

Как научить синтетику дышать

— Да, синтетика. Но мне нравится это в девушках!

Из фильма
«Мой любимый марсианин»

Всем хороша одежда из синтетических волокон. Она сравнительно недорога, прочна, долговечна, она не интересна моли и плесени, мало намокает и быстро сохнет, не мнется, медленно пачкается и легко отстирывается. Однако сегодня придирчивый покупатель недоволен морщится, прочитав на бирке, что свитер или белье синтетические. Ведь при всех своих достоинствах синтетика имеет два существенных недостатка: она плохо пропускает воздух и электризуется.

Последний недостаток, хоть и рождает массу неудобств (пыль прилипает к одежде, к телу, она искрит и бьет током), легко устраним с помощью антистатиков, повышающих поверхностную электропроводность ткани. А вот второй недостаток пока еще не удается ликвидировать. Даже комбинируя разные виды натуральных, искусственных (из природных полимеров) и синтетических (из синтетических полимеров) волокон, технологи не всегда получают удовлетворительный результат.

Что же плохого в том, что синтетика не пропускает воздух? Во-первых, затрудняется кожное дыхание, а во-вторых — и это гораздо хуже, — кожа плохо охлаждается. Нагретый телом воздух остается под одеждой, а перегретая кожа «задыхается» и потеет, поскольку включается механизм охлаждения. Но пот будет испаряться лишь до тех пор, пока прилегающий к ней воздух не перенасытится влагой, которая не может выйти из-под удушливой ткани, а потом начинается перегрев. Не случайно колбасу и сыр не рекомендуют хранить в закрытом полиэтиленовом пакете — они быстро портятся из-за отсутствия вентиляции и избытка влаги. Точно так же потеет и человек в одежде из синтетики, изнывая от жары и летом, и зимой, несмотря даже на умеренную температуру, влажность воздуха и интенсивную работу своей охлаждающей системы. Все знают, как сыро ногам в резиновых сапогах и туфлях из кожзаменителя.

Почему же любой неприродный материал (резина, кожзаменитель, пленка или

синтетика) плохо пропускает воздух? Если говорить о заменителях кожи, резине, пленках, клеенках, то тут все ясно — они не «дышат», поскольку сплошные. В них, в отличие от естественных материалов — кожи, бумаги и других, — нет пор, пропускающих воздух. В некоторых современных материалах этот недостаток устраняют — в сплошной пленке пробивают многочисленные микроотверстия (микроперфорацию), пропускающие нагретый воздух и испаренную влагу. Именно так устроены новые мембранные материалы типа «хайпора» или «гортекс» (см. «Химию и жизнь» 2003, № 5). Но если сравнивать ткани, сделанные из природных и химических волокон, то окажется, что они вроде бы ничем существенным не различаются: и те и другие — это переплетения нитей с зазорами-ячейками между ними, которые должны пропускать воздух.

Действительно, ячейки есть во всех тканях, но достаточно увидеть их под микроскопом, чтобы понять, что они разные. Зазоры между нитями, спряденными из природных волокон, скажем, хлоп-



В промышленности волокна получают, продавливая полимер через фильеры

ка и льна, как и сами нити, большие и грубые — их видно невооруженным глазом. А зазоры между химическими нитями почти неразличимы без микроскопа или лупы. В этом и кроется причина плохой проницаемости синтетики для воздуха и пара. Ведь по законам аэро- и гидродинамики скорость течения жидкости или газа через малое отверстие пропорциональна квадрату его поперечника. Поэтому по части «дыхания» синтетика с ее мелкими ячейками сходна со сплошной полимерной пленкой, полностью перекрывающей ток воздуха. Впрочем, именно благодаря этому свойству синтетические материалы незаменимы

во многих областях техники. Фильтры, обивка, защитные чехлы, кожухи, паруса яхт, парашюты, воздушные шары — везде, где надо замедлить прохождение воздуха через ткань, ничего лучше синтетики не придумать.

Казалось бы, проблему можно решить, расширив зазоры между нитями, чтобы ячейки легче пропускали воздух. Но такой путь невозможен, синтетические нити не могут располагаться свободно, словно в теннисной ракетке, и расстояние между ними обычно равно их же диаметру. Причина в том, что нити удерживаются в ткани только трением, значит, их надо туго натянуть и плотно пригнать друг к другу — иначе ткань распадется. (Речь идет именно о тканях, а не о трикотаже, для которого проблема «дыхания» в целом решена. В трикотаже размеры ячеек в меньшей степени зависят от толщины нитей, поскольку они держатся не на трении, а в основном за счет плетения. Поэтому петли в нем можно делать гораздо шире.) Выходит, что именно малая толщина химического волокна и не позволяет ткани пропускать воздух. Кстати, по той же причине плохо «дышат» ткани из тонких искусственных волокон и даже ткани из природного шелка. Недаром именно из дорогого и тонкого шелкового волокна делали прежде купола парашютов и оболочки воздушных шаров и змеев.

Сделать толще синтетические волокна тоже не получится, поскольку их толщина определяется самой технологией изготовления. Жидкая полимерная масса, словно вода из душа, струйками выдавливается сквозь многочисленные тончайшие отверстия специального диска (фильеры) и на лету полимеризуется в тонкие, как паутина, нити. Выходит, все просто — надо сделать шире отверстия фильеры, и волокно получится толще? Но размер отверстий выбран малым не случайно — макромолекулы жидкого (растворенного или расплавленного) полимера, пройдя сквозь тонкие отверстия, выстраиваются вдоль оси струйки. В образовавшейся нити молекулы расположены строго упорядоченно, и это придает ей одновременно прочность и эластичность.

Если же отверстия увеличить, то уменьшится прочность выходящего из них волокна (особенно это заметно у стекловолокна). К тому же толстые волокна получаются слишком жесткими и негнущимися в сравнении с природными нитями той же толщины, а значит, неудобной будет и одежда из них. Попробуйте плотно намотать на тонкий стержень сначала хлопчатобумажную нитку, а затем леску той же толщины. Нить наматывается легко, а леска пружинит и сразу же разматывается. Дело в том, что нить в отличие от лески не сплошная — она свита из многих волокон, что снижает ее жесткость.



Что же тогда мешает соединить и свить тонкие химические волокна в толстые пряденные нити? Именно таким путем и пошли технологи, хотя он и не очень простой. Синтетические волокна плохо сцепляются и легко расплетаются. Происходит это не только из-за жесткости, но и потому, что у них маленький коэффициент трения (вспомним полимерные подшипники скольжения). Химические ткани нередко сразу можно узнать по гладкой блестящей поверхности. Именно из-за плохого сцепления тут же расплетается разрезанная капроновая нить, и ее конец приходится заваривать над пламенем.

Получается, что еще один недостаток синтетических волокон — это их совершенство, излишняя правильность в сравнении с природными. Идеально гладкая поверхность, малая смачиваемость, низкий коэффициент трения, большая жесткость, правильная круглая форма поперечного среза волокна — все это препятствует надежному сцеплению синтетических волокон. Кстати, именно в плохой смачиваемости и ровной поверхности причина повышенной электризуемости синтетики. На волокнах не удерживается проводящая ток влага, и электропроводность оказывается недостаточной для того, чтобы стек накопленный поверхностный заряд.

Итак, чтобы синтетическое волокно больше походило на природное, его структуру надо делать менее совершенной, правильной и симметричной. Для этого можно подбирать полимеры с большим коэффициентом трения и искусственно создавать на поверхности волокон неровности и зазубрины, чтобы шершавые волокна, спряденные в нить, цеплялись друг за друга. Ведь и жесткие шерстинки животных держатся в пряже и войлоке благодаря микрочешуйкам на их поверхности. Можно пофантазировать и предложить технологам искажать поверхность еще не застывших волокон, скажем, с помощью ультразвука либо химически протравливать уже готовое волокно. Однако на практике проще сделать отверстия фильеры особой формы, чтобы нить не была круглой. Так, еще в 60-х годах прошлого века Фриц Боланд разработал технологию получения профилированного полиамидного волокна, имевшего не круглый, а звездчатый профиль сечения — такие волокна хорошо сцеплялись и позволяли прясть из них толстые нити с широкими зазорами. Ткани и трикотаж из такого полиамида не электризовались, не образовывали катышков и хорошо пропускали воздух и влагу. Технология была запатентована, но мне не приходи-

ука есть несколько выступов — паутинных бородавок, снабженных множеством микроскопических подвижных паутинных трубочек (их бывает до 600 штук и более). Через отверстия этих трубочек, словно через отверстия фильеры, выдавливается белковая жидкость, застывающая на воздухе в тонкие сплошные и идеально ровные волоконца. На этом сходство с процессом производства искусственного волокна заканчивается. Вместо того чтобы разлететься в стороны, подобно каскаду струй в фонтане, сотни волоконца (бородавки обычно работают не все сразу, а поочередно: паук регулирует плотность нити, меняя число элементарных волоконца), еще не успев окончательно застыть, сплетаются и склеиваются быстрыми движениями паутинных трубочек в нити со сложной структурой. Так получается невероятно прочная и эластичная паутина.

Если бы удалось сделать некое подобие паучьего прядильного аппарата, то, быть может, синтетические волокна и стали бы походить на натуральные. Достаточно создать фильеру соответствующей конструкции, а отверстия в ней расположить таким образом, чтобы не до конца застывшие волокна переплетались и склеивались на лету в более толстые воздушные нити. Паук может делать паутину различной толщины и плотности — для этого ему достаточно немного сблизить или развести паутинные бородавки. Эту идею можно воспроизвести при помощи нескольких подвижных фильер. Портить структуру таких клееных из многих волоконца нитей уже ни к чему: они и без этого будут иметь сложный рельеф поверхности и хорошо сцепляться друг с другом благодаря торчащим из них петлям элементарных волоконца. Именно такие петли, похожие на одну из сторон застёжки-«липучки», удерживают паучью лапу на крибеллярной нити — филигранном творении некоторых видов пауков.

Конечно, до паутинного аппарата нам, людям, еще далеко, но кое-какие шаги в этом направлении уже сделаны. В начале 90-х технологи разработали особые дышащие тонковолокнистые полиамидные нити, с фирменными названиями «тактель» (концерн Дюпон) и «мерил» (концерн Нилстар). Тактель, например, состоит из множества сверхтонких волокон (их число иногда сто и больше), причем каждое из них в 15 раз тоньше шелка. В этих материалах особое значение имеет и форма профиля волокон (которая обеспечивает хорошее сцепление) — она задается формой отверстий в фильерах. Новые микроволокна пока более других похожи на паутинную нить. Конечно, трикотаж из таких синтетических нитей уже не сравним с «кримпленом» 70-х — он дышит и не электризуется. Теперь дело за тканями.

С.А.Семиков

Типы	Основные виды	Примеры и торговые названия волокон	
натуральные (природные) волокна	минеральные	асбест	
	растительные	хлопок, лён, джут	
	животные	шелк, шерсть, волос	
химические волокна	искусственные*	целлюлозоэфирные	ацетатные, триацетатные
		целлюлозные	медноаммиачные и вискозные (модал, лайоселл, тенсел, полинозик, купро)
		резиновые	каучуковые жгуты
	синтетические	полиакрилонитрильные	акрил, нитрон, акрилан, орлон, вольпрюла, дралон, куртел, кашмилон, пан, волькрилон, прелан, крилон, амикор, акрил, ветрелон, анилан, беслон, экслан, боннель
		полиамидные	анид, найлон, капрон, энант, перлон, дедерон, амилан, ниплон, полан, силон, стилон, тактель, мерил, микрофибра, лилион, кевлар, номекс, фенилон
		поливинилспиртовые	винол, кремон, куралон, виналон, винал
		поливинилхлоридные	виньон, ровиль, мовиль, тевиرون
		полиуретановые	лайкра, эластан, вайрин, неолан, спанцел, дорластан, линел, спандекс
		полипропиленовые	геркулон, пайлен, мераклон
		полиэфирные	лавсан, дакрон, викрон, кодель, терилон, тергаль, теторон, элан, тесил, гризутен, ланон

* на западе искусственные волокна часто обозначают собирательным словом ройон (Roion)

Перечислить все химические волокна сложно. Их создано огромное множество, каждая страна и фирма дает своему волокну особое фирменное название. Поэтому многие волокна называются по-разному не столько из-за различий в составе и структуре, сколько из-за различных производителей.

Слева — сечение ткани мерил (производитель «Нильстар»), справа — сечение ткани тактель диаболо (производитель «Дюпон»). Из этих волокон изготавливают ткани для различных видов белья



лось читать, чтобы ее широко внедрили в производство.

Поверхность волокна можно сделать шершавой и иначе — если неровности волокна будут создавать составляющие его мелкие волоконца, объединенные в одно крупное. Именно такие нити прядет паук. Способ, которым он создает свои удивительные, до сих пор технические не превзойденные творения, отчасти напоминает производство химического волокна. На брюшке па-