

УДК 678.01:53

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРЫ
КОРДНЫХ ВОЛОКОН НА ИХ СВОЙСТВА

В. А. Берестнев, Л. С. Дубова, Е. С. Алексеева

Выбор материала для использования его в качестве конструкционного элемента изделия должен быть основан не только на базе тех свойств, которыми этот материал обладает при определенном уровне развития технологии его получения, но и главным образом на скрытых возможностях, заложенных в его строении и пока еще не реализованных. В полной мере такая постановка вопроса справедлива и при перспективной оценке шинного корда. Существование различных видов корда приводит, с одной стороны, к необходимости специализации материалов, наилучшего использования положительных свойств каждого из них в элементах конструкций; с другой стороны, неизбежно проявляется тенденция к унификации сырьевой базы перерабатывающей промышленности (в данном случае шинной), а следовательно, выбора одного материала, обладающего оптимальным комплексом характеристик эксплуатационных свойств и широкими возможностями модификации.

Решение указанных задач немыслимо без детального исследования тех особенностей структуры материала, которые являются ответственными за механические свойства корда, за его эксплуатационное поведение.

Зависимость свойств волокон от особенностей их структуры является предметом пристального изучения многочисленных исследователей на протяжении многих лет. Свойства волокон связывались главным образом с ориентацией макромолекул, их длиной, гибкостью и другими характеристиками, т. е. волокно рассматривалось как однородное тело с некоторыми неоднородностями на морфологическом уровне. Однако эти представления не позволяют объяснить ряда особенностей механических свойств волокон и изменения свойств под влиянием различных воздействий.

В свете нового направления науки о полимерах, развивающегося школой Каргина, было бы целесообразно изучить особенности макроструктурной обусловленности практически важных для кордных волокон механических свойств. Для этого волокно необходимо рассматривать не как молекулярно однородное тело, а как систему, состоящую из субструктурных элементов. Нужно их описание, выяснение взаимного расположения и связи. Требуется оценка их изменений под влиянием разнообразных воздействий и, наоборот, их стабильности при той или иной обработке, а также устойчивости формы всей системы. В частности, одной из наиболее актуальных проблем является выбор такой структуры кордных волокон, которая претерпевала бы минимальные изменения или вообще не изменялась. Волокна, обладающие лучшими свойствами в исходном состоянии и стабильной структурой, и будут наиболее ценными кордными материалами.

Постановка работы в рассмотренном аспекте требует наряду с проведением структурных исследований и описания механических свойств. В излагаемой ниже работе использованы результаты оценки ряда показателей механических свойств, полученные совместно с Нагдасевой, Лыткиной и Сулеймановой.

Обработка некоторых экспериментальных данных осуществлялась с применением вычислительной техники. Расчеты на ЭВМ подготовлены и проведены Николаевым.

Часть результатов получена совместно с сотрудниками ряда научно-исследовательских организаций. Некоторые эксперименты по оценке структуры волокон выполнены с Гатовской, Файнбергом, Разиковым и Кочкаревой.

Экспериментальная часть

В настоящее время в качестве шинного корда используются, в основном, полiamидные и вискозные волокна. Поэтому представлялось целесообразным провести исследование структурной обусловленности свойств на примере именно таких волокон.

Для сопоставления структуры капроновых волокон выбран корд без стабилизатора и стабилизированный ди- β -нафтил- n -фенилендиамином (ДНФДА), полученный во ВНИИВ под руководством Михайлова.

Сопротивление утомлению стабилизированного корда в несколько раз выше серийного при одинаковой исходной прочности.

Для сравнительного изучения кордных материалов из регенерированной целлюлозы были выбраны так называемые низкотроточный (28–30 км) и сверхпрочный (48–53 км) вискозный корд. В процессе получения сверхпрочного вискозного корда также используются особые вещества, изменяющие структуру материала — модификаторы.

Результаты некоторых механических испытаний исследованных образцов приведены в таблице.

Для характеристики структуры применяли как методы непосредственного наблюдения (световая и электронная микроскопия), так и ряд методов косвенной структурной оценки. К ним следует отнести, прежде всего, нефелометрию, сорбционный метод и методы исследования релаксационных свойств волокон, которые позволили подтвердить результаты изучения структуры волокон, полученные с помощью микроскопии.

При использовании ряда методов разработаны и применены некоторые новые приемы исследования образцов и обработки экспериментальных данных. Разработан метод оценки двойного лучепреломления волокна по толщине, метод нефелометрического определения упорядоченных частиц в волокнах, несколько приемов протравливания образцов и др. Детализация некоторых из указанных приемов описана ниже.

Результаты исследований

1. Структура волокна. Результаты изучения ультратонких срезов с помощью электронной микроскопии свидетельствуют о том, что исследованные волокна состоят из крупных фибриллярных элементов структуры — макрофибрилл. Волокно можно раздробить на эти элементы при срав-

Результаты механических испытаний кордных волокон

Образец корда	Прочность нити, кг	Удлинение при разрыве, %	Неровнота, %		Выносливость при многократном растяжении, тыс. циклов	Прочность после обработки *	
			по прочности	по удлинению		кг	% к исходному
Капроновый серийный	15,6	29,0	2,2	—	160	—	—
Капроновый стабилизированный	15,6	26,0	2,5	—	565	7,7	46
Вискозный сверхпрочный	17,4	17,0	3,5	3,5	—	—	—
Вискозный низкотроточный	10,9	12,8	3,5	5,0	—	—	—

* Многократное растяжение — сжатие (12/12%) после прогрева в течение 100 час. при 150° с последующим разрывом на динамометре.

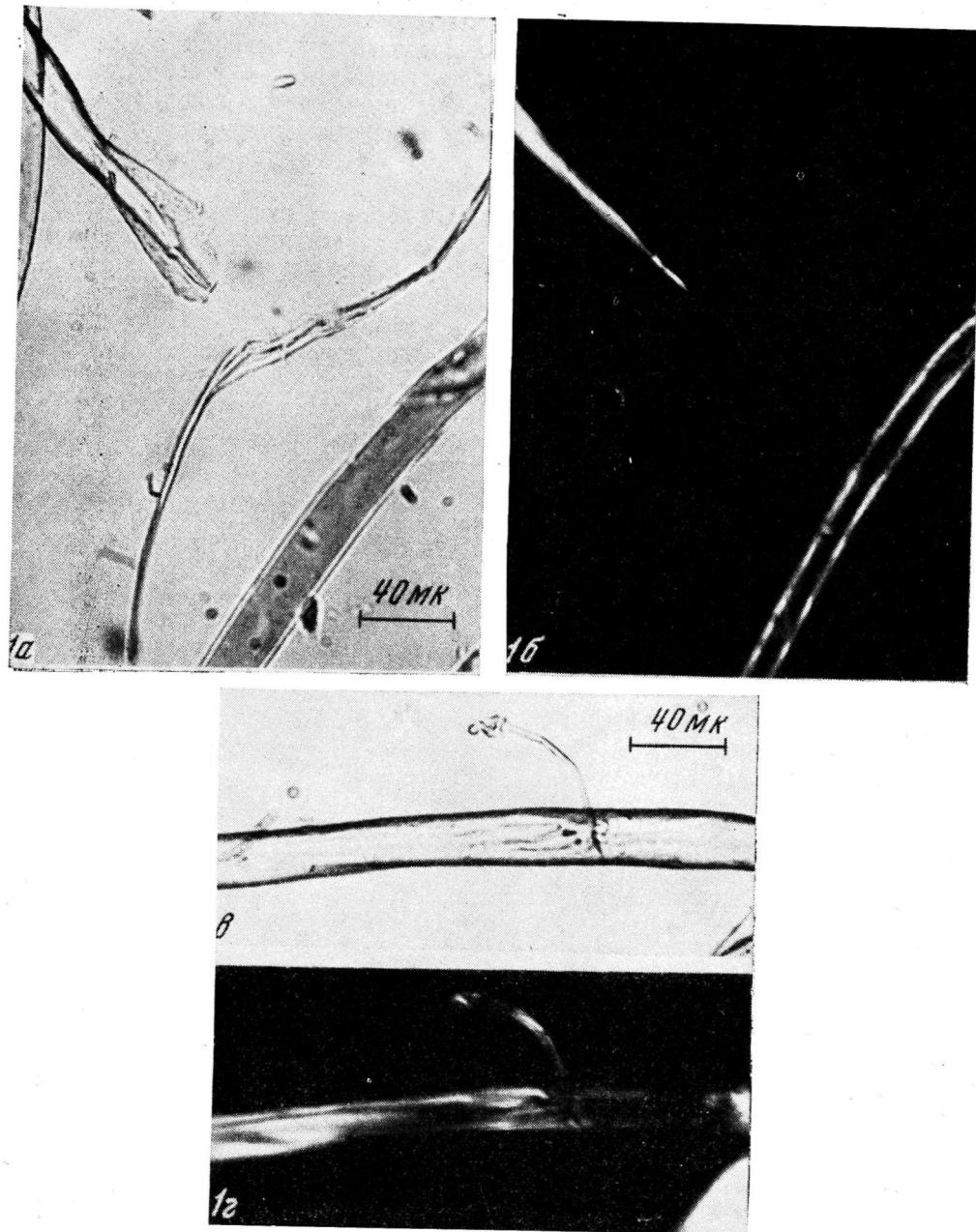


Рис. 1. Микрофотографии протравленного полиамидного волокна: а, в — поляроиды параллельны; б, г — поляроиды скрещены

нительно небольшой механической обработке. Диаметр макрофибрилл около 1 мк, а длина может достигать нескольких десятков микрон. Такие фибриллы удается обнаружить и с помощью световой микроскопии, если слегка проплавить поверхность волокна слабым растворителем или растереть волокно между предметными стеклами. Макрофибриллы могут состоять как из совершенно неориентированного полимерного материала, так и из полимера, ориентированного в несколько раз больше, чем все волокно в среднем (рис. 1).

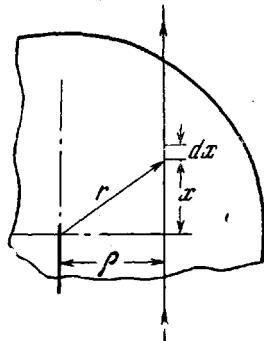


Рис. 2. Схема хода луча через сечение волокна

Межфибриллярное вещество является как бы склеивающей пленкой, обладающей всеми свойствами склеиваемых объектов. В этом случае вся система монолитна, и в ней трудно разделить составляющие ее элементы. Обособленность макрофибрилл в разных участках волокна может быть различной. С помощью измерения двойного лучепреломления по толщине волокон, подвергнутых особой обработке, удалось показать, как в зависимости от способа производства волокна изменяется характер фибрillизации материала.

Эта методика основана на следующих предпосылках. Луч поляризованного света проходит через волокно (рис. 2) снизу вверх (показано стрелкой). Экспериментально можно определить разность хода вдоль этого луча и изменение ее по толщине волокна. Обозначим эту функцию $f(p)$, а изменение разности хода вдоль луча $\phi(r)$. На участке dx разность хода составит $\phi(r) dx$. Поскольку $x = \sqrt{r^2 - p^2}$, то $dx = r dr / \sqrt{r^2 - p^2}$. Тогда изменение разности на упомянутом участке $\phi(r) r dr / \sqrt{r^2 - p^2}$. Но таких участков на пути выбранного луча два (один из них не показан на схеме; он расположен симметрично изображеному относительно горизонтальной оси чертежа). Так как ρ — величина переменная и изменение ее известно — $f(\rho)$, можно получить:

$$f_1(\rho^2) = 2 \int_{\rho}^1 \phi(r) dr^2 / \sqrt{r^2 - \rho^2}.$$

Решая это интегральное уравнение как уравнение Абеля, получаем

$$\phi_1(\rho^2) = \frac{2}{\pi} \int_{\rho^2}^1 f_1(r^2) dr^2 / \sqrt{r^2 - \rho^2}.$$

Для интерполяции $f(\rho)$ и решения указанного уравнения составлена программа для обработки результатов на ЭВМ.

Исследование двойного лучепреломления формы производили путем сопоставления $\phi(r)$ ненабухшего и набухшего волокон. В качестве межструктурного пластификатора выбран бензиловый спирт. Разность этих функций в соответствии с эффектом Бинера характеризует главным образом фибрillлярность объекта.

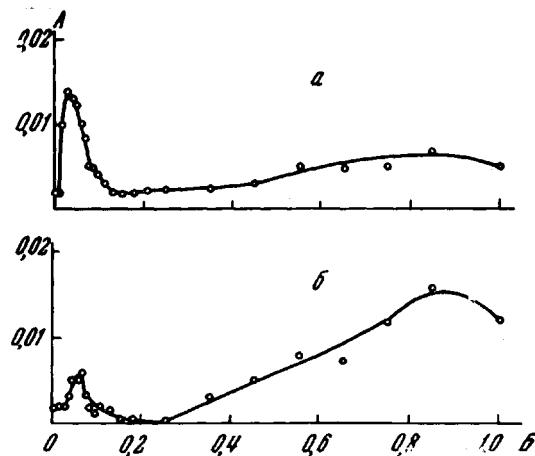


Рис. 3. Оценка характера фибрillлярности схематического (а) и стабилизированного (б) капрового волокна

A — разница двойного лучепреломления, B — относительное расстояние от поверхности

На рис. 3 приведены полученные таким образом кривые для серийного и стабилизированного капроновых волокон. Из этих данных следует, что серийное волокно наиболее фибрillизовано в участках, лежащих недалеко от поверхности. Наоборот, максимальная фибрillизация стабилизированных волокон наблюдается в их центральной части.

Другим видом фибрillлярных элементов структуры, составляющих волокна, являются микрофибрillы, т. е. агрегаты полимерных молекул. Эти элементы структуры также неодинаково упорядочены. Это особенно резко проявляется при длительном прогреве (отжиге).

На рис. 4, а (см. вклейку к стр. 2707) показан ультратонкий срез вискозного волокна, прогретого при 100° в течение 100 час. На микрофотографии видно микрофибрillлярное строение препарата.

Внутри макрофибрill многих кордных волокон существуют частицы, названные ввиду их особой формы асимметричными частицами. Эти пластинчатые, иглоподобные или споровидные элементы структуры. Форма их зависит от химического состава полимера, из которого изготовлено волокно, от способа производства волокна, от добавляемых в растворы и расплавы перед формированием модификаторов и стабилизаторов.

На рис. 4, б, в, в' приведены микрофотографии ультратонких срезов разных кордных волокон. Отчетливо видны асимметричные частицы. Такие элементы структуры могут быть как угодно далеко упорядочены, о чем свидетельствуют данные, полученные с помощью микродифракции, производимой во время изучения препарата в электронном микроскопе. Вследствие такой высокой упорядоченности асимметричные частицы должны обладать особым комплексом механических свойств. Асимметричные частицы в волокне размещаются по-разному. Они могут входить в различные ассоциаты (сферолиты, отдельные их части, плоскости, ленты, иглы, штабелевидные или фанероподобные образования и др.) и существовать совершенно разрозненно. Количество асимметричных частиц в разных волокнах различно. На рис. 4, в' приведены микрофотографии разных препаратов ультратонких срезов одного и того же волокна. Эти данные свидетельствуют о том, что даже в одном волокне асимметричные частицы распределены неравномерно. По визуальной оценке микрофотографий объемная доля их может превышать 60—70 %.

Рассмотренные частицы представляют значительный интерес: они наблюдаются только в образцах достаточно прочных химических волокон. Среднюю концентрацию таких частиц в волокне можно оценить с помощью нефелометрии путем изучения изменения оптической плотности раствора по мере постепенного растворения материала.

Еще одной особенностью надмолекулярной структуры волокон, характерной как для исследованных образцов, так и для многих других химических волокон, является слой материала, обладающий определенной структурой, отличной от структуры иных участков волокна. Этот слой расположен под поверхностной оболочкой. Элементы его структуры в поперечном сечении волокна ориентированы радиально. Подобный слой обычно называют транскристаллическим.

Помимо обсуждавшихся структурных форм имеются и многие другие формы. Они различны для разных волокон.

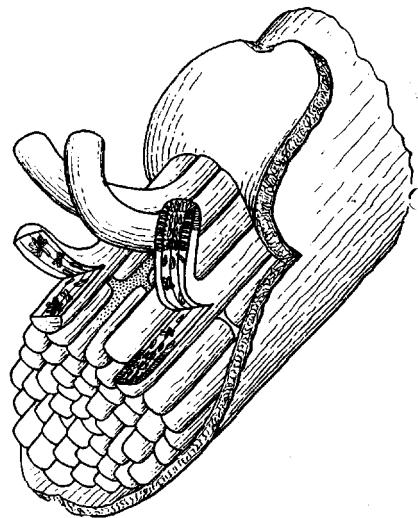


Рис. 5. Схема строения волокна

На основании упомянутых экспериментальных данных составлена схема строения волокна, в которой указаны все рассмотренные элементы структуры (рис. 5).

2. Структурная обусловленность свойств волокон. Сравнительные испытания разных видов полиамидного и вискозного корда позволили количественно установить различия в свойствах этих материалов. Основные показатели приведены в таблице. Исследования механических свойств описаны в работах [1—6].

Образцы сверхпрочного вискозного корда почти в два раза прочнее, чем низкопрочного. Это приводит к улучшению ряда других показателей, одни-

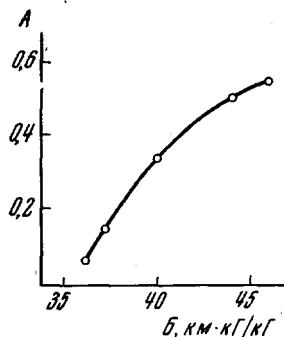


Рис. 6. Зависимость относительной прочности волокна (B) от количества асимметричных частиц (4)

ных по некоторым показателям, которые связаны, например, с многократным изгибом или длительным прогревом образцов, низкопрочный вискозный корд находится на уровне сверхпрочного или даже несколько превышает его.

У образцов капронового корда полуциклические характеристики одинаковы, а показатели многоциклических испытаний резко различаются. Стабилизированный корд почти в три раза лучше серийного.

Чтобы выяснить, чем обусловлены такие различия в свойствах, следует вернуться к рассмотрению особенностей структуры волокон. При сопоставлении данных структурного анализа было замечено, что рассмотренные выше асимметричные частицы содержатся только в высокопрочном и сверхпрочном вискозном корде. В низкопрочных волокнах их нет. Данные о влиянии количества асимметрич-

ных частиц на прочность волокна получены с помощью нефелометрии. Для различных вискозных волокон было показано, что с увеличением количества асимметричных частиц возрастает разрывная длина волокна.

Волокна, структура которых состоит из асимметричных частиц, размещенных в менее упорядоченной среде, подобны по своему строению некоторым армированным системам, например ряду стеклопластиков, составленных обычно из термопластичного или термореактивного связующего полимера, в который вводится мелко нарезанное стеклянное волокно. Прочность подобного сложного материала может быть в несколько раз выше прочности связующего полимера, но несколько ниже прочности наполнителя (волокна).

В исследованных образцах волокон армирующий наполнитель состоит из того же вещества, что и связующее, но наполнитель и связующее резко отличаются по свойствам. Таким образом, волокно является не армированной, а самоармированной системой. В ней разные элементы структуры обладают различным строением и свойствами, но одинаковым химическим составом.

Интересно отметить, что представления о самонаполнении и самоармировании выдвигались ранее в работах Александрова и Лазуркина [7], а также Каргина и Козлова [8]. По-видимому, подход к рассмотрению структуры полимерных материалов, как армированных систем, может оказаться весьма перспективным.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что волокна, содержащие асимметричные частицы, ведут себя как типичные армированные материалы. Увеличение количества таких частиц приводит к возрастанию прочности волокна. Это наблюдалось на серии вискозных кордных волокон (рис. 6). Уменьшение размеров армирующих частиц при сохранении объема всех частиц, т. е. при увеличении их количества, вызывает резкое улучшение многоциклических характеристик при сохранении полуциклических. Этот эффект особенно отчетливо проявляется при сопоставлении серийного и стабилизированного капронового корда.

В армированных системах напряжения распределяются неравномерно. Возникают внутренние напряжения, обусловленные различными механическими свойствами компонентов системы. Роль связующего при этом сводится к тому, что оно обеспечивает одновременность работы всех частиц асимметричного наполнителя, более или менее равномерно распределяет по нему напряжения. Армирующие же частицы являются такими элементами структуры, которые воспринимают нагрузку, прикладываемую ко всей системе. Они как бы служат несущим каркасом системы.

В рассматриваемых волокнах элементами структуры, воспринимающими основную прикладываемую к волокну нагрузку, являются асимметричные частицы. Полимерные молекулы в них в значительной степени ориентированы и упорядочены. Поэтому прочность таких образований при условии малого количества дефектов в них должна приближаться к теоретической прочности материала.

Напряжения же в волокне по асимметричным частицам распределяются через мало упорядоченный фибрillлярный материал — связующее.

Наличие в структуре волокна асимметричных частиц может оказывать существенное влияние не только на прочностные, но и на деформационные показатели. Деформация такого материала обуславливается, очевидно, упругостью и устойчивостью формы системы этих жестких, практически нерастяжимых элементов. Хотя каждый элемент деформируется крайне мало, вся система может деформироваться значительно, поскольку такая деформация может быть связана с поворотом и взаимным перемещением армирующих элементов. Действительно, волокно с самоармированной структурой, например сверхпрочное вискозное волокно, наряду с высокой прочностью обладает и большим удлинением при разрыве.

При упорядоченном расположении асимметричных частиц в волокне, как это было показано на одном из исследованных образцов, достигнуть высокого удлинения не удается, хотя прочность такого волокна намного больше прочности остальных сверхпрочных волокон, у которых частицы расположены произвольно.

На механические свойства волокон, как армированных систем, определенное влияние оказывает и взаимодействие между наполнителем и связующим. Когда взаимодействие между упорядоченными асимметричными частицами и малоупорядоченным окружающим их веществом относительно не очень большое, волокна обладают довольно невысоким модулем растяжения (например, сверхпрочное вискозное волокно, серийное капроновое волокно). Наоборот, когда элементы надмолекулярной структуры хорошо связаны друг с другом, модуль растяжения волокна высокий (вискозное волокно, сформованное в сильно кислую ванну, полиэфирное волокно). Эксперимент показывает, что в волокнах с высокими деформационными показателями асимметричные частицы перемещаются внутри макрофибрил при деформации материала. Такие перемещения осуществляются не только между асимметричными частицами, но и между частицами и окружающим их слабоупорядоченным веществом. В результате миграции частиц в структуре материала может возникнуть довольно жесткий каркас всей системы. Такое явление характерно, например, как показано в работах Догадкина [9] и Бартенева [10], для саженаполненных резин. Возникновение каркаса приводит к существенному перераспределению напряжений в материале, к иному механизму изменения структуры при последующей деформации образца.

Материал волокна структурно неоднороден не только из-за существования в нем асимметричных частиц, но и по своему микрофибрillлярному составу. Особенно четко это проявляется при изучении структурных изменений низкопрочного вискозного волокна при его прогреве. Поэтому структуру волокна можно рассматривать следующим образом. В малоупорядоченном материале находятся в значительной степени упорядоченные фибрillлярные частицы. Такая композиция похожа на армированные материа-

лы типа струнобетона, и еще более на армированные пластики с сетчатой армировкой, так называемые «штрекпластик».

Сетка из упорядоченных фибропластичных элементов придает каркасность всему материалу и несколько улучшает его свойства. Поскольку у низко прочного вискозного волокна такая каркасность проявляется в большей степени, чем у сверхпрочного, и значительно развивается при длительном прогреве, поскольку ухудшение свойств низкопрочного волокна под влиянием высокой температуры происходит медленнее и меньше, чем у сверхпрочного волокна.

Итак, высокие показатели механических свойств рассматриваемых кордных волокон обусловлены эффектом самоармирования, проявляющимся двояко. С одной стороны, в волокне существуют упорядоченные асимметричные частицы, которые окружены малоупорядоченным материалом. С другой стороны, система уплотненных фибропластичных элементов структуры пронизывает менее плотный и менее упорядоченный материал.

Представляется интересным подчеркнуть, что существующая даже у очень хороших в настоящее время волокон надмолекулярная структура еще далека от совершенства. Целесообразно было бы, по-видимому, изменить количество и размер асимметричных частиц, а также равномерно и упорядоченно расположить их в материале.

Определенное влияние на то или иное поведение волокон в различных механических полях оказывают и особенности морфологии этих материалов. Существование резко разграниченных слоев способствует концентрации напряжения вблизи поверхности их контакта. Это может ускорить разрушение материала. Однако, как известно, развитие дефектов в волокнах в подавляющем большинстве случаев начинается с поверхности. При таком ходе процесса вследствие существования в материале различных слоев возможна локализация дефекта в поверхностном слое. Поскольку толщина этого слоя по сравнению с толщиной всего волокна невелика, ухудшение его свойств заметно не отразится на свойствах материала в целом. Другими словами, середина волокна предохраняется от разрушения, ухудшается только поверхностный слой, а весь материал остается работоспособным. Такое замедление процесса разрушения корда четко проявляется при эксплуатации его в шинах.

На механические свойства волокон влияет и макропористость образцов. Пустоты, являющиеся нарушениями сплошности тела не только уменьшают сечение образца, но и концентрируют напряжения, что приводит к ухудшению свойств материала. Однако наличие макропор может облегчить развитие в материале больших деформаций в результате деформаций его губчатой формы, но не самого вещества, составляющего волокна. Оно деформируется незначительно, а малые деформации приводят и к меньшему его разрушению даже при больших деформациях всего изделия.

Таким образом, ухудшение некоторых механических свойств волокон, обусловленное особенностями их морфологии, может компенсироваться улучшением этих свойств и даже возникновением новых свойств, которые не проявляются в сплошной системе.

В свете изложенных соображений об эффекте самоармирования целесообразно сопоставить структуры исследованных образцов с целью выяснения тех ее особенностей, которые оказывают существенное влияние на определенные группы характеристик механических свойств, а также являются отличительным для материалов определенного химического состава.

Сравним структуру низкопрочного и сверхпрочного вискозных волокон. На составленной на основании полученных экспериментальных данных и приведенной на рис. 7, схеме, подчеркнуты различия их структуры. В низкопрочном волокне микрофибриллы не четко выделяются в нефибропластичной массе. Фибропластизация происходит лишь при прогреве. Упорядоченные частицы имеют произвольную, но не асимметричную форму. Макрофибриллы представляют собой неправильные цилиндры неоднород-

ные по толщине. Пустоты неравномерно распределены в волокне. Поперечное сечение волокна имеет извилистый контур, строение ориентационной «рубашки» резко отличается от строения середины волокна. Сверхпрочное волокно обладает достаточно отчетливо выраженной микро- и макрофибрillлярной структурой, содержит упорядоченные асимметричные частицы, имеет крупные пустоты, равномерно распределенные во всем объеме материала. Поверхностная оболочка тонкая и упорядоченная. Сечение волокна

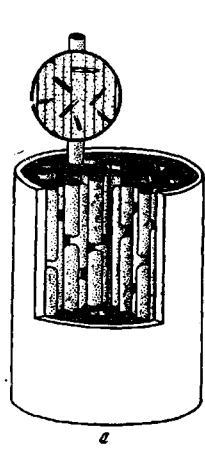


Рис. 7. Схема строения сверхпрочного (а) и низкопрочного (б) вискозных волокон

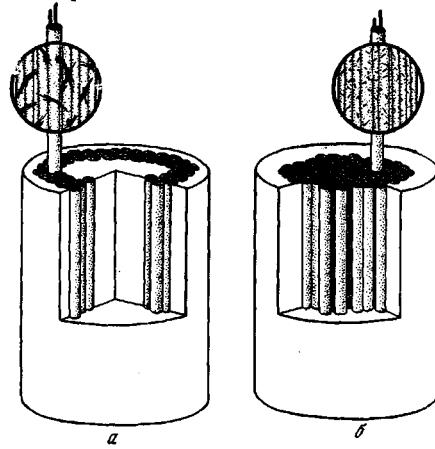


Рис. 8. Схема строения нестабилизированного (а) и стабилизированного (б) капроновых волокон

почти круглое. Несмотря на многие различия в структурных деталях преобладающее влияние на разницу механических свойств оказывает строение упорядоченных частиц, наполняющих волокно, и количество таких частиц (см. рис. 6).

На рис. 8 приведены схемы строения нестабилизированного и стабилизированного капроновых волокон. Нестабилизированное волокно, обладающее низким сопротивлением утомлению, имеет крупные асимметричные частицы. Структура этого материала наиболее фибрillизована близ поверхности. У стабилизированного волокна размер асимметричных частиц в несколько раз меньше, а фибрillизация максимальна в центре. Различие указанных основных особенностей структуры и определяет разницу многоцикловых характеристик механических свойств. В этом случае общая масса асимметричных частиц одинакова для того и другого волокна, поскольку не наблюдается резкого различия их прочности, как у вискозных волокон.

Сопоставляя капроновое и вискозное волокна, можно заметить, что хотя в структуре этих материалов много общего, принципиальное их построение одинаковое, но имеются и существенные различия. Так, механические свойства вискозных волокон определяются, равным образом, наличием и количеством асимметричных частиц. Их формирование в полимере закладывается, в основном, при его осаждении по выходе струи раствора из фильтры. На дальнейших стадиях процесса возможно лишь разрушение крупных структур на составные элементы. Другими словами, процесс направленного синтеза надмолекулярной структуры волокна трудно управляемый, не гибкий. Механические же свойства капроновых волокон обусловлены, в первую очередь, той или иной фибрillизацией структуры, которую можно изменять как при формировании, так и во время вытяжки. Кроме того, размеры частиц изменяются в зависимости от введения стабилизатора. Таким образом, управление создаваемой структурой капронового волокна более разнообразно. При правильном выборе параметров оптими-

зации легче получить структуру материала, обладающего наилучшими свойствами.

Преимущества капроновых волокон заключаются и в их свойствах, и в особенностях их строения. В процессе многократных механических воздействий проявляется упругость формы фибрill, которые спирально расположены в волокне. Такие спирали не разрушаются, а деформируются как упругие пружины. В то же время асимметричные частицы, которые являются основным несущим элементом сверхпрочного вискозного волокна, подвергаются только разрушению, так как перемещение их в слабоупорядоченном материале затруднено.

Выводы

1. С помощью методов непосредственного наблюдения и косвенной структурной оценки изучены особенности надмолекулярной структуры капроновых и вискозных кордных волокон и показано, что надмолекулярная структура кордных волокон очень сложна. Составлена схема строения волокна, учитывающая основные элементы структуры.

2. Сформулированы представления о двояком характере эффекта самоармирования, развивающемся в кордных волокнах. На основании этого интерпретируется структурная обусловленность механических свойств материала.

3. Выделены особенности строения капроновых волокон, резко отличающихся по сопротивлению утомлению, и вискозных волокон с разной прочностью.

Научно-исследовательский институт
шинной промышленности

Поступила в редакцию
11 XI 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Берестнев, М. Б. Лыткина, В. Ф. Евстратов, В. А. Каргин, Химич. волокна, 1961, № 6, 29.
2. В. А. Берестнев, М. Б. Лыткина, Н. И. Гречушкина, В. А. Каргин, Химич. волокна, 1962, № 3, 45.
3. И. П. Нагдаева, В. А. Берестнев, Л. С. Дубова, Изв. высш. учебн. завед. Технол. легкой пром-сти, 1964, № 3, 29.
4. В. А. Берестнев, И. П. Нагдаева, З. М. Козырева, Л. Г. Токарева, З. И. Потемкина, Н. В. Михайлов, В. А. Каргин, Химич. волокна, 1964, № 2, 35.
5. В. А. Берестнев, В. А. Орлова, З. И. Сулейманова, В. А. Каргин, Каучук и резина, 1963, № 3, 10.
6. В. А. Берестнев, К. Х. Разиков, В. А. Каргин, Химич. волокна, 1962, № 4, 51.
7. А. П. Александров, Ю. С. Лазуркин, Докл. АН СССР, 45, 308, 1944.
8. Л. Я. Макарук, П. В. Козлов, В. А. Каргин. Высокомолек. соед., 2, 93, 1960.
9. Б. А. Догадкин, А. И. Лукомская, Сб. Труды III конференции по коллоидной химии, Изд-во АН СССР, 1956, стр. 371.
10. Г. М. Бартенев, Л. Н. Вишницевая, Коллоидн. ж., 18, 135, 1956.

EFFECT OF STRUCTURE OF CORD FIBERS ON THEIR PROPERTIES

V. A. Berestnev, L. S. Dubova, E. S. Alekseeva

Summary

The results of studying of structural features of different fibers, the way of their constitution, relation of structure to mechanical properties, structure changes at cord rapture have been considered and generalized. It has been concluded that capron fiber to some extent exceeds one of viscous not only on the behavior achieved by existing technology but also on potent possibility of structural modification of these materials.