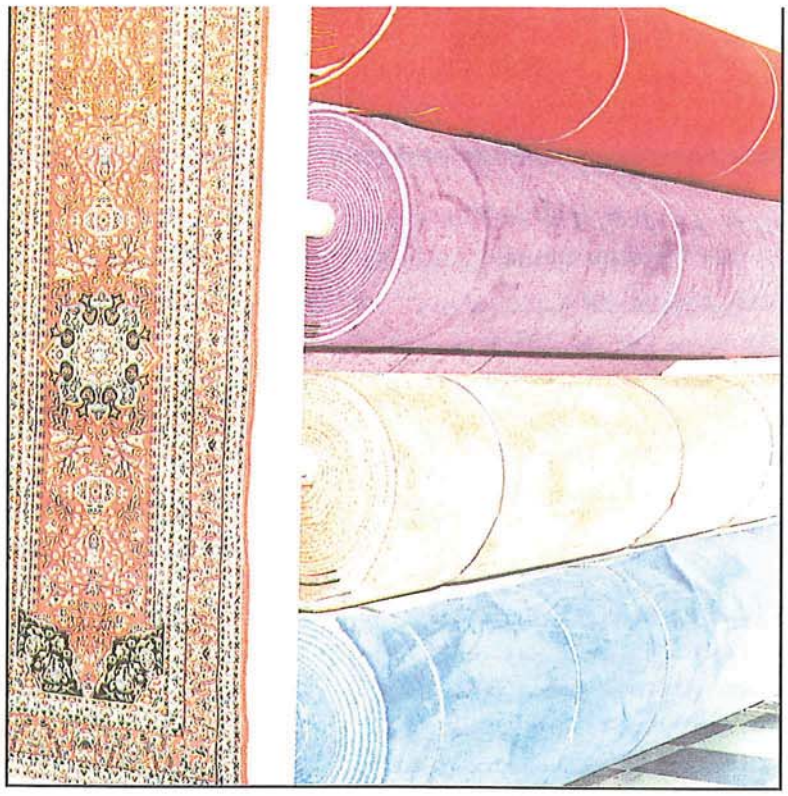


النايلون

د. ابراهيم محمود النجار

تعرف لدائن البولي أميدات بالنايلونات ، وقد بُدىء بتصنيعها في منتصف الثلاثينيات، وهي عبارة عن مُبَلْمَرات تنتج من البلمرة التكاثفية بين الأحماض ثنائية الوظيفة والأمينات الثنائية مثل النايلون-٦٦ والنايلون-٦١٠ (حيث يدل العدد الذي يلي كلمة النايلون مباشرة على عدد ذرات الكربون في الحامض والعدد الآخر الذي يليه على عدد ذرات الكربون في جزيئة الأمين) ، أو فتح حلقة اللاكتام مثل النايلون-٦ والنايلون-١٢ (حيث يدل كل عدد على عدد ذرات الكربون في الأمين أو الحامض الأميني) ، أو ببلمرة الأحماض أحادية الوظيفة الأمينية مثل النايلون-٧ والنايلون-١١ و ١٢ وغيرها.

يوضح الجدول (١) أنواع النايلونات والتركيب الكيميائي للمونومر المكون منه. فمثلاً النايلون-٦١٠ عبارة عن بوليمر من حامض السيباسيك (١٠ذرات كربون) ـ حامض ثنائي الوظيفة ـ مع سداسي ميثلين ثنائي أمين (٦ ذرات كربون) بينما النايلون-٦ عبارة عن بولي كابرولاكتام (٦ذرات كربون) وهكذا.

ينتج كل من النايلون-٦ ، ٦٦ ، ٦١٠ على نطاق تجاري واسع بينما تنتج النايلونات الأخرى بنطاق تجاري ضيق ، وعليه سيتناول هذا المقال إنتاج واستخدامات النايلونات المذكورة .

النايلون-٦

يحضرَّ النايلون-٦ (بولي أميد - ٦) ، شكل (١) ، ببلمرة الكابرولاكتام وذلك إما في مفاعل ضغط بالطريقة المتقطعة أو مفاعل أنبوبي بالطريقة المستمرة في جو من النيتروجين عند درجة حرارة ٢٥٦ - ٢٧٠مْ بوجود الماء (٢-٣٪) ومادة لتثبيت الوزن الجزيئي (بنسبة ١,٢٪) عبارة عن حامض أحادي الوظيفة مثل حامض الخل .

تستغرق عملية البلمرة بين ١٢ إلى ٢٤ ساعة حسب كمية المبادر ودرجة

المونومر	نوع النايلون	الصيغة	درجة الانصهار التقريبية (°م)
كابرولاكتام	٦	$CH_2-(CH_2)_4-C(=O)-NH$	٢٢٣
حامض الأديبيك + سداسي ميثيلين ثنائي أمين	٦٦	$HOOC-(CH_2)_4-COOH + H_2N-(CH_2)_6-NH_6$	٢٦٥
حامض السيباسيك+ سداسي ميثيلين ثنائي أمين	٦١٠	$HOOC-(CH_2)_8COOH + H_2N-(CH_2)_6-NH_6$	٢١٥
حامض ١١ ـ أمينو أنديكانوئيك	١١	$NH_2-(CH_2)_{10}-COOH$	١٩٠
لورولاكتام	١٢	$CH_2-(CH_2)_{10}-C(=O)-NH$	١١٩
أكريل أميد	٣	$CH_2=CHCONH_2$	٣٢٠
٢ـ بيروليدون	٤	$CH_2-(CH_2)_2-C(=O)-NH$	٢٦٥
فاليرولاكتام	٥	$CH_2-(CH_2)_3-C(=O)-NH$	٢٦٠
حامض ٧ ـ أمينوهيبتانوئيك	٧	$H_2N-(CH_2)_6COOH$	٢٣٣
حامض ٩ ـ أمينو اوكتانوئيك	٩	$H_2N-(CH_2)_8-COOH$	٢٠٩
حامض ١٠ ـ أمينو ديكانوئيك	١٠	$H_2N-(CH_2)_9-COOH$	١٨٨

● جدول (١) بعض أنواع النايلون والتركيب الكيميائي ودرجة الانصهار لكل نوع .

انتظام توزيع الوزن الجزيئي الناتج.

تتم البلمرة ، في حالة استخدام الطريقة المتقطعة ، عند ضغط يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٠ ضغط جوي لبخار الماء يُخفَّض بالتدريج إلى ضغط جوي عادي ثم إلى ضغط أقل عند نهاية عملية البلمرة .

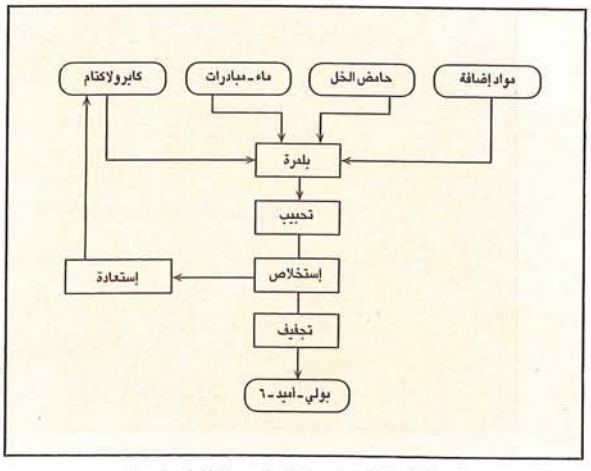
تتم البلمرة في حالة الطريقة المستمرة تحت ضغط جوي عادي ــ بوجود النيتروجين ـ في مفاعل رأسي يدخل فيه مزيج التفاعل من أعلى ليؤخذ ناتج البلمرة من أسفل.

يتم ضغط ناتج البلمرة المصهور على شكل خيوط قطرها ١,٢ – ٢مم في حوض مائي حيث تتجمد على شكل قضبان يتم تقطيعها بعد ذلك إلى قطع صغيرة بطول ١,٥ – ٢مم تحتوي على حوالي ١٠٪ من المونومر غير المتفاعل .

تتم إزالة المونومر غير المتفاعل بالاستخلاص المتعدد المراحل الذي يستغرق حوالى ٢٠ ساعة ، بعدها يتم ترشيح البوليمر وتجفيفه تحت ضغط منخفض (٠,١٠ ضغط جوي) ، ثم تخزينه تحت جو من النيتروجين في خزانات ، يعبأ بعدها في أكياس من البولي إيثيلين لا تتجاوز نسبة الرطوبة فيها ٠,٠٥٪ .

النايلون - ٦٦

يحضَّر النايلون -٦٦ (بولي أميد -٦٦) ببلمرة مزيج مكون من حامض الأديبيك [HOOC $(CH_4)_4$ COOH] وهكسا ميثلين ثنائي أمين [H_2N $(CH_2)_6$ NH_2] ، شكل(٢) .



● شكل (١) مخطط تحضير النايلون -٦ .

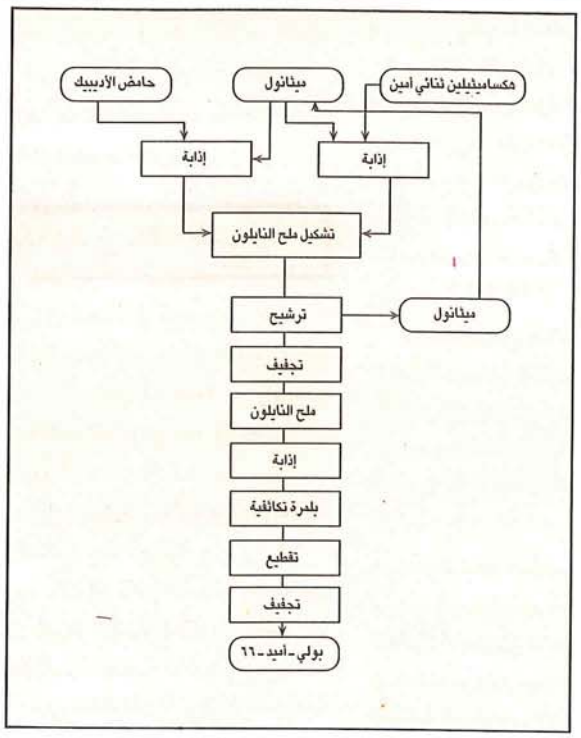
تتم البلمرة بالطريقة المتقطعة بتلقيم المحلول المائي (٦٠٪) للمواد المتفاعلة المذكورة بكميات متكافئة كيميائياً في مفاعل تحت جو من النيتروجين عند درجة حرارة ٢٢٠ – ٢٣٠م وضغط ١٥ – ١٨ ضغط جوي .

تبقى مواد التفاعل تحت الظروف المذكورة لمدة ساعتين بعدها يتم رفع درجة الحرارة بالتدريج حتى تبلغ ٢٧٥ – ٢٨٠م، ويصرّف البخار الزائد ليبقى الضغط في حدود ١٥ – ١٧ ضغط جوي . بعدها يخفف الضغط بالتدريج مع تثبيت درجة الحرارة في حدود ٢٨٠م حتى تنتهى عملية البلمرة عند الوزن الجزيئي المطلوب.يضغط مصهور البوليمر من خلال الماء ليتجمد على شكل شريط رقيق أو قضبان يتم بعدها تقطيعها إلى أبعاد ٢×٢مم. تجفف القطع عند ضغط ٠,١ ضغط جوي ودرجة حرارة ١٠٠م لمدة ٢٤ ساعة ، ثم تعبأ وتخزن حسب الطريقة المتبعة في النايلون -٦ .

النايلون -٦١٠

ينتج النايلون -٦١٠ بطريقة مشابهة لإنتاج النايلون-٦٦ وذلك ببلمرة مزيج من حامض السيباسيك HOOC $(CH_2)_8$ COOH وسداسي ميثلين ثنائي الأمين بنسبة مولية متساوية.

يتميز النايلون -٦١٠ بأن له صفات تجعله صالحاً كشعيرات مفردة ، ولذلك فإنه لا يصلح



● شكل (٢) مخطط تحضير النايلون -٦٦ .

للاستعمال كليف نسيجي ، وبدلاً من ذلك فإنه يستعمل في صناعة الفرش ومعدات الرياضة (شبكات كرة القدم وكرة اليد) وشباك الصيد خاصة وأنه قليل الامتصاص للرطوبة مما يجعله يحافظ على تيبسه وخواصه الميكانيكية عند تعرضه للبلل .

مضافات تحسين الجودة

تضاف للانواع المختلفة للبولي أميد مواد أخرى بنسبة تقل عن ٥٪ وزناً لتحسين مظهره وخصائصه التصنيعية.

تشمل المضافات المستخدمة لتغيير مظهر البولي أميد مواد مانعة للأكسدة ومواد ضد الشحنات الكهربائية الساكنة وعوامل مانعة للتحلل الإحيائي ومواد حافظة ، إضافة إلى عوامل نفخ ، ملونات ، مواد نكهة ، مثبتات ضد الإماهة والتحلل الحراري ومواد مانعة للتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية.

تشتمل مضافات تحسين الخصائص التصنيعية على مواد ملونة ، مواد تزييت ، عوامل تحرير (لفظ) القالب ، بالإضافة إلى مواد مغلظة أو مخفضة للزوجة.

تشكيل النايلون

يتم تشكيل البولي أميد (النايلون) بقولبته لأشكال عدة حسب نوع الاستخدام المطلوب فهو قد يتشكل كقوارير وأوعية أوطبقات رقيقة انبوبية أو مسطحة أو شرائط أو خيوط.

يتم تشكيل القوارير والأوعية بواسطة القولبة بالحقن عند درجة حرارة ١٨٠ - ١٩٠م ، ويضاف إلى ناتج القولبة مضافات أخرى مثل خيوط الزجاج لتقوية المنتج. أما تشكيل الطبقات الرقيقة الأنبوبية (سماكة ٠,٦ - ٠,٨مم) والطبقات الرقيقة المسطحة والألواح والشرائط والقضبان والخيوط وغيرها ، فيتم تشكيلها بالبثق باستخدام أصناف البولي أميد متوسطة أو عالية درجة الانصهار ، وذلك حسب نوع السلعة المطلوبة.

تعد عملية إنتاج الخيوط من أهم التطبيقات الصناعية للبولي أميد حيث تجري تلك العملية حسب نوع خيوط النايلون المطلوبة. ونظراً لقلة تكلفة المواد الخام لكل من النايلون -٦ والنايلون -٦٦ فانهما ينتجان على نطاق تجاري أوسع من النايلون -٦١٠ والنايلونات الأخرى ، ولهذا سنتناول في هذا المقال طرق إنتاج خيوطهما بشيء من التفصيل.

● خيوط النايلون -٦

يمكن تشكيل خيوط النايلون -٦ بإحدى طريقتين هما إما من رقائق البوليمر، أو بعد عملية البلمرة المباشرة وذلك كما يلي :-

*** خيوط من رقائق البوليمر :** ويتم إنتاجها بصهر البوليمر في جهاز صهر فولاذي غير قابل للصدأ عند درجة رطوبة لا تتجاوز ٠,٠٥٪ ودرجة حرارة ٢٥٠ - ٢٦٠م في جو من النيتروجين. ينتقل المصهور إلى فتحة ذات أسنان ، ويضغط في تيار مستمر بعدها يمرر من خلال صفيحة فولاذية مثقبة بثقوب قطرها ٠,٠٢٥ - ٠,٠٥٠مم ، ثم يترك البوليمر الخارج من الثقوب ليلامس هواءاً بارداً ليجمد مباشرة ، تبرد الخيوط المتجمدة عند درجة حرارة ٢٠ - ٢٥م ، ويدهن سطحها بمزلقات وبمواد مقاومة للكهرباء الساكنة ، وتلف عند درجة حرارة ١٨ - ٢٠م ودرجة رطوبة ٤٥ - ٥٥٪ .

بعد اكتمال عملية اللف تترك الخيوط لمدة ٢٤ ساعة لاكتمال تبلورها في غرفة تكييف عند درجة حرارة ٢٠ - ٢٢م ورطوبة ٥٥ - ٦٠٪ . بعدها تسحب الخيوط إلى أربعة أضعاف طولها عند درجة حرارة ٨٠ - ١٠٠م.

*** خيوط بعد البلمرة مباشرة :** وفيها يتم سحب البوليمر المصهور مباشرة من المفاعل الانبوبي عند ضغط يساوي ٠,٠١ ضغط جوي ودرجة حرارة ٢٥٠م ، وذلك بضغط البوليمر المصهور من خلال ثقوب بواسطة مضخة ذات دولاب مسنن.

● خيوط النايلون -٦٦

تُصنَّع هذه الخيوط بصهر حبيبات البوليمر عند درجة حرارة ٢٦٠ - ٢٧٠م لتمر خلال مضخة وصفيحة مثقبة لفترة قصيرة تسمح بتشكيل ١٢٠٠م من الخيوط بشكل دقيق. تُبرَّدُ الخيوط الخارجة من الثقوب إلى ٧٠م ، ويضخ عليها بخار الماء لامتصاص الرطوبة. بعدها تلف الخيوط الرطبة وتسحب إلى ٤ - ٥ أضعاف طولها ، ثم تجدل الخيوط بلطف وتلف على شكل خيوط حريرية ناعمة صالحة للأغراض النسيجية. وفي حالة الحاجة إلى الحرير التقني يمكن سحب الخيوط ومطها عند درجة ١٠٠ - ٢٠٠م.

خواص خيوط النايلون

تتميز خيوط النايلون بأن لها درجة انصهار عالية نسبياً مقارنة بالخيوط الأخرى بسبب وجود الرابطة الهيدروجينية، وهي رغم أن لها درجة مقاومة جيدة للقلويات إلا إنها تتأثر بالأحماض ، إضافة لذلك تتمتع هذه الخيوط بمزايا أخرى مثل القابلية للصباغة (بسبب وجود الزمر الأمينية) وامتصاص أكثر للرطوبة إذا ماقورنت بالألياف الصناعية الأخرى ، جدول (٢) .

استخدامات النايلون

تعد صناعة حبال الإطارات أهم استعمال لألياف النايلون ، وتليها صناعة الألبسة من النايلون القابل للمط وألياف

الاسم الشائع	تحديد الألياف للمواد المتشكلة(١)
أسيتات	خلات السليلوز ، ثلاثي أسيتات والتي لاتقبل عن ٩٢٪ من خلات السليلوز
الأكريليك	على الأقل يحتوي ٨٥٪ من وحدات الأكريلونيتريل
الأراميد	بولي أميد والذي يكون على الأقل ٨٥٪ من الأميد متصل مباشرة بحلقتين أروماتية « عطرية »
الأكريليك المطور	أقل من ٨٥٪ لكن على الأقل يحوي على ٣٥ ٪ من وحدات الأكريلونيزيل .
النايلون	بولي أميد والذي يكون منه أقل من ٨٥٪ من الأميد متصل مباشرة بحلقتين عطريتين
الرايون	سيليوز متشكل مع أقل من ١٥٪ مواد كيمائية متحدة .
ساران	على الأقل ٨٠٪ من كلوريد الفينليدين
سباندكس	مرن وعلى الأقل ٨٥٪ جزء من البولي يورثان (الأسفنج الصناعي)
فينال	على الأقل ٥٠٪ من وحدات كحول الفينيل وعلى الأقل ٨٥٪ من مجموع فينيل الكحول + وحدات الاسيتال
فينون	على الأقل ٨٥٪ من وحدات كلوريد الفينيل
الأوليفين	على الأقل ٨٥٪ إيثيلين ، بروبلين أو وحدات من الأوليفينات الأخرى

(١) النسبة بالوزن .

● جدول (٢) الأسماء الشائعة لصناعة ألياف المنسوجات ومواصفاتها .