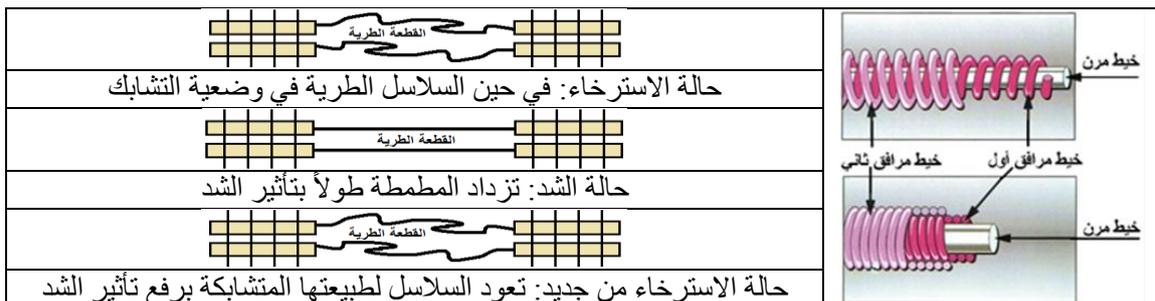


أو بولي بوتيلين غليكول ثنائي إيزو سيانات:



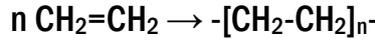
ويتم تفاعل التكتاف إما في الصهارة أو بالمحلات كأحادي كلور البنزن عند الدرجة ٢٠٠م°، ومن ثم يغزل من الصهارة ويسحب على البارد.

وتتميز خيوط اللابكرا بمرونتها " لوجود ذرة أكسجين في السلسلة " وقابليتها للامتطاط عند تعرضها لإجهاد الشد وعودتها لأصلها عند رفع الإجهاد المطبق كما يبين الشكل التالي:



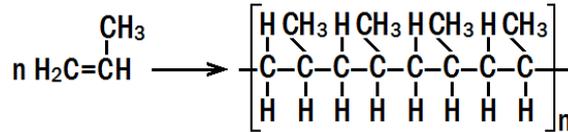
## بولي الإيثيلين Poltethylene fibers

يتم تحضير خيوط بولي الإيثيلين الخطي البنية بتماثر الإيثيلين وفق التفاعل التالي تحت ضغط يتراوح بين 1-6 جو وباستخدام وسيط مثل زيغلر- ناتا كثلاثي ألكيل الألمنيوم ورباعي كلور التيتانيوم، وتغزل حبيباته بطريقة مشابهة لطريقة غزل البولي بروبيلين:

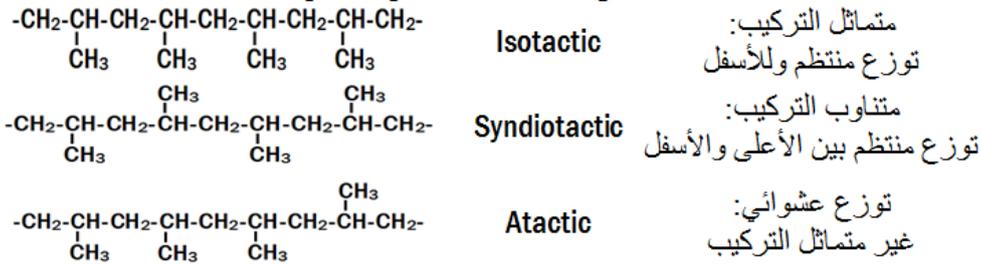


## بولي البروبيلين Polypropylene fibers

تتشكل سلسلة البولي بروبيلين من تماثر وحدات الحد:



وبالتالي فإن هناك إمكانيات توضع ثلاث للزمرة  $\text{CH}_3$  فوق وتحت مستوي السلسلة:  
إمكانيات توضع زمرة الميثيل في البولي بروبيلين



كما نجد المناطق الفراغية *Stereoblock* والتي تكون عبارة عن مناطق انتقال تامة ما بين مناطق غير متماثل التركيب مع المتماثل، لذا يُمزج المتماثل مع غير المتماثل في إنتاج خيوط البولي بروبيلين بنسبة 5%.  
تحضير خيوط البولي بروبيلين: يتم تحضير متعدد البروبيلين بتقنيات عدة، مستمرة ومنقطعة، والمنقطعة مع وبدون مذيب، ونجد من المذيبات: الهبتان، البنزن، ..، وكوسيط: وسطاء زيغلر- ناتا مثل  $\text{TiCl}_4$  or  $\text{TiCl}_3$  &  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ، وتلعب نسبة مزج الوسيط دورها في تحديد نسبة التبلور " يكون بولي البروبيلين المنتظم فراغياً على شكل بلورات صلبة " وتتراوح نسبة الوسيط عادةً بين 3، 6، 10، 30% من وزن التماثر، وتبدأ عملية التماثر عادةً عند 23-30 °م وتنتهي عند 60-70 °م وتحت ضغط 4-5 جو، وتجري تحت جو من الغاز الخامل للحصول على منتج نقي، ثم نخفف الضغط بوصولنا لنهاية عملية التماثر ونرشح المذيب لنغزل التماثر على شكل مسحوق، ونبدأ عمليات الفصل على أساس عدم قابلية انحلال وحيد الحد بالماء وتفكك الوسيط بالغول.

يُغسل التماثر بالماء ويجفف ثم يُحل تحضيراً لعملية الغزل، إذ يمكننا حله عندما يكون منتظماً فراغياً بمجموعة من المحلات منها: التترالين، الديكالين ... ويتركيز للتماثر يصل حتى 30%، ويمكننا تبخيرها بتيار هواء ساخن بحرارة 150-200 °م في حجرة الغزل بالطريقة الجافة.

ويمكننا لتطبيق عملية الغزل بالطريقة الرطبة استخدام حوض تخثر يحوي الغول والأسيتون وبالتالي فإنها لن تكون اقتصادية، وهذا ما يدفعنا لغزله من الصهارة وبالتالي سنحتاج لتجهيزات غزل تلائم درجات الحرارة العالية بإضافة مضخة حلزونية مسخنة حتى 230 °م، ويسحب التماثر المغزول من 400-800% من طوله الأصلي، ومن ثم تثبت الخيوط حرارياً برفع درجة حرارتها حتى 100 °م ولمدة 30 دقيقة ما يستدعي إضافة بعض مضادات الأكسدة خوفاً من تلف الخيوط بالأكسجين الجوي.

## الألياف الزجاجية Glass fibers

وهو زجاج على شكل ألياف دقيقة قد تكون أدق من الشعر البشري بعدة مرات، وهي في مظهرها وملمسها كالحرير، والألياف الزجاجية المرنة أقوى من الصلب ولا تحترق أو تتمدد أو تصدأ أو تبهت، وهناك عدة تقنيات لصنعها:

أ- نسحب عمود سميك من الزجاج النقي، يسخن طرفه لدرجات حرارة عالية ٢٠٠م حتى انصهاره، ليسحب بعدها في برج السحب *Drawing tower* حتى يصل إلى القطر المطلوب، ثم توضع طبقة البلاستيك حول الليفة الزجاجية، ثم يلف على بكرات بالطول المطلوب لتستخدم بعد ذلك في تصنيع كابلات الألياف الزجاجية.

ب- تُسخن المواد الخام وتُشكّل في هيئة قطع زجاجية كروية صغيرة، ثم تصهر في فرن كهربائي خاص، وينساب الزجاج المصهور، عبر ثقوب صغيرة جداً في قاع الفرن ليسقط على أسطوانة تدور منطوية على كونات، ولأن الأسطوانة تدور بسرعة أكبر من السرعة التي ينساب بها الزجاج فإن هناك شدّادة، تشد الألياف وتطيلها إلى أن تتخذ شكل حبال دقيقة ثابتة. وتستطيع الأسطوانة أن تسحب ٢-٣ كم /دقيقة، ويمكن سحب أكثر من ١٥٠ كم من الألياف من كرية زجاجية واحدة ذات قطر طوله ١٦م، ويُمكن لف الألياف معاً في شكل خيوط وحبال، كما يمكن غزل الخيوط في نسيج وشرائط وأنواع أخرى من الأقمشة، وقد نلجأ للصهر المباشر دون المرور بشكل الكريات.

ج- يصهر الرمل والمواد الخام الأخرى في فرن، وينساب الزجاج المصهور عبر ثقوب صغيرة في الفرن. ويقابل الزجاج المصهور ضغط عالٍ منفوثة من البخار، يسحبه إلى لألياف دقيقة بطول ٢٠-٣٨ سم، وتُجمّع الألياف على حزام ناقل في شكل كتلة بيضاء شبيهة بالصوف، وتستعمل الألياف الزجاجية في صناعة أنواع مختلفة من المنتجات:

أ- صناعة بعض المنسوجات كالستائر ومفارش المناضد. والقماش المصنوع منها لا تتغير ميزاته بعد صباغته، فلا يتجدد ولا يتسخ بسهولة، ولا يحتاج لكي بعد الغسل.

ب- تُستعمل الأنسجة المصنوعة من الألياف الزجاجية في عمليات العزل الكهربائي والحراري والصوتي لأن الهواء المحجوز بين شعيراتها يشكل طبقة عازلة، ومرشحات الهواء.

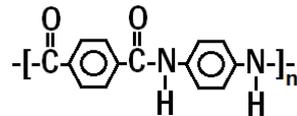
ج- تُستعمل لدائن الألياف الزجاجية المقوّاة في صناعة هياكل السيارات والقوارب، وإطارات النوافذ وبعض أجزاء المركبات الفضائية، ولتقوية اللدائن وتكون مغزولة أو مخلوطة معها أو مجدولة في خيوط منفردة.

د- تستخدم لنقل المعلومات بالضوء لمسافات بعيدة بدلاً عن الإشارات الكهربائية بواسطة الكابلات النحاسية، واستطاع هذا التطور إنتاج الألياف الزجاجية - بجانب التطور في أجهزة الإرسال باستخدام الليزر التي تحوّل الإشارة الكهربائية إلى إشارة ضوئية من ناحية، وأجهزة الاستقبال التي تحوّل الإشارة الضوئية ثانية إلى إشارة كهربائية من الناحية الأخرى- تفجير ثورة في شبكة الاتصالات، وسرعة نقل المعلومات.

هـ- تستعمل في صناعة الألياف الضوئية التي تحضر من جدائل زجاجية طويلة وعلى درجة عالية من النقاء وتصل ثخانتها إلى حد أن تماثل شعرة الإنسان، وتصطف هذه الجداول معاً في حزمة الحبل الضوئي *Optical cable*، والذي يتكون من قلب زجاجي فائق النقاء *Core* يمثل المسار الذي ينتقل من خلاله الضوء، والغلاف *Cladding* المحيط بالقلب والمصنوع من زجاج يختلف معامل انكساره عن معامل انكسار الزجاج الذي يصنع منه القلب و يعكس الضوء باستمرار ليظل داخل القلب الزجاجي، والغلاف البلاستيكي *Buffer coating* الذي يحمي القلب من الضرر، وأخيراً المئات أو الآلاف من هذه الألياف الضوئية التي تصطف معاً في حزمة لتكون الحبل الضوئي الذي يحمي بغطاء خارجي يسمى جاكيت.

### ألياف الأراميد " الكيفلار " *Aramid fibres: Kevlar*

هو الاسم الصناعي لمادة أكتشفها ستيفاني كاوليك عام ١٩٦٥م من فحوم هيدروجينية تركيبية، وتعتمد هذه سلسلتها على الترابط القوي بين حلقات ذرات الكربون، وتبلغ قوة هذه الحلقات نحو خمسة أضعاف الفولاذ، وتتمتع بخاصية عدم التمدد، ويتم تحضيرها من تفاعل ثنائي الأمينات مع ثنائي الحموض الكربوكسيلية أو مع اللاكتامات لتكوين مجموعة أميدية، فإذا كانت المجموعات  $R$  و  $R'$  الأليفاتية *Aliphatic* أو حلقيّة *Alicyclic* أو مخاليط تحتوي على أكثر من 80% وزناً من الوحدات المتكررة تكون مجموعات عطرية فإنه يطلق على هذه الألياف الأراميد *Aramids*:



الخواص الفيزيائية: مقاومتها عالية على الشد إذ تزيد قوتها عن الفولاذ بنحو العشرين مرة ويطلق عليها اسم *Super fibers*، خفيفة الوزن وكثافتها النسبية ١,٤٤ غ/سم<sup>٣</sup>، ومقاومة للصدأ.

الخواص الكيميائية: تتألف ألياف الأراميد من سلاسل بوليميرية طويلة من *para phenylene tere phthal amide: ppta* على شكل هيكل يتكون من جزيئات صلبة نسبياً غالباً ما تميل لمستوى شكل صفائح هياكل شبيهة نوعاً من البروتين مثل الحرير.

الخواص الحرارية: لبوليمر الأراميد مقاومة جيدة جداً تجاه درجات الحرارة المرتفعة، وتحافظ بقوتها ومرونتها في عند تبريدها لدرجات حرارة منخفضة " دون ١٩٦ م°".

استخدامات الأراميد: تستخدم في البلاستيك لتعزيز هياكل القوارب والطائرات والدراجات، والصناعات العسكرية الخاصة، وفي تصميمات تبطين السفن لتدارك المخاطر من الأضرار الناجمة عن الشظايا، والعزل ضد النبضات الكهرومغناطيسية التي تسببها الانفجارات النووية وتمتص الصوت و الصدمات. كما تستخدم بشكل واسع في مجال صناعة الدروع الواقية بدلا من تلك الحديدية الثقيلة الوزن وذلك لان هذه الألياف مصفوفة بشكل متعكس أو متصالب فإن الصدمة ستتفرع وتجد أسطحاً جديدة للصدمات التي تليها في أقل من عشر الثانية لكن الطاقة التي تمتصها المادة والتي تجد كل هذه الأسطح الجديدة ضمن الألياف قادرة تماماً على منع رصاصة من الدخول، وتستخدم في الإنشاءات الهندسة الثقيلة مثل منصات حفر البترول والأجهزة والألبسة الرياضية في رياضات التزلج على الجليد أو الماء وغيرها من الرياضات الخطرة، والملابس الواقية من الحريق لرجال المطافئ، ولبازات رجال الفضاء للوقاية من الإشعاعات الكونية، ولصناعة الإطارات المقاومة للثقب كإطارات الطائرات الضخمة. وفي صناعة المعدات السمعية لخواصه الصوتية للمخاريط في السماعه.