

## **II. Волокнистое сырьё. Технологические и эксплуатационные свойства**

## *Технологические свойства волокон*

Тонина - основное свойство волокон. Чем тоньше и однороднее волокна по тонине, тем больше их прочность и, соответственно, упругость изделий из них. Под тониной волокна понимается средняя тонина волокон по их поперечному сечению в мкм. Отношение массы волокна к его длине характеризует его линейную плотность (толщину)- текс.

Длина волокон имеет большее технологическое значение. Чем больше и равномернее длина волокон, тем выше прочность изделий. С учетом длины волокон устанавливают разводки между рабочими органами машин, а также скоростные параметры.

Извитость - отклонение волокна по его длине в стороны от осевой прямой линии, проходящей через центр извитков. Характеризуется числом извитков на 1 см длины волокна. Благодаря извитости, повышаются силы сцепления и трения между волокнами. Извитые волокна увеличивают объемность изделий и их теплоизоляционные свойства.

Плотность характеризуется объемной массой, т.е. массой единицы волокон, измеренных по внешнему контуру. Для сплошных (без канала) волокон объемная масса равна плотности веществ, их составляющих.

Трение определяет возможность создания из отдельных волокон ленты, холста и др. текстильных материалов. Отношение силы трения к нормальному давлению, действующему между соприкасающимися телами, называется коэффициентом трения или коэффициентом тангенциального сопротивления.

## Прочность и удлинение

К числу основных характеристик, возникающих при растяжении до разрыва, относятся: разрывная нагрузка - наибольшее усилие, выдерживаемое волокном или нитью до разрыва и выражающее их абсолютную прочность, Н/текс; разрывное напряжение - отношение разрывной нагрузки к площади поперечного сечения волокна, МН/м<sup>2</sup>; удельная прочность - характеризует прочность, приходящуюся на единицу линейной плотности, сН/текс; абсолютное полное разрывное удлинение представляет собой приращение растягиваемых волокон и нитей к моменту разрыва и выражается в мм; относительное разрывное удлинение представляет собой отношение приращения длины к начальной длине волокна или нити, выраженное в процентах. В табл. представлены показатели прочности и удлинения основных видов волокон.

## Устойчивость к многократным деформациям

Полная деформация текстильных волокон и изделий из них складывается из обратимой деформации (упругой и эластичной) и необратимой (пластической). Все три вида деформаций происходят одновременно. Коэффициент упругости выражает долю обратимой деформации от общей. Начальный модуль волокна определяется нагрузкой, необходимой для вытягивания волокна на 1% его первоначальной длины.

Устойчивость к изгибу характеризуется числом изгибов, выдерживаемых волокном до момента разрушения. Основными факторами, влияющими на устойчивость волокна к изгибу является: природа полимера, степень полимеризации, степень ориентации макромолекул, толщина волокна и его структура.

## Гигроскопичность

Сорбционные свойства характеризуют способность волокон и нитей поглощать (сорбировать) и отдавать (десорбировать) газы, пары, мельчайшие частицы твердых тел. Поглощение и отдача волокнами и нитями водяных паров и воды характеризуется гигроскопическими свойствами. Гигроскопичность характеризуется влажностью, определяемой процентным отношением массы воды, удаленной при определенной температуре и относительной влажности воздуха к массе сухого материала.

Различают фактическую влажность, которую волокнистый материал имеет в момент измерения, нормальную влажность, приобретаемую материалом после выдержки в нормальных (стандартных) условиях (относительная влажность воздуха  $65 \pm 2\%$  и температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) и максимальную влажность, определяемую при относительной влажности воздуха 95 и 100% и температуре воздуха  $20^\circ\text{C}$ .

Кондиционная влажность нормируется стандартами. Ее используют при пересчете фактической массы, изменяющейся при переменной фактической влажности волокнистого материала, на постоянную кондиционную влажность.

В производственных условиях влажность характеризуется равновесной влажностью, соответствующей определенным условиям относительной влажности и температуры среды. Если влажность волокон ниже равновесной влажности среды, они будут поглощать влагу из воздуха до значения равновесной влажности (процесс адсорбции). Если влажность волокон выше равновесного значения среды, волокна будут отдавать влагу в воздух до значения равновесной влажности (процесс десорбции).

Натуральные и целлюлозные волокна поглощают значительное количество влаги и сильно реагируют на изменение влажности воздуха; при поглощении воды волокна набухают. Степень набухания зависит от содержания в волокнах аморфной фазы, от размеров кристаллов, от наличия полярных групп и макроструктуры. Значительная набухаемость искусственных и натуральных волокон способствует лучшему прониканию красителей и более интенсивной их окрашиваемости.

Чрезмерная влажность натуральных и искусственных волокон, особенно шерсти, увеличивает их массу, причем создаются условия для окисления волокон и развития микроорганизмов, что ведет к потере прочности и изменению цвета. При недостаточной влажности гидрофильные волокна становятся сухими и хрупкими, удлиняемость и упругость их уменьшаются, что ухудшает протекание процессов чесания и прядения.

Низкая гигроскопичность синтетических волокон ухудшает условия их переработки вследствие появления значительного количества зарядов статического электричества. Волокна сильно электризуются от трения и нормальный ход технологического режима затрудняется: происходит обрыв волокон и образование узелков, что увеличивает неровноту продукта и ухудшает качество изделий. Поэтому при использовании синтетических волокон необходимо применять средства для поглощения электрических зарядов.

### Электризуемость

Электризуемость характеризует способность материалов к генерации и накоплению в определенных условиях зарядов статического электричества. При возникновении одноименных электрических зарядов волокна отталкиваются, пушатся, а при возникновении разноименных зарядов налипают на рабочие органы машин.

Теплоизоляционные свойства оценивают показателем суммарного теплового сопротивления  $R_0$  ( $\text{м}^2 \text{ К/ Вт}$ ). Теплопроводность выражают условным коэффициентом, указывающим количество тепла, которое может пройти через слой материала толщиной 1 м в течение одной секунды при разности температур в один градус.

Теплостойкость характеризует способность волокон и нитей сохранять свои свойства при повышенных температурах и выражается максимальной температурой, выше которой резко изменяются свойства и состояние волокнистого продукта.

Термостойкость характеризует стойкость волокон и нитей к термической деструкции. Ее оценивают по изменению свойств волокон после нагрева и выдержки в нормальных атмосферных условиях.

Огнестойкость волокон определяется воздействием на текстильный материал пламени огня. По степени огнестойкости волокна подразделяют на три группы: негорючие, загорающиеся, но прекращающие гореть после удаления из пламени; горючие, продолжающие гореть и тлеть после удаления из пламени.

Морозоустойчивость характеризуется температурой начала хрупкого излома волокон. При низких температурах прочность некоторых волокон повышается. Так при  $-40^{\circ}\text{C}$  прочность нитрона повышается на 35%.

Тепловое старение характеризует ухудшение свойств текстильных материалов при длительном нагревании.

#### Усадка волокна

Усадка происходит вследствие перегруппировки молекул в волокне при воздействии дождя, химической чистки, а также при влажно-тепловой обработке. Такая перегруппировка обусловлена, с одной стороны, релаксационными процессами, приводящими молекулы в состояние равновесия после снятия напряжений, которые возникают при обработке волокна, с другой стороны, набуханием волокон, вызывающим ослабление связей между макромолекулами, и тепловой обработкой.

## *Эксплуатационные свойства волокон*

Износостойкость характеризует способность текстильных волокон оказывать сопротивление изнашиванию, вызывающему ухудшение свойств или постепенное разрушение текстильных волокон и изделий из них в условиях эксплуатации под действием различных факторов. На устойчивость к истиранию волокон влияет химическая природа, структура и степень ориентации волокна.

### Устойчивость к сминаемости

Сминаемость возникает в результате пластических и эластических деформаций изгиба, осложненных еще и деформациями сжатия. Основными факторами, влияющими на сминаемость волокон одного и того же вида являются: структура волокна, линейная плотность, степень набухания. Изделия из более тонких волокон имеют меньшую сминаемость.

### Устойчивость к пиллингообразованию

Пиллинг характеризуется образованием на поверхности текстильных изделий в начальной стадии истирания небольших шариков (пиллей) из закатанных кончиков отдельных волокон. Количество пиллей увеличивается по мере уменьшения линейной плотности волокна за счет роста числа кончиков волокон на поверхности изделия и уменьшается по мере увеличения длины волокон.



### Устойчивость к светопогоде

При длительном воздействии видимых лучей света, инфракрасных и ультрафиолетовых лучей в волокнах и изделиях из них происходят фотохимические реакции, следствием которых является понижение прочности, ускоряющееся при повышении влажности и температуры окружающего воздуха.

### Устойчивость к действию радиоактивных излучений

Радиоактивные излучения:  $\beta$  - и  $\gamma$ -лучи и поток нейтронов, если их дозы достаточно велики, существенно разрушают большинство видов волокон и нитей. Малые дозы радиоактивных излучений могут улучшать свойства некоторых волокон, например, полиамидных и полиэфирных, что объясняется возможными изменениями структуры волокон, происходящими при облучении.

### Устойчивость к действию микроорганизмов

Биологическое разрушение волокон является результатом размножения микроорганизмов (грибов и бактерий), для которых те или иные волокна служат питательной средой. Хлопковое, вискозное и медно-аммиачное волокна наиболее подвержены разрушающему действию микроорганизмов. Более устойчивы к действию микроорганизмов ацетатные волокна. Под действием грибов происходит разложение кератина шерсти, разрушающее структуру волокна и ухудшающее его механические свойства. Микроорганизмы вызывают на волокнах шерсти пятна, в результате чего волокна неравномерно окрашиваются.





# **III. Классификация**

**ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ИХ  
строение и основные  
свойства**

## Натуральные волокна

Натуральные, или природные волокна - это текстильные волокна, образующиеся в природных условиях. По происхождению, которое определяет химический состав волокон, различают волокна растительного, животного и минерального происхождения.

К волокнам животного происхождения относятся шерсть и шелк. Шелк - продукт выделения шелкоотделительных желез насекомых, из которых основное промышленное значение имеет тутовый шелкопряд. Шелк обладает высокой прочностью, эластичностью, большим влагопоглощением, приятным матовым блеском, легкой окрашиваемостью. Шерсть - волокно волосяного покрова овец (почти 97% общего объема производства шерсти), коз, верблюдов и др. животных. По строению кератин представляет собой сложный комплекс, содержащий пучки высокомолекулярных цепей, взаимодействующих как в продольном, так и в поперечном направлении. Главные полипептидные цепи кератина ориентированы вдоль оси волокна и соединены большим количеством поперечных боковых связей за счет электрвалентных (солевых), ковалентных и водородных связей, а также сил Ван-дер-Ваальса.

В производстве нетканых материалов шерстяные волокна и их отходы применяются для производства валяльно-войлочных и фетровых изделий, ватинов, напольных покрытий, фильтров. Изделия из шерстяных волокон обладают низкой сминаемостью, устойчивы к свету, и действию разбавленных кислот.

Недостатком шерстяных волокон является низкая устойчивость к трению, к действию радиоактивных излучений, низкая молеустойчивость, неустойчивость к действию щелочей даже при низких температурах, так как при этом разрушаются амидные связи, соединяющие звенья в макромолекуле белка.

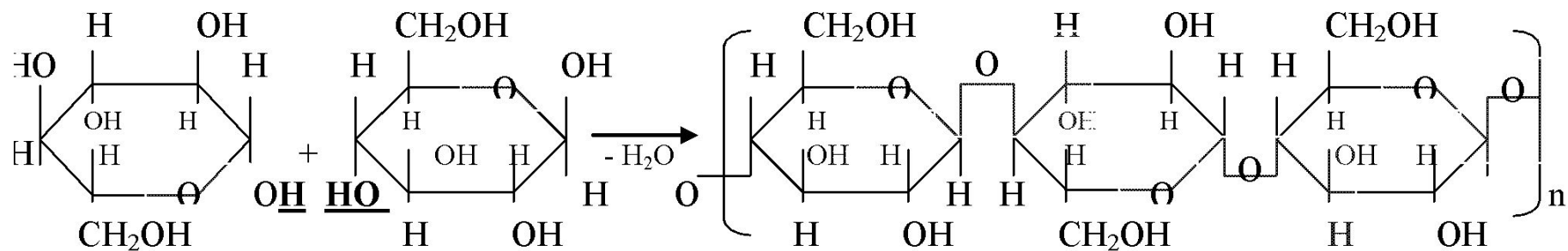
Волокна растительного происхождения формируются на поверхности семян (хлопок), в стеблях растений (тонкие стеблевые волокна - лен, рами; грубые - джут, пенька из конопли, кенаф и др.) и в листьях (жесткие листовые волокна, например, манильская пенька (абака), сизаль).

Хлопковое волокно в производстве нетканых материалов используется для изготовления различных фильтров, упаковочных и прокладочных материалов, технических салфеток, предметов личной гигиены. Постоянным и устойчивым видом сырья для производства нетканых материалов являются также отходы выработки хлопкового волокна.

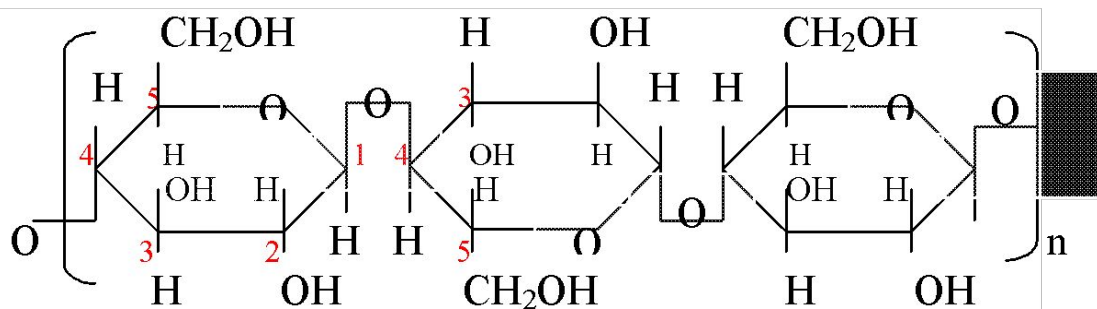
Целлюлоза обладает сродством к воде. Это свойство обусловлено наличием в каждом звене макромолекулы целлюлозы трех активных функциональных гидроксильных групп, которые могут взаимодействовать с молекулами воды с образованием водородных связей. При этом вода проникает только в аморфные области волокон. В воде целлюлоза не растворяется, а ограниченно набухает, вследствие наличия водородных и Ван-дер-Ваальсовых межмолекулярных связей. В зависимости от характера надмолекулярной структуры целлюлозы в волокнах последние набухают в воде по-разному. Хлопковое волокно при набухании поглощает 45% воды без потери прочности.

Хлопковые волокна гидрофильны, поэтому хорошо окрашиваются, устойчивы к свету, неустойчивы к действию кислот, имеют фибриллярную структуру. Молекулярная масса целлюлозы хлопка  $M=100\ 000\div 2\ 000\ 000$  г/моль; степень полимеризации  $n=5\ 000\div 10\ 000$ .

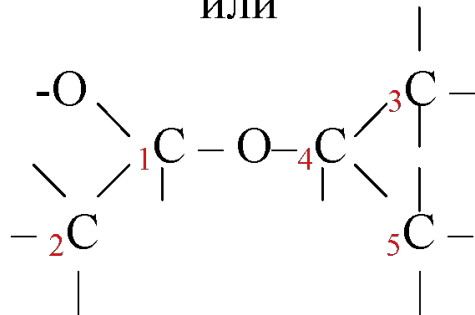
Наличие в макромолекуле целлюлозы 1,4-β-глюкозидных связей между элементарными звеньями (ангидридами d-глюкозы) является причиной сравнительно низкой ее устойчивости к действию гидролизующих агентов — водных растворов кислот и кислых солей. Ангидриды d-глюкозы в молекулах целлюлозы повернуты друг относительно друга на  $180^\circ$ , а в молекулах гидратцеллюлозы (вискозы) — на  $90^\circ$ .



Атомная структура 1,4- $\beta$ -d-глюкозидной связи:



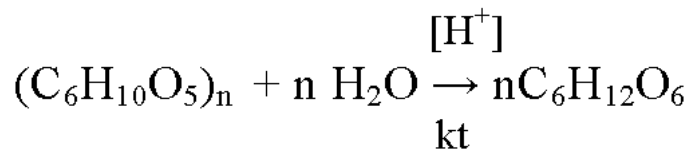
ИЛИ



Целлюлоза более устойчива к действию щелочей и менее устойчива к действию кислот.

Действие кислот на целлюлозу зависит от природы кислоты, ее концентрации, температуры и времени обработки. По силе гидролизующего действия кислоты располагаются в следующем порядке: борная < уксусная < муравьиная < щавелевая < фосфорная < серная < азотная < соляная. Растворителем целлюлозы является 70%-ая  $H_2SO_4$ . Т.о., глюкозидные связи целлюлозы более всего неустойчивы к минеральным кислотам.

Прежде всего, кислота воздействует на поверхностные слои волокна, а затем на внутренние в аморфных областях. В результате получается сложная смесь неизменной целлюлозы и продуктов различной степени ее кислотной деструкции, названная гидроцеллюлозой (продукт полураспада целлюлозы). Гидроцеллюлоза имеет пониженную механическую прочность. При разрыве всех глюкозидных связей образуется глюкоза (продукт распада целлюлозы):



Устойчивость целлюлозы к действию температуры зависит от времени обработки и среды, в которой она осуществляется. При температуре 100°С целлюлоза в течение длительного времени не изменяет своих свойств и не разрушается. При температуре 150—180° С возможна только кратковременная обработка (1—5 мин) целлюлозного волокна. Дальнейший нагрев приводит к термической деструкции целлюлозы по глюкозидным связям.

Лубяные волокна в смеси с химическими можно использовать для выработки бортовок, фильтров, подкладок, полотенец и других изделий. Для нетканых ковровых изделий в качестве основы используют льняные полотна. Льняное волокно - самое прочное из лубяных волокон, не теряет прочность в мокром состоянии, гигроскопично, хорошо окрашивается, имеет малое относительное удлинение. Степень полимеризации полимера льна –  $n=10\ 000\div 15\ 000$ . Недостаток льняных волокон - низкая устойчивость к гниению.

## Волокна минерального происхождения

К волокнам минерального происхождения относятся асбесты (наиболее широко используют хризолит-асбест), расщепляя которые получают технические волокна. Перерабатывают их (обычно в смеси с 15-20% хлопка или химических волокон) в пряжу, из которой изготавливают огнезащитные и химически стойкие ткани и нетканые материалы. Непрядомое короткое асбестовое волокно используют в производстве композитов (асбопластиков), картонов и др.

Натуральные волокна, как правило, не обладают высокой химической и термической стойкостью, дороги, ассортимент их ограничен.



## Химические волокна

Химические волокна получают на основе полимеров. Полимеры, или высокомолекулярные вещества, состоят из больших молекул, или макромолекул. Макромолекулы состоят из десятков тысяч малых молекул - мономеров, связанных друг с другом ковалентными связями в длинные цепи. Способность мономеров соединяться между собой обусловлена в первую очередь свойством атомов углерода образовывать друг с другом нитевидные или разветвленные структуры.

В первую очередь все полимеры можно разделить на природные (белки, углеводы, нуклеиновые кислоты, липоиды и т.д.) и синтетические, созданные человеком.

Установлены два основных типа реакций получения синтетических высокомолекулярных соединений:

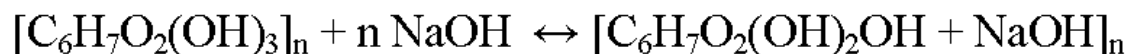
1. полимеризация, приводящая к получению макромолекул из мономеров и протекающая без выделения каких-либо побочных продуктов реакции;
2. поликонденсация - процесс образования полимерных соединений из низкомолекулярных веществ, протекающий с выделением побочных продуктов (вода, аммиак, углекислый газ и т.п.), которые оказывают влияние на состояние подвижного равновесия реакции.

## Искусственные волокна

### *Вискозное волокно*

Сырьем для производства вискозного волокна служит целлюлоза, входящая в состав древесины, соломы, пуха, тростника.

Первым этапом получения вискозного волокна является мерсеризация целлюлозы хлопка - обработка ее 18%-ным раствором щелочи для образования растворимой в воде щелочной целлюлозы.



Т.о. щелочи не вызывают деструкции целлюлозы, однако ее структура претерпевает целый ряд химических и физико-химических изменений. При комнатной температуре обработка целлюлозы хлопка слабым раствором щелочи практически не оказывает влияния на целлюлозу хлопка, а при повышенной температуре (130-140 °С) обработка щелочью приводит к окислению целлюлозы кислородом воздуха и образованием оксигцеллюлозы.

Щелочную целлюлозу обрабатывают сероуглеродом, в результате чего получается высокомолекулярный эфир - ксантогенат целлюлозы. На третьем этапе ксантогенат целлюлозы растворяют в разбавленном растворе щелочи и получают вязкий прядильный раствор - вискозу. После нейтрализации раствора в осадок выпадает гидратцеллюлоза (вискоза). Молекулярная масса полимера вискозного волокна  $M=10\ 000\div 100\ 000$  г/моль,  $n=300\div 800$ .

**Вискозное волокно растворяется при действии 10% NaOH при пониженной температуре (до +10<sup>0</sup>С). А при 25<sup>0</sup>С омыление 10%-ым NaOH приводит к набуханию вискозного волокна.**

**Вискозное волокно (гидратцеллюлозное), обладая более рыхлой структурой, нежели хлопковое, в процессе набухания увеличивается в поперечном сечении в 2 раза и в мокром состоянии теряет прочность на 40-50%.**

**Из вискозных волокон получают большой ассортимент изделий бытового и технического назначения. Это прокладочные, протирачные, одежные материалы, спецодежда (спасательные жилеты из пустотелых волокон), ковры.**

**Проводится большая работа по созданию специальных модификаций вискозных волокон с высокими функциональными свойствами для изготовления материалов, используемых в системе здравоохранения.**

Триацетатное и диацетатное волокна являются сложными эфирами целлюлозы. Диацетатное волокно получают частичным омылением триацетата целлюлозы. Сырьем для производства ацетатного и триацетатного волокон служат целлюлоза (хлопковый пух), уксусный ангидрид и ацетон. Из целлюлозы, обработанной смесью уксусного ангидрида и уксусной кислоты, образуются рыхлые хлопья ацетилцеллюлозы.

Последнюю растворяют в ацетоне при 40°C, добавляя для облегчения растворения немного воды. Присутствие в макромолекулах волокна ацетатных групп делает его растворимым в органических растворителях (кетонах, хлорзамещенных углеводородах и др.).

Меньшее число гидроксильных групп в ацетатных волокнах, чем в гидратцеллюлозных, приводит к снижению их влагопоглощения. Диацетатное волокно при набухании в воде увеличивает размеры всего на 5-10%, поглощая при этом в 3-4 раза меньше воды, чем вискозное волокно. Прочность диацетатных волокон в мокром состоянии снижается на 30-40%, триацетатных — на 15-20%.

**Холодные разбавленные растворы кислот практически не действуют на ацетатные волокна, а горячие растворы вызывают омыление эфирных групп и гидролиз глюкозидных связей, сопровождающийся потерей прочности волокна.**

**Растворы щелочей при рН 9,5 вызывают омыление ацетатных волокон. В результате омыления 3%-ым раствором щелочи ацетатные и триацетатные волокна теряют термопластичность и переходят в гидратцеллюлозу.**

**Ацетатное волокно устойчиво к микроорганизмам, молеустойчиво, имеет хорошие электроизоляционные свойства, светостойко, но не устойчиво к действию разбавленных кислот и щелочей. При удлинении свыше 25% волокно пластически течет. При температуре выше 230°C оно плавится и разлагается. Плотна из ацетатного волокна мягки на ощупь и хорошо драпируются. Растворителем диацетатного волокна является ацетон.**

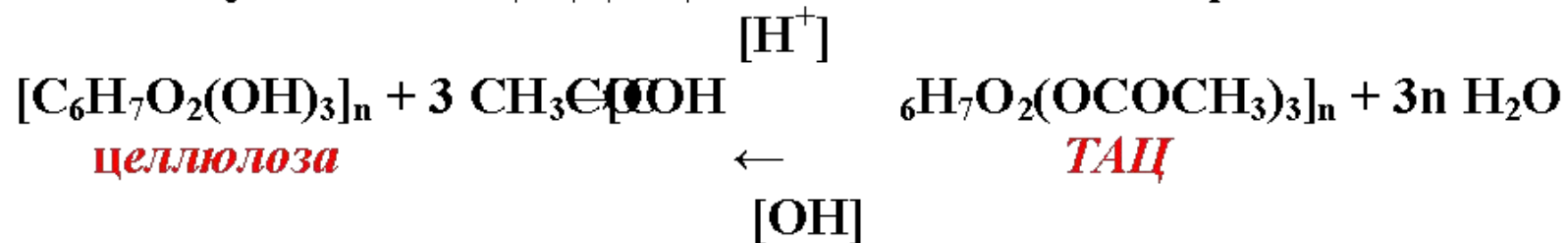
**Диацетатное и триацетатное волокна плавятся с разложением; температура плавления первого — 230°C, второго — 290°C.**

## Триацетатное волокно

Применение кипящего при более низкой температуре ( $42^{\circ}$ ), чем ацетон ( $57^{\circ}$ ), растворителя - метиленхлорида  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  - позволило формовать волокна непосредственно из триацетилцеллюлозы; это волокно получило название триацетатного.

По свойствам триацетатное волокно мало отличается от ацетатного. Триацетатное волокно более устойчиво к действию разбавленных щелочей, чем диацетатное. Триацетатное волокно обладает высокими электроизоляционными свойствами, ярким блеском, устойчиво к действию микроорганизмов.

Получение ТАЦ и ДАЦ химическим ацетилированием:



## *Искусственные белковые волокна*

---


**Волокна, подобные шерсти, полученные на основе природного белка. В качестве исходного сырья используется казеин – основной белок творога, зеин – белок кукурузных зёрен, арахин – белок земляного ореха.**

**Белковые волокна формуют однованнным мокрым способом на том же оборудовании, что и вискозное волокно. Только зеин можно формовать сухим способом, поскольку он растворим в органических летучих растворителях.**

---

**Все искусственные белковые волокна нуждаются в дублении (образовании между макромолекулами белка химических связей). Для дубления используют би- и полифункциональные соединения (альдегиды, соли многовалентных металлов), которые, реагируя с реакционно-способными группами макромолекул белка (амино-, карбоксигруппами), сшивают макромолекулы химическими связями. Без данной обработки искусственные белковые волокна неустойчивы к мыльным обработкам.**





**Белковые волокна боятся горячей (и тем более подщелаченной) воды. Это снижает их потребительскую ценность и ограничивает применение.**

**Белковые волокна - хорошие теплоизоляторы, по эластичности и гидрофильности, а также по термической стойкости они близки к шерсти. Для совместной переработки белковые волокна чаще всего смешивают с шерстью, добавляя хлопковое или вискозное волокно. Из таких смесей делают костюмные полотна, фетр.**

**Казеиновое волокно в чистом виде употребляется для набивки стеганых изделий, для изготовления одежды, войлока, велюра.**

## Синтетические волокна

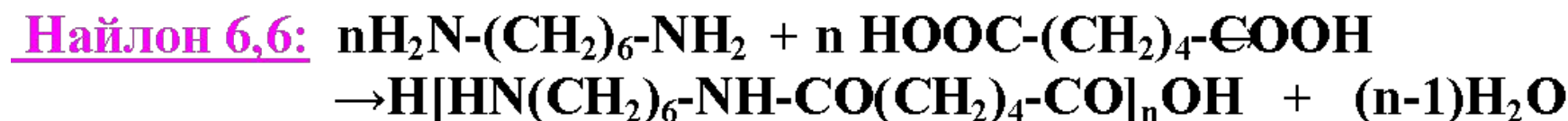
### Гетероцепные волокна

#### Полиамидные волокна

Капролактam - основное промышленное сырье для получения капрона (найлона 6).



Для получения анида (найлона 6,6) основой служат гексаметилендиамин и адипиновая кислота.



В зависимости от соотношения метиленовых и амидных групп в полимере полиамиды различаются по температуре плавления и водопоглощению. Чем больше метиленовых групп содержится в полиамиде, тем ниже температура плавления полимера волокна, меньше водопоглощение, твердость, меньше и модуль упругости при растяжении, выше химическая стойкость, лучше электроизоляционные свойства.

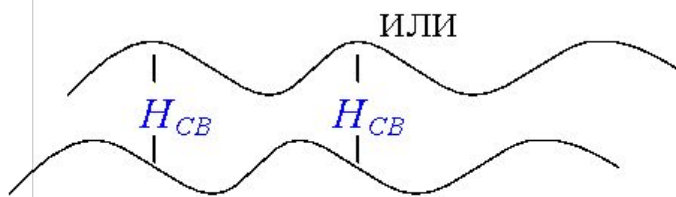
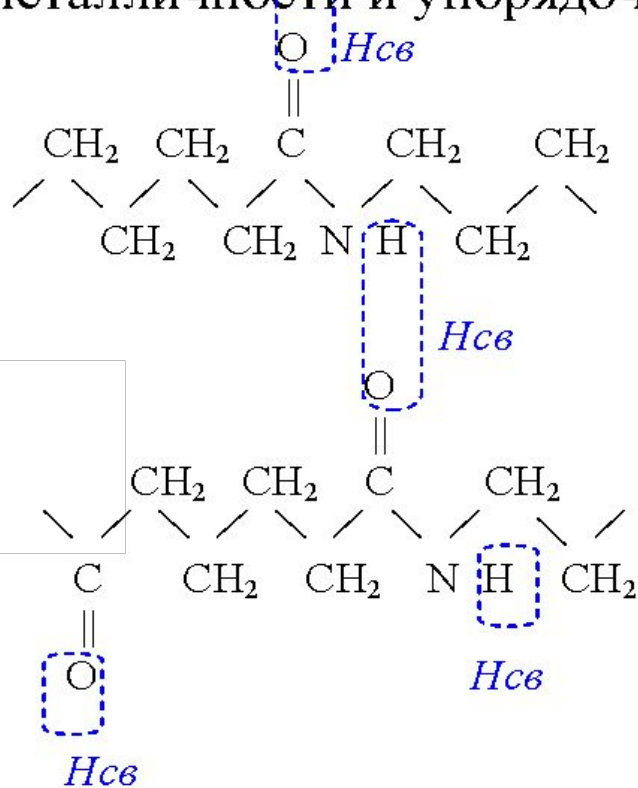
**Полиамиды, полученные поликонденсацией двух или более компонентов, плавятся при более низкой температуре, обладают большей эластичностью, меньшей прочностью и меньшей степенью кристалличности.**

**Прочность полиамидных нитей в мокром состоянии уменьшается не более, чем на 10-13 %, общее удлинение при разрыве - на 20-25 %, разрывное удлинение в мокром состоянии только на 3-5 % больше, чем в сухом. По устойчивости к истиранию полиамидные волокна превосходят все другие волокна.**

**Полиамидные волокна устойчивы к действию микроорганизмов и многих химических реагентов, в частности щелочей, но не очень устойчив к действию минеральных кислот и окислителей. Невысока термостойкость этих волокон: при 140° их прочность быстро снижается на 60-70 %.**

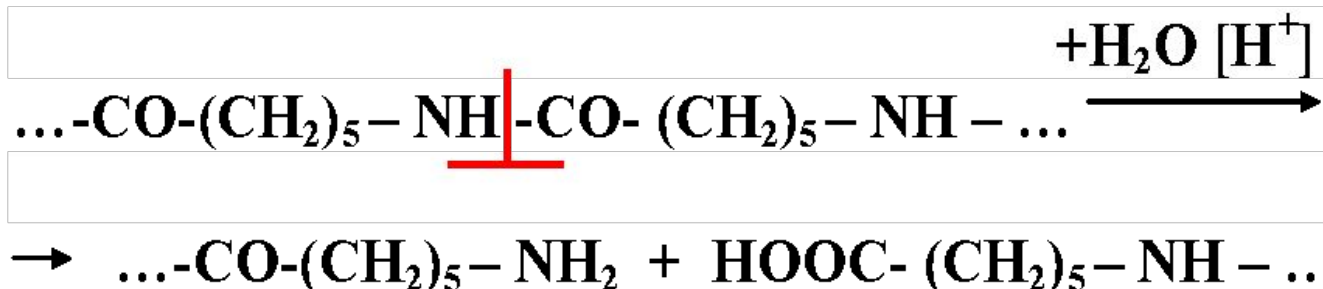
**Цепи всех макромолекул полиамидных волокон содержат группы -NH-CO-(амидные), соединяющие метиленовые группы и конечные карбоксильные -COOH и аминогруппы -NH<sub>2</sub>. С наличием подобных концевых групп связаны амфотерные свойства ПА волокон.**

Наличие в цепи макромолекул амидных групп -NH-CO- является причиной образования между соседними молекулярными цепями водородных связей и обеспечивают высокую степень кристалличности и упорядоченности структуры.



Полиамидные волокна очень чувствительны к действию неорганических кислот, а при нагревании и органических кислот. Растворитель полиамидных волокон — 85%-ная муравьиная кислота.

При повышенной температуре даже разбавленные растворы кислот вызывают деструкцию полиамидного волокна в результате гидролиза полипептидных цепей по кислотнo-амидным группам:



**Полиамидные волокна хорошо окрашиваются. Имеют наибольшую устойчивость к истиранию по сравнению с большинством химических волокон, устойчивы к действию щелочей и микроорганизмов.**

**Используются для изготовления мебельных материалов, ковров, одежных полотен, отделочных материалов для салонов самолетов, поездов, автомобилей, фильтровальных и изоляционных материалов.**

**К недостаткам полиамидных волокон относится низкий начальный модуль упругости, меньший, чем у других химических волокон, а также их гладкая поверхность, из-за чего они плохо сцепляются с другими волокнами. К недостаткам полиамидных волокон относятся также малая гигроскопичности и связанное с ней возникновение электростатического заряда, а также закатывание (пиллингуемость) и сравнительно слабая устойчивость к действию света (особенно ультрафиолетовых лучей, которые вызывают деполимеризацию). По этим свойствам полиамидные волокна одинаковы с хлопком и значительно уступают некоторым другим синтетическим волокнам.**

## Полиэфирные волокна

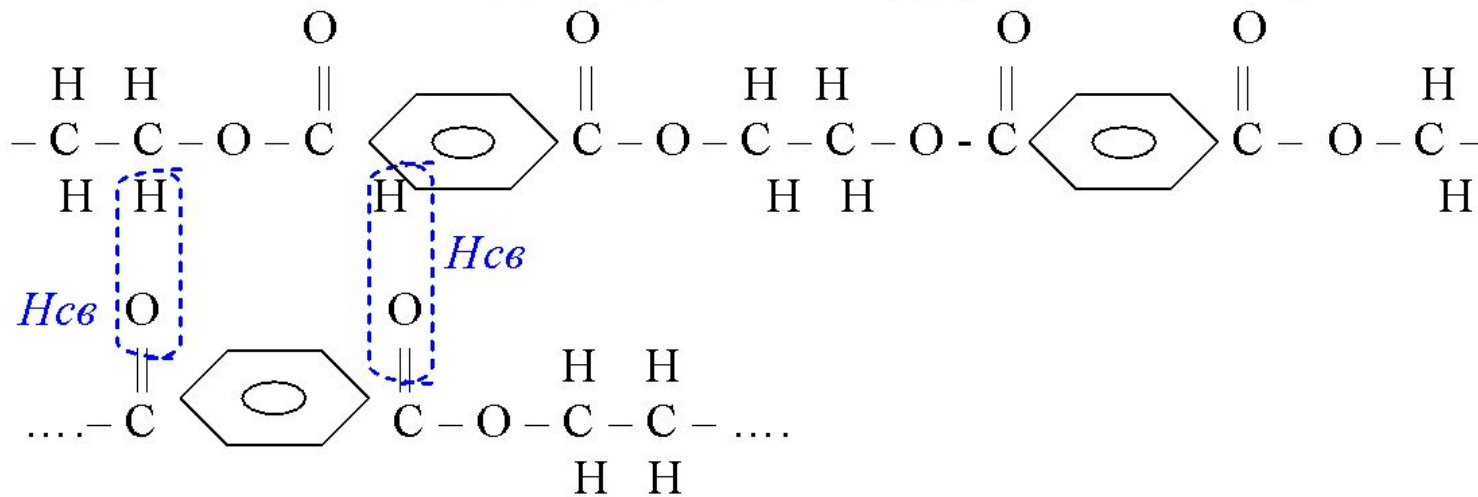
В 1949 году в промышленном масштабе волокно из полиэтилентерефталата было получено в Англии. У нас это волокно называется лавсан - сокращенное от названия «Лаборатория высокомолекулярных соединений Академии наук».

Лавсан (эфир полиэтилентерефталата) получают путем реакции поликонденсации диметилового эфира терефталевой кислоты с этиленгликолем.





Макромолекулы лавсана имеют линейную структуру с бензольными кольцами в одной плоскости и связаны друг с другом силами Ван-дер-Ваальса и водородными связями (Hсв) между кислородными атомами -O- сложноэфирных групп и атомами водорода -H- другой молекулы.



**Волокно в процессе формования из расплава подвергают вытягиванию, что обеспечивает высокую ориентацию и кристаллизацию макромолекул полиэтилентерефталата, в результате чего повышается прочность и модуль эластичности волокна. Вследствие большой плотности упаковки макромолекул и гидрофобности волокна обладают высокой стойкостью к химическим воздействиям, в воде не набухают, устойчивы к действию кипящей воды и к смятию.**

**Полиэфирные волокна характеризуются высокой стойкостью к минеральным и органическим кислотам.**

**Под действием растворов щелочей происходит постепенное поверхностное омыление полиэфирных волокон, которое усиливается с повышением температуры и концентрации щелочи. И при повышенной температуре лавсан волокно не устойчиво к действию 40% NaOH. Происходит омыление эфирных групп с образованием динатриевой соли терефталевой кислоты и этиленгликоля.**

**По стойкости к повышенным температурам полиэфирные волокна превосходят все природные и большинство химических волокон, температура размягчения волокон – 230-240<sup>0</sup>С.**

**Лавсан набухает в растворителях фенольной природы: спиртах, кислотах и др. практически полное отсутствие набухания волокна в водных средах связано с его гидрофобными свойствами. Гидрофобность определяет также высокую электризуемость и плохую окрашиваемость волокон.**

**По внешнему виду штапельное волокно из лавсана напоминает шерсть; оно эластично, прочно и очень упруго. Лавсан - самое термостабильное из всех волокон, выпускаемых в промышленном масштабе. Оно выдерживает длительно время эксплуатации при 170-175<sup>0</sup>С. Устойчив лавсан и к действию солнечного света и большинства кислот, окислителей, восстановителей, органических растворителей, нефтепродуктов. По стойкости к истиранию он уступает только полиамидным волокнам.**

**Лавсан используют в чистом виде и в смесях с шерстью, хлопком и другими волокнами. Из лавсановых волокон вырабатывают высококачественные одежные материалы, искусственный мех, ковры, набивку для одеял и подушек, войлок. Такие изделия не поедаются молью, не боятся плесени и бактерий.**

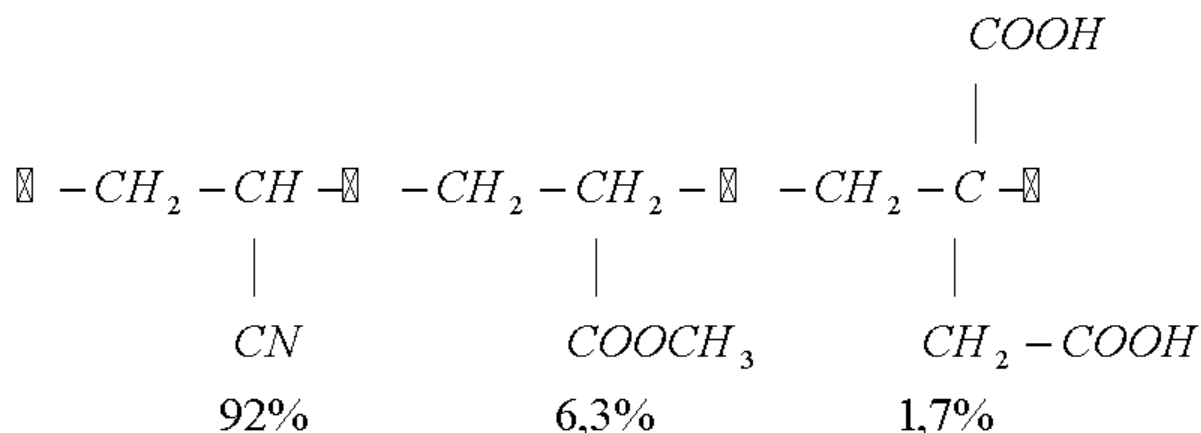
**Лавсан широко используется для технических целей. Его применяют как электроизоляционный материал, из него изготавливают искусственные кровеносные сосуды, упаковочные мешки, фильтровальные материалы, спецодежду для работников химической и металлургической промышленности и др.**

**Комплекс механических свойств (их полная неизменность в мокром состоянии), термостойкость, био- и хемостойкость, биоинертность обеспечили приоритет в применении полиэфирных волокон по сравнению со многими другими волокнами.**

## Карборцепные волокна

### *Полиакрилонитрильные волокна*

Эти волокна получают из полимера - нитрила акриловой кислоты. Сырьем для синтеза акрилонитрила служит синильная кислота и ацетилен. В основе нитрона— сополимер акрилонитрила (92%), метилакрилата (6,3%), итаконовой кислоты (1,7%).



Основой нитрона является полиакрилонитрил, путем радикальной полимеризации из акрилонитрила получают ПАН:





**Полиакрилонитрил, как и большинство других карбоцепных полимеров, не плавясь, разлагается при 350°. Поэтому формовать нити можно только из его раствора.**

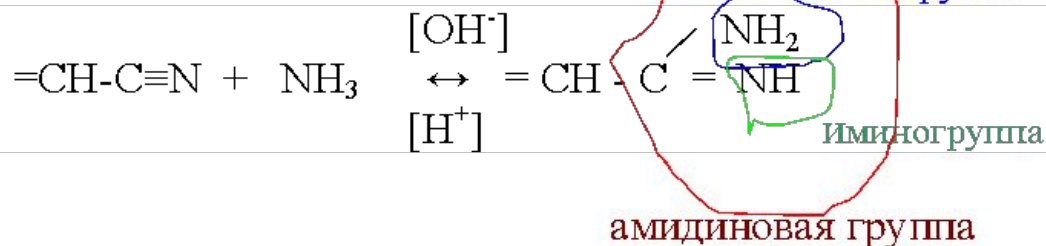
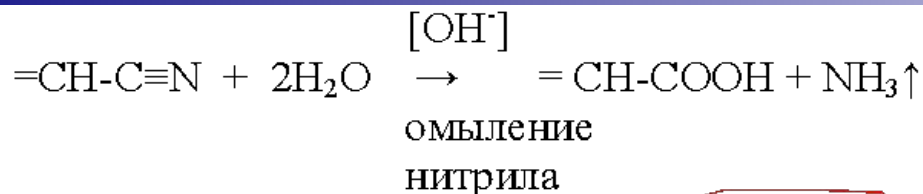
**Макромолекулы сополимера связаны между собой весьма прочными водородными связями.**

**Полиакрилонитрильные волокна устойчивы к действию минеральных кислот средней концентрации и даже концентрированных растворов уксусной и 85%-ной муравьиной кислот. В концентрированных растворах серной и азотной кислот волокна растворяются с деструкцией полимера.**

**Нитрон почти не теряет прочности в мокром состоянии, в воде не набухает.**

**Длительное выдерживание нитрона при температуре 120-130°C практически не влияет на его прочность. Температура размягчения 220-230°C. Растворитель — диметилформамид, что не позволяет использовать его в материале — основе под искусственную кожу.**

**К действию щелочей ПАН-волокна более чувствительны, чем к действию кислот: при обработке в кипящем растворе NaOH даже невысокой концентрации и температуре выше 150°C они сначала наблюдается постепенное пожелтение волокна, выделяется небольшое количество амидиновых групп — C=NH, волокна окрашивается в ярко-желтый и оранжевый цвета, а затем разрушаются.**



*желтеет из-за неустойчивой к окраске двойной связи*

**Волокно нитрон отличается многими ценными качествами: максимальной по сравнению с другими волокнами светостойкостью, устойчивостью к действию тепла, атмосферных условий, химических реагентов, микроорганизмов. Удельный вес волокон мал - 1,17 г/см<sup>3</sup>. Прочность на разрыв - до 70 кг/мм<sup>2</sup>. Она одинакова в сухом и мокром состоянии. Это объясняется малой гигроскопичностью нитрона - 0,8% при относительной влажности 65%. Плохая окрашиваемость полимера объясняется его химической инертностью. Недостатком этого волокна является и низкая устойчивость к истиранию (в 5-10 раз ниже, чем у полиамидных и полиэфирных волокон) и хрупкость.**

**Все эти недостатки устраняются путем сополимеризации акрилонитрила с другими мономерами (до 15% винилацетата, метилакрилата, стирола, акриламида или др.мономеров).**

**Из нитрона изготавливают фильтры, спецодежду, ватин, шторы, одеяла, ковры, меха, теплоизоляцию, он входит в состав многих материалов медицинского назначения. Изделия из нитрона легко стираются в теплой воде с мылом.**



## *Поливинилхлоридные волокна*

Поливинилхлорид - исходный продукт для получения волокон. Волокна имеют следующее строение



Поливинилхлорид синтезируют из этилена и хлористого водорода. Благодаря значительной полярности поливинилхлорида, обусловленной связями С-Cl, диэлектрические свойства его хуже, чем у полиэтилена и полипропилена, велики межмолекулярные силы. Это находит свое отражение в большой прочности и малой растворимости полимера, который растворяется с трудом в ограниченном числе растворителей.

Вытянутые волокна обладают высокой прочностью, но недостаточной термостойкостью. На эти свойства влияют вытяжка и термообработка. Волокно светостойко, устойчиво к воздействию химических реагентов. Положительные свойства волокна - несминаемость, хорошая теплоизоляция, сопротивление истиранию. Недостатки - высокая электризуемость, плохая окрашиваемость, так как волокно плохо впитывает влагу.

Волокна из хлорированного поливинилхлорида имеют состав:  
-CH<sub>2</sub>-CHCl-CHCl-CHCl-CH<sub>2</sub>-CHCl-CHCl-CHCl-

Дополнительное хлорирование обеспечивает процесс растворения и формирования волокна. По свойствам волокна мало отличаются от первого типа за исключением меньшей стойкости к органическим растворителям и большего удельного веса (1,47-12,6 г/см<sup>3</sup>), меньшей стойкостью к нагреванию.

В воде при температуре 70-80°C волокна сильно усаживаются, а при температуре 85-90°C размягчаются и деформируются. Волокна малогорючи, растворитель - ацетон.

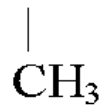
Волокно инертно по отношению к основным химическим реагентам, молеустойчиво, поэтому используется для изготовления ковров. Устойчивость к кислотам, щелочам, гниению позволяет изготавливать из хлорина фильтровальные материалы. Применяется волокно в изделиях для звуко- и огнеупорной изоляции, мебельно-декоративных, для отделки салонов самолетов, поездов, автомобилей.

Недостатком волокна является низкая термостойкость. При соединении хлорина с нитроцеллюлозой получается волокно винитрон, обладающее высокой хемостойкостью, большей температурой плавления, хорошей окрашиваемостью, гигроскопичностью, не горючее. Волокно получило широкое распространение во Франции для изготовления изделий бытового и технического назначения.

## Полипропиленовые волокна

Полипропиленовые и полиэтиленовые волокна относятся к полиолефиновым волокнам.

Полипропиленовое волокно получают реакцией полимеризации пропилена и прядением сухим методом без применения растворителей и пластификаторов:



$$n=2000$$

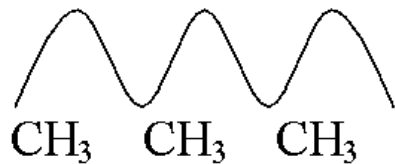
Исключительной особенностью полипропиленовых волокон является их низкая плотность 910-920 кг/м<sup>3</sup>, что позволяет существенно сократить их расход на изделия по сравнению с другими видами волокон. Однако термостойкость полипропиленовых волокон довольно низкая (100-115 °С).

Волокна не набухают в воде и не теряют прочности. Они устойчивы к действию кислот и щелочей. Растворитель — уайт-спирит (неограниченно набухают).

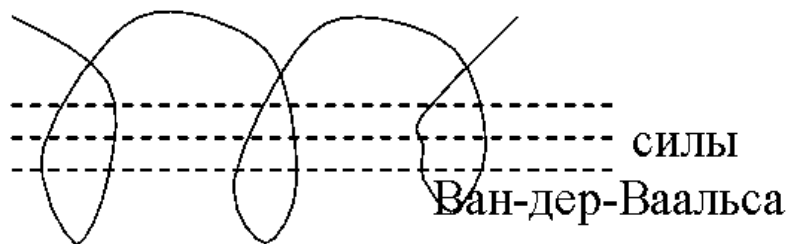
Недостатком полипропиленовых волокон является неустойчивость к действию кислорода воздуха и ультрафиолетовых лучей (окислителям при повышенной температуре). Устраняется путем введения в состав волокна термо- и светостабилизаторов. В сочетании с шерстью или хлопчатобумажными материалами используется для изготовления одежды.

Эти материалы не усаживаются и не воспринимают влаги (водоотталкивающие). Полипропиленовые штапельные волокна используют для получения нетканых материалов и в смесках с другими волокнами в изделиях, не подвергающихся действию высоких температур. Очень удачно сочетание их с целлюлозными волокнами для гигиенических целей. Изделия из этих волокон не тонут в воде. Оно прочно, хорошо выдерживает действие кислот, щелочей и микроорганизмов. Особый интерес представляют высокомолекулярные полипропиленовые волокна.

изотактический ПП



синдиотактический ПП



*Увеличение степени кристалличности за счет действия сил Ван-дер-Ваальса*

## *Полиэтиленовые волокна*

Имеют состав  $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ .

Механические свойства и термостойкость этих волокон очень низки.

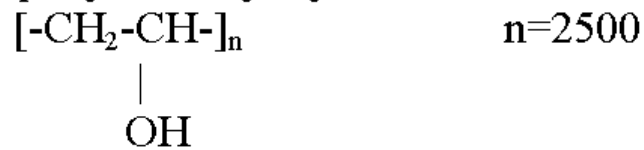
Разрывное удлинение составляет 20-30%, удельный вес - 0,9-0,92 г/см<sup>3</sup>.

Волокна не поглощают влагу и окрашиваются только в массе.

В одних странах в опытном, а в других - в промышленном масштабе вырабатывают волокна из полиэтилена (курлен, марлекс) и изотактического полипропилена (моплен). Сырьем для волокна курлен служит полиэтилен высокого давления (плотность 0,92), а для волокна марлекс - полиэтилен низкого давления (плотность 0,96). Вырабатывают два вида волокон: нормальное (прочность 23-45 кг/мм<sup>2</sup>, удлинение 4-25%, модуль упругости 500 кг/мм<sup>2</sup>) и высокомодульное (прочность 55-60 кг/мм<sup>2</sup>, удлинение 3-4%, модуль упругости 1500-2000 кг/мм<sup>2</sup>). Волокно марлекс более термо- и хемостойко, чем волокно курлен, так как в первом случае исходный продукт (полиэтилен низкого давления) имеет более высокую температуру размягчения (125°С) по сравнению с полиэтиленом высокого давления (105°С). Температурные характеристики полиолефиновых волокон вообще плохие, поэтому их не используют при повышенных температурах. При 80°С полиэтиленовое волокно теряет 80% начальной прочности. Волокна устойчивы к действию низких температур (-70-120°С), к агрессивным средам (кислоты, щелочи и т.д.) и органическим жидкостям. Существенный недостаток этих волокон - быстрое старение. Однако оно резко замедляется при введении в полимер различных противостарителей.

## *Поливинилспиртовые волокна*

Исходный материал - виниловый спирт, который в момент образования изомеризуется в уксусный альдегид:



Поливиниловый спирт растворим в воде.

Поливинилспиртовые волокна обладают наибольшей по сравнению со всеми известными синтетическими волокнами водопоглощаемостью. У более вытянутых, т.е. менее растворимых волокон, разрывное удлинение в мокром состоянии почти не изменяется.

Особенностью поливинилспиртовых волокон является их высокая гидрофильность, обусловленная большим числом ОН-групп. По гигроскопичности они близки к хлопку. Присоединение ОН-групп способствует также хорошей окрашиваемости волокон.

Волокна могут быть получают сухим и мокрым формованием.

Представителем поливинилспиртовых волокон является волокно винол. Изделия из винола износостойки, сохраняют форму и размер при горячих влажных обработках, быстро высыхают, стойки к действию кислот, щелочей, морской воды, органических растворителей, нефтепродуктов, микроорганизмов и светопогоде. Используются в чистом виде, в смесях с шерстью и хлопком. Из водорастворимого волокна изготавливают нити для хирургических швов, конструктивные волокнистые материалы.

Производство поливинилспиртовых волокон сокращается из-за высокой энергоемкости и сложности получения исходного полимера - поливинилового спирта.