

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Р.Н. Томашева

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Разделы: «Текстильные материалы»,
«Искусственные и синтетические материалы»**

Курс лекций

для студентов специальности 1-50 02 01 «Производство одежды,
обуви и кожгалантерейных изделий»

Витебск
2020

УДК 685.34.03
ББК 37.255
Т 34

Рецензенты:

начальник отдела подготовки производства ОАО «Красный
октябрь» Кузьмина Д.А.;

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
технического регулирования и товароведения Буркин А.Н.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 10 от 30.12.2019.

Томашева, Р. Н.

Т 34 Материаловедение. Разделы «Текстильные материалы»,
«Искусственные и синтетические материалы» : курс лекций /
Р. Н. Томашева. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 219 с.
ISBN 978-985-481-636-4

Курс лекций содержит основные понятия о строении и свойствах текстильных, искусственных и синтетических материалов, применяемых для производства одежды, обуви и кожгалантерейных изделий, особенностях технологии их производства и её влиянии на качество материалов. Предназначен для студентов специальности 1-50 02 01 «Производство одежды, обуви и кожгалантерейных изделий».

УДК 685.34.03
ББК 37.255

ISBN 978-985-481-636-4

© УО «ВГТУ», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	6
1.1 Текстильные волокна	6
1.1.1 Классификация текстильных волокон	6
1.1.2 Строение и свойства натуральных волокон	8
1.1.3 Химические волокна	20
1.1.3.1 Общая характеристика и история развития химических волокон	20
1.1.3.2 Способы получения химических волокон и нитей	23
1.1.3.3 Строение, свойства и технология получения искусственных волокон	28
1.1.3.4 Строение и свойства синтетических волокон	33
1.2 Текстильные нити	46
1.2.1 Классификация текстильных нитей	46
1.2.2 Технологические процессы прядильного производства	54
1.2.3 Характеристики строения и свойств волокон и нитей	60
1.3 Ткани	65
1.3.1 Классификация и строение тканей	65
1.3.2 Основы ткацкого производства	90
1.4 Трикотажные полотна	102
1.4.1 Классификация и строение трикотажных полотен	102
1.4.2 Основы трикотажного производства	113
1.4.3 Вязанотканые полотна	117
1.5 Строение и производство нетканых полотен	118
1.5.1 Классификация и способы получения нетканых полотен	118
1.5.2 Характеристики структуры нетканых полотен	128
1.6 Искусственный мех	131
2 ИСКУССТВЕННЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ КОЖИ, ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	137
2.1 Классификация и строение искусственных и синтетических мягких кож, пленочных материалов	137
2.2 Производство мягких искусственных и синтетических кож, пленочных материалов	144
2.3 Строение и свойства искусственных материалов для каркасных деталей изделий	161
3 КАРТОНЫ	164
3.1 Классификация обувных картонов. Сырье для производства картонов	164
3.2 Технологические процессы производства обувных картонов	166
3.3 Строение и свойства картонов	171

4 СИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ НИЗА	174
ОБУВИ	
4.1 Классификация синтетических материалов для деталей низа обуви	174
4.2 Обувные резины	175
4.2.1 Классификация обувных резин	175
4.2.2 Состав сырой резиновой смеси	177
4.2.3 Производство подошвенных резин	191
4.3 Полиуретаны для низа обуви	206
4.4 Термопластичные материалы для низа обуви	211
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	217

Витебский государственный технологический университет

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Материаловедение» относится к учебным дисциплинам модуля «Материаловедение» компонента учреждения высшего образования, предусмотренного образовательным стандартом ОСВО 1-50 02 01-2018 для студентов, обучающихся по специальности 1-50 02 01 «Производство одежды, обуви и кожгалантерейных изделий».

Курс лекций по учебной дисциплине «Материаловедение» составлен в соответствии с учебной программой дисциплины и предназначен для формирования у студентов комплекса знаний о составе, строении, свойствах и технологии изготовления материалов, применяемых при производстве одежды, обуви и кожгалантерейных изделий, особенностей их назначения и применения в швейной и кожевенно-обувной промышленности.

В курсе лекций рассмотрены вопросы строения, свойств и технологии производства текстильных, искусственных и синтетических материалов. Представлены классификация, особенности состава, структуры и характеристики свойств текстильных волокон и нитей, рассмотрены строение различных текстильных полотен и изделий (ткани, трикотаж, нетканые материалы, искусственный мех), описаны методы определения параметров строения и свойств различных текстильных материалов, особенности технологии их производства.

Представлена качественная характеристика основных ассортиментных групп искусственных и синтетических материалов для одежды, обуви и кожгалантерейных изделий. Обозначены особенности строения и свойств различных типов мягких искусственных и синтетических кож, искусственных материалов для стелечно-каркасных деталей обуви и кожгалантерейных изделий, синтетических полимеров, используемых для изготовления деталей низа обуви. Рассмотрены основные этапы и процессы производства различных видов искусственных и синтетических материалов, а также влияние способов производства материалов на их свойства, обозначены основные дефекты, возникающие в процессе производства и снижающие качество получаемых материалов.

Изучение представленного в курсе лекций материала обеспечит формирование у студентов необходимых профессиональных компетенций, позволит сформировать комплекс необходимых знаний в области строения, свойств и технологии производства материалов для изделий легкой промышленности, приобрести практические навыки по измерению и оценке параметров строения и показателей свойств материалов для одежды и обуви, выявлению взаимосвязей структуры и свойств материалов и учету особенностей строения и свойств материалов при разработке конструкции и технологии изготовления изделий легкой промышленности.

1 ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1 Текстильные волокна

1.1.1 Классификация текстильных волокон

К текстильным материалам относятся: ткани, трикотаж, нетканые полотна, нити, искусственный мех.

Основным исходным сырьем для производства текстильных материалов являются текстильные волокна и нити.

Волокно – протяженное, гибкое и прочное тело с малым поперечным сечением, ограниченной длины.

Текстильная **нить** отличается от волокна большей длиной – до сотен метров.

Волокна классифицируются по происхождению (способу получения) и химическому составу (рис. 1.1).

Натуральные волокна формируются в природе без непосредственного участия человека и состоят из органических гетероцепных природных высокомолекулярных и неорганических (минеральных) соединений.

Натуральные текстильные волокна могут быть растительного происхождения – целлюлозные (хлопок, лен и пр.) и животного происхождения – белковые (шерсть, шелк).

К *химическим* относятся волокна, создаваемые в заводских условиях формированием их из переработанных природных или синтетических полимеров.

Доля химических волокон в мире из года в год постоянно увеличивается, что обусловлено следующими причинами:

- 1) дефицитом и дороговизной натуральных сырьевых ресурсов;
- 2) непрерывным техническим прогрессом, который приводит к созданию полимерных веществ, успешно заменяющих по качественным характеристикам природные полимеры.

Химические волокна подразделяются на искусственные и синтетические. Искусственные волокна получают из высокомолекулярных органических соединений растительного и животного происхождения, встречающихся в природе в готовом виде (целлюлоза, белки), путем их химической переработки.

К искусственным волокнам и нитям, полученным из растительных органических соединений, относятся вискозные, полинозные, триацетатные и др. К волокнам из белков растительного происхождения относятся зеиновое волокно, а из белков животного происхождения – казеиновое волокно. Синтетические волокна и нити получают путем переработки высокомолекулярных веществ, синтезируемых из низкомолекулярных органических соединений.

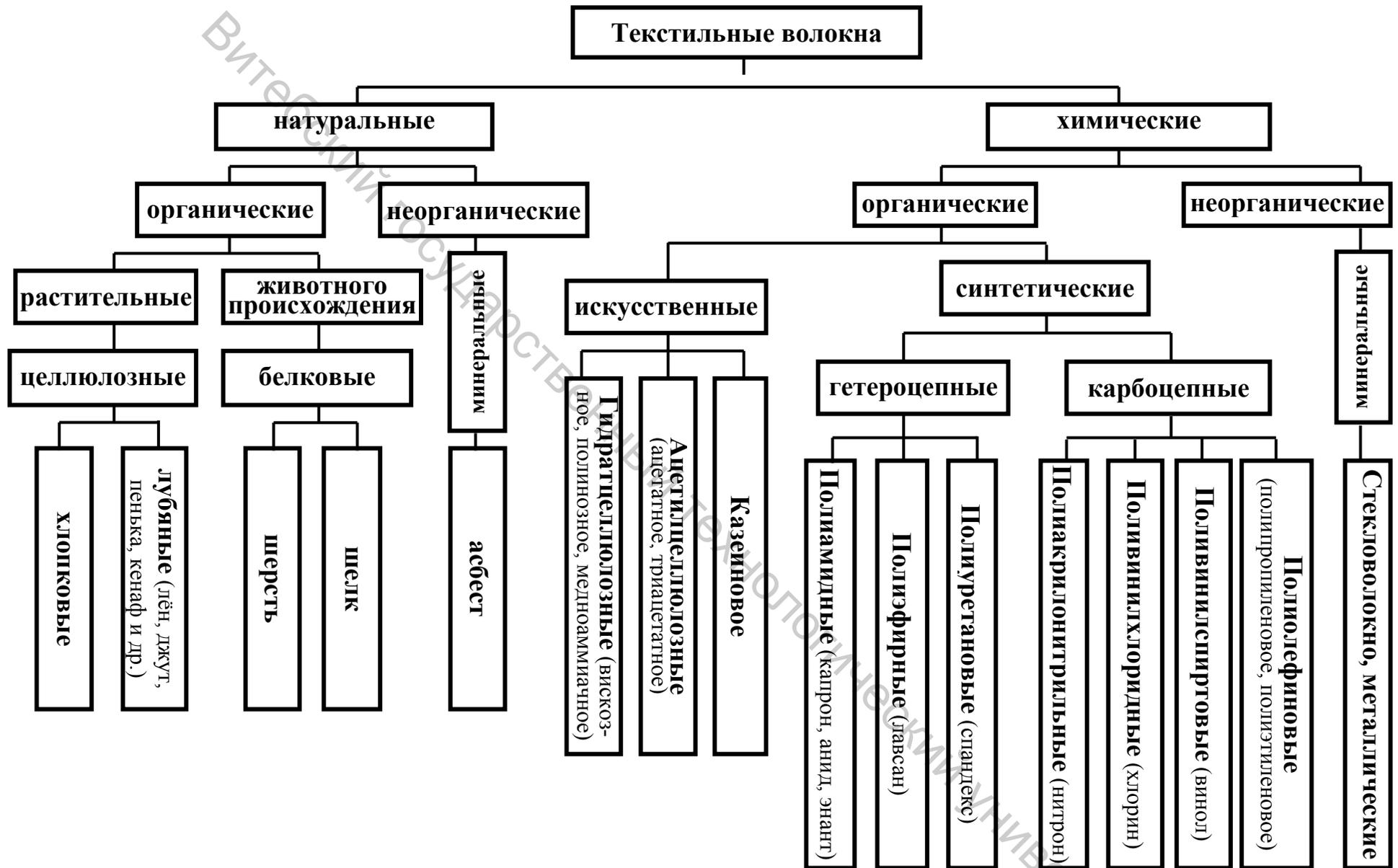


Рисунок 1.1 – Классификация текстильных волокон

Синтетические волокна и нити подразделяют на гетероцепные и карбоцепные. Карбоцепными называют волокна и нити, получаемые из полимеров, в основной цепи макромолекул которых имеются только атомы углерода. Гетероцепные волокна образуются из полимеров, в основной молекулярной цепи которых кроме атомов углерода содержатся атомы других элементов.

По структуре текстильные волокна и нити делят на элементарные, т. е. не делящиеся в продольном направлении без разрушения, и комплексные, состоящие из продольно скрепленных элементарных волокон и нитей.

1.1.2 Строение и свойства натуральных волокон

К натуральным волокнам растительно происхождения относят хлопковые и лубяные волокна.

Лубяными называют волокна, которые содержатся в стеблях, листьях или плодах растений – лен, пенька, джут, кенаф, кендырь, волокна абаки, ананаса, рами, юкки, кокосовой пальмы и других растений.

Для производства изделий легкой промышленности наибольшее распространение получили хлопок и лен.

Хлопок. Хлопком называют волокна, покрывающие семена растения хлопчатника.

Хлопчатник представляет собой кустарниковое однолетнее растение высотой 70–150 см (рис. 1.2). Произрастает в Средней Азии и Закавказье.



Рисунок 1.2 – Хлопчатник

Наиболее распространены два ботанических вида хлопчатника: косматый и барбадосский.

Косматый (волосистый) хлопчатник дает средневолокнистый хлопок ($T = 0,16-0,22$ текс) с длиной волокна до 35 мм, которое используется для изготовления пряжи средней толщины, идущей для выработки тканей типа ситец, бязь и др.

Барбадосский хлопчатник дает тонковолокнистый ($T = 0,13-0,15$ текс) хлопок с длиной волокна до 55 мм. Из него вырабатывают тонкую пряжу, идущую для выработки тканей типа батиста, поплина и др.

Хлопковое волокно до 98 % состоит из полимера α -целлюлозы ($-C_6H_{10}O_5-$) (рис. 1.3). Помимо α -целлюлозы в состав хлопкового волокна входят также низкомолекулярные фракции целлюлозы (1,5 %), жиры и воски (около 1 %), азот, белковые, зольные (до 0,5 %) и другие вещества, которые расположены между надмолекулярными образованиями основного полимерного вещества.

Макромолекула α -целлюлозы имеет циклоцепное строение (рис. 1.4). Элементарные звенья α -целлюлозы с помощью глюкозитной связи (-O-) соединяются в линейные циклоцепные макромолекулы, содержащие 5000–6000 звеньев.

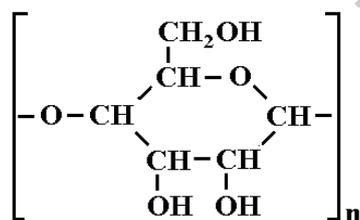


Рисунок 1.3 – Звено α -целлюлозы



Рисунок 1.4 – Циклоцепная схема структуры макромолекулы

Макромолекулы, в результате полимеризации, в пространстве образуют элементарные волокнистые («нитевидные») структуры – фибриллы спиралеобразной формы.

Наличие в элементарном звене α -целлюлозы трех гидроксильных групп (-OH-) обеспечивает волокнам и материалам из них способность хорошо взаимодействовать с влагой.

Волокно хлопка имеет трубчатое строение, меняющееся по мере его развития (рис. 1.5). В начальный период своего развития волокно представляет собой тонкостенную (0,2–0,5 мкм) трубочку, заполненную протоплазмой, из которой в результате процесса фотосинтеза выделяется α -целлюлоза. По мере созревания волокна фибриллы целлюлозы отлагаются на стенках волокна, размещаясь спирально под определенным ($20-40^\circ$) углом к оси волокна. Толщина стенок волокна увеличивается за счет отложений целлюлозы от периферии к центру, канал уменьша-

ется, соотношение между внешним и внутренним диаметрами волокна и форма (извитость) изменяются.

К моменту созревания протоплазма в канале высыхает, стенки спадают, а волокна приобретают вид извитых сплюснутых ленточек (рис. 1.5). Природная извитость хлопка объясняется спиральным расположением фибрилл.

Качество хлопкового волокна зависит от степени его зрелости.

Степень зрелости определяется отношением наружного D и внутреннего d диаметров волокна

$$Z = \frac{D}{d}. \quad (1.1)$$

Различают 11 степеней зрелости волокна: от 0 (незрелое волокно) до 5 (предельно зрелое волокно) с интервалом 0,5 (рис. 1.5). Для производства текстильных материалов наиболее пригодны волокна со степенью зрелости 2,5–3,5.

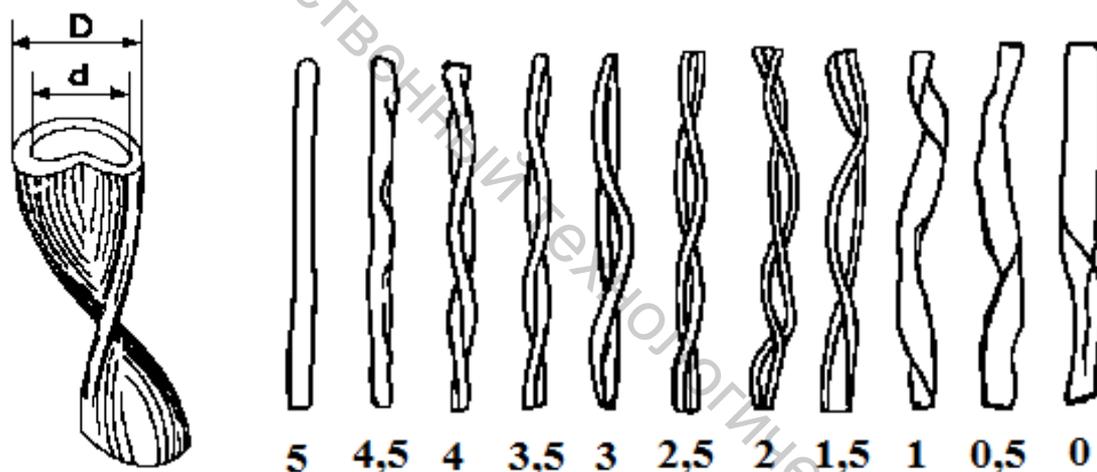


Рисунок 1.5 – Продольный вид волокон хлопка разной степени зрелости

В зависимости от длины волокна различают коротковолокнистый хлопок длиной до 27 мм, средневолокнистый хлопок длиной 27–35 мм и длиноволокнистый хлопок длиной 35–50 мм. Волокна с длиной от 5 до 20 мм называют пухом и используют при производстве ваты, нетканых полотен и искусственных волокон.

Извитость (количество извитков на 1 мм длины волокна) составляет: для средневолокнистого хлопка – 8–9, для тонковолокнистого – 10–12.

Свойства хлопковых волокон:

1. Плотность хлопка составляет 1,52–1,56 мг/мм³.
2. Имеют белый или слегка кремовый цвет.
3. Устойчивы к действию влаги и тепла.

4. Гигроскопичны (до 20 %), быстро впитывают влагу и быстро высыхают.

5. Термостойки. В сухом состоянии хлопок выдерживает нагревание до температуры 150 °С без существенного ухудшения механических свойств. При нагреве свыше 170–180 °С разрушение их идет более интенсивно, и при 250 °С волокна обугливаются.

6. Прочность волокон зависит от степени их зрелости, в среднем относительная разрывная нагрузка составляет 27–36 сН/текс. Удлинение при разрыве – 7–8 %.

7. В отличие от прочих видов волокон, у хлопковых волокон в мокром состоянии прочность увеличивается на 10–20 %.

8. Хлопчатобумажные ткани легко сминаются, так как приблизительно 50 % от общей деформации составляет пластическая ее часть.

9. Под действием солнечных лучей и кислорода хлопковые волокна постепенно теряют прочность, становятся жесткими и хрупкими.

10. Неустойчивы к кислотам. Под действием кислот, особенно минеральных, хлопок разрушается. Более устойчивы хлопковые волокна к действию щелочей. При обработке 18–20%-м раствором щелочи, целлюлозные волокна набухают, распрямляются, сопутствующие им низкомолекулярные соединения частично разрушаются, в результате чего повышаются прочность и блеск волокон, улучшается способность к окрашиванию.

Лён. Льняные волокна получают из стеблей специального вида льна – льна-долгунца.

Лён-долгунец представляет собой однолетнее травянистое растение с прямым не ветвистым стеблем высотой 80–90 см и диаметром 1–2 мм. Произрастает в России, Беларуси, Польше, Германии, Франции, Китае и других странах.



Рисунок 1.6 – Внешний вид растения льна-долгунца и льняных волокон

Стебель льна (рис. 1.7) состоит из:

- покровной ткани 1, состоящей из ряда клеток, покрытых снаружи тонкой пленкой – кутикулой;
- паренхимы коры стебля 2, состоящей из тонкостенных равно- великих и неодревесневших клеток, между которыми расположены льняные волокна 3;
- тонкого слоя камбия 4, состоящего из клеток, жизнедеятель- ность которых обеспечивает рост льна;
- слоя древесины 5, являющегося остовом всего стебля;
- сердцевины 6, состоящей из рыхлых клеток, после отмирания которых образуется полость стебля.

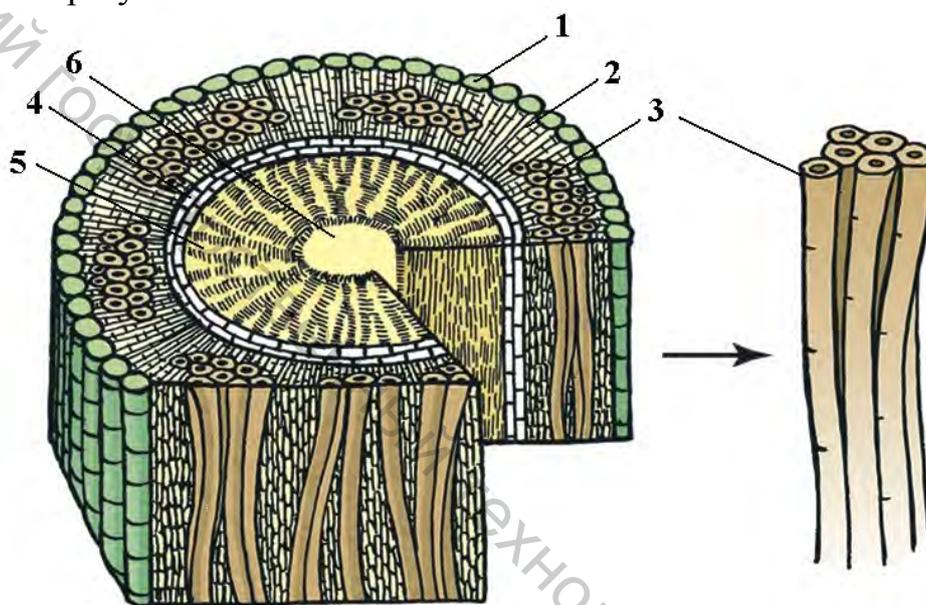


Рисунок 1.7 – Поперечный срез льняного стебля

Все слои стебля от покровного до камбия называют корой стебля или лубом.

Волокна льна (прозенхимные клетки) образуют в паренхиме коры пучки, состоящие из отдельных элементарных волокон, которые равномерно расположены по окружности стебля. В стебле льна содержится 20–25 пучков с числом элементарных волокон в каждом из них от 15 до 30.

Элементарное волокно льна имеет сильно вытянутую веретенообразную форму (рис. 1.8). В поперечном сечении представляет собой пустотелый многогранник с толстыми стенками, узким внутренним каналом и заостренными концами. Волокно имеет первичную и вторичную стенки, в которых фибриллы расположены по спирали с углом наклона к оси волокна 8–12°. В слоях вторичной стенки по мере приближения к каналу угол наклона фибрилл уменьшается и может достигать 0°. Слоистая структура волокна образуется в результате постепенного отложения целлюлозы на его стенках. Длина волокна льна составляет 10–38 мм, поперечник 12–37 мкм.

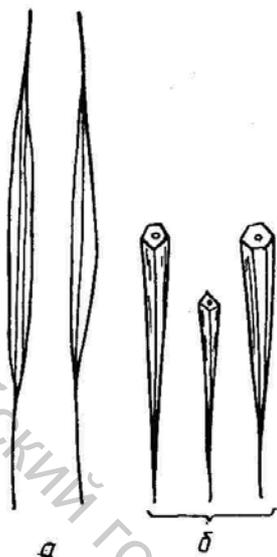


Рисунок 1.8 – Строение элементарного волокна льна: а – внешний вид, б – поперечное сечение

Отдельные элементарные волокна соединяются между собой в пучки с помощью срединных пластинок, состоящих из пектиновых веществ и лигнина. Пучки элементарных волокон образуют технические волокна длиной 170–250 мм с поперечником 150–250 мкм.

Основным полимерным веществом льняных волокон является α -целлюлоза (80 %). Помимо α -целлюлозы в волокне содержатся низкомолекулярные фракции, лигнин, жировосковые, белковые и зольные вещества. Наличие в составе волокон лигнина придает им жесткость и хрупкость, а из-за содержания пектиновых веществ они хуже, чем хлопковые, противостоят действию тепла, влаги, микроорганизмов и труднее окрашиваются.

Первичная обработка собранного льна состоит из нескольких процессов механических, физических и химических воздействий с целью выделить из стебля пучки волокон. В начальный период обработки в результате расстила льняных стеблей на полях нарушаются связи пучков волокон с окружающими тканями – получают так называемую тресту. Затем сухая треста подвергается мятью для измельчения и удаления древесного слоя, и трепанию. Выделенные волокна подвергают гребнечесанию, в результате чего получают пряжи длинных очищенных комплексных (технических) волокон чесаного льна и короткие волокна – очесы. Из чесаного льна получают гребенную пряжу, идущую на изготовление высококачественных бытовых тканей.

Очесы вместе с короткими волокнами, полученными из отходов трепания, используют для получения так называемой оческовой пряжи, идущей на производство грубых тканей и крученых изделий, либо для получения котонина – хлопкоподобного льняного волокна. Суть котонизации заключается в уменьшении длины пучков очеса и разделении их до уровня элементарных волокон. Котонизированные волокна получают длиной 25–45 мм и тониной 14–100 мкм, что позволяет использовать их в смеси с хлопком, вискозой, шерстью и другими волокнами.

Свойства льняных волокон:

1. Плотность льна $1,50 \text{ мг/мм}^3$. Линейная плотность элементарного волокна 0,17–0,3 текс, комплексного – 5–8 текс.
2. Цвет волокон – от светло-серого до темно-серого.
3. Льняные волокна являются самыми прочными, но менее растяжимыми среди целлюлозных волокон. Их удлинение при разрыве со-

ставляет около 2–3 %. Это связано с тем, что по сравнению с хлопком лен обладает более плотной и ориентированной структурой.

4. Гигроскопичность льна при нормальных условиях равна 12–17 %. Лен быстро впитывает и отдает влагу.

5. Под действием воды прочность элементарных волокон увеличивается на 10–20 %, а технического льна – уменьшается, т. к. ослабляется связь между отдельными пучками волокон.

6. Особенностью льна является его высокая теплопроводность, поэтому на ощупь волокна льна всегда прохладны. Эти свойства делают лен незаменимым для летней одежды и обуви.

7. Льняное волокно сильно сминается из-за низкой упругости.

8. Действие кислот и щелочей на лен аналогично их действию на хлопок.

9. Волокна льна труднее окрашиваются и труднее отбеливаются, чем хлопок, так как имеют интенсивную природную окраску.

10. Стойкость льна к свету несколько выше, чем хлопка.

Пенька – грубое лубяное волокно, которое получают из стеблей однолетнего растения конопли. Из волокон вырабатывают канаты, веревки, шпагаты, упаковочные и мешочные ткани.

Кенаф, джут получают из однолетних растений семейства мальвовых и липовых. Кенаф отличается высокой гигроскопичностью и прочностью. Из кенафа и джута вырабатывают технические, упаковочные, мебельные ткани, ковровые изделия; используют для транспортирования и хранения влагоемких товаров.

К волокнам животного происхождения относятся **шерсть** и **шелк**.

Природные волокна животного происхождения состоят из белков, к которым относятся кератин (белковое вещество шерсти), фиброин и серицин (белковые вещества шелка).

Макромолекулы белков образованы различными аминокислотными остатками (их около 20), соединенными в полипептидные цепи с помощью ковалентных пептидных связей (-CO-NH-):



Белки различаются типами аминокислотных остатков (R_1 , R_2 и др.), их числом и характером расположения в макромолекулах. Молекулярные цепи белков образуются путем многократного повторения различных группировок аминокислот. Макромолекулы белков относятся к разветвленному типу. Радикалы аминокислот в белковых цепях образуют боковые ответвления, размеры которых определяются их химическим составом. Наличие у белков таких групп, как $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ и другие обеспечивают материалам, изготовленным из белковых волокон, способность взаимодействовать с влагой.

Макромолекулы белков натуральных волокон имеют сложную форму α -спирали, которая закреплена с помощью внутримолекулярных водородных связей между соседними витками спирали. Взаимодействие макромолекул белков осуществляется с помощью межмолекулярных ван-дер-ваальсовых сил, водородных и ионных связей.

Шерсть. Представляет собой волосяной покров животных – овец, коз, лам, верблюдов и других млекопитающих. Наиболее широкое применение имеет шерсть овец.

Основу шерсти составляет белок кератин. Особенностью кератина шерсти является наличие между макромолекулами ковалентной дисульфидной связи $-S-S-$, обусловленное присутствием в составе кератина цистина.

Помимо кератина (90 %) в состав шерсти входит некоторое количество минеральных, жировосковых веществ, пигмента и межклеточного вещества.

Для белка кератина характерен фибриллярный тип строения. В волокне шерсти три α -спирали полипептидной цепи образуют протофибриллу, имеющую диаметр около 1 нм. Одиннадцать протофибрилл образуют микрофибриллу. Микрофибриллы объединяются в фибриллы, имеющие в своей структуре кристаллические и аморфные участки. Аморфные участки, называемые матрицей, состоят из менее упорядоченно расположенных протофибрилл и пронизаны более организованными кристаллическими образованиями.

Волокно шерсти состоит из трех слоев: чешуйчатого, коркового и сердцевинного (рис. 1.9).

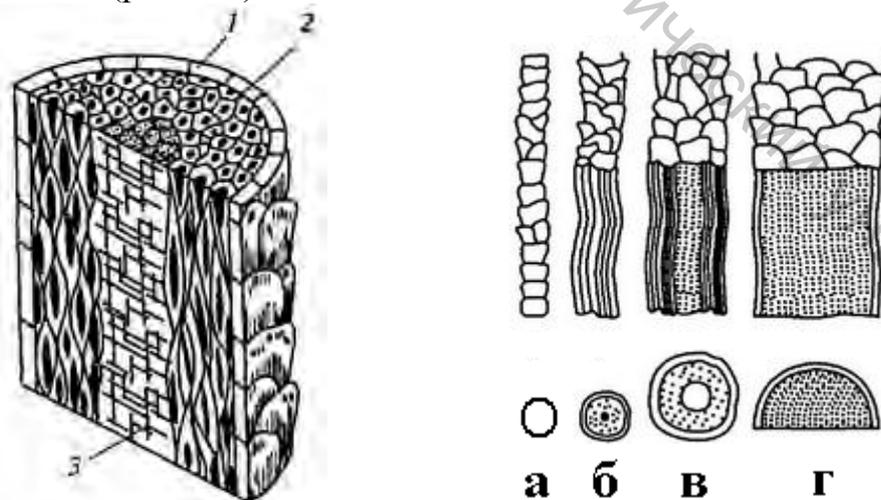


Рисунок 1.9 – Строение и виды волокон шерсти: а – пух, б – переходной волос, в – ость, г – мертвый волос

Чешуйчатый слой 1, или кутикула, представляет собой наружный

слой волокна, состоящий из ороговевших пластинчатых клеток (чешуек), он защищает тело волоса от разрушения. От вида чешуек и их расположения зависит степень блеска волокна и его способность свойлачиваться (скатываться, сваливаться).

Расположение чешуек может быть:

– *кольцевидное*, при котором каждая чешуйка образует полное кольцо вокруг волоса, такая форма типична для пуха (рис. 1.9 а);

– *кольцевидно-сетевое*, когда чешуйки на поверхности волокна расположены в виде сетки и размещаются рядами, что характерно для полутонкой шерсти (рис. 1.9 б);

– *сетевидное* – чешуйки образуют на поверхности волокна неправильной формы сетку, такое расположение чешуек имеют остевые волокна (рис. 1.9 в, г).

Чешуйчатый слой составляет 2–3 % массы шерстяного волокна овец.

Корковый слой 2, или кортекс, является основным слоем волокна и состоит из веретенообразных, заостренных с обоих концов клеток длиной 80–150 мкм с утолщением посередине до 2–10 мкм, содержащим остатки ядра протоплазмы. Веретенообразные клетки образованы из фибрилл кератина и соединены межклеточным веществом.

В клетках коркового слоя находятся гранулы пигмента меланина, а также содержится основное количество серы. Этот слой обуславливает главные свойства шерсти: прочность, растяжимость, упругость и др.

В середине волокна располагается сердцевина 3, высохшие пластинчатые клетки которой расположены перпендикулярно клеткам коркового слоя и заполнены воздухом. Размеры сердцевинного слоя неодинаковы у разных волокон и колеблются в больших пределах. Наличие сердцевинного слоя повышает толщину и жесткость волокна, снижает его прочность и упругость, но повышает теплозащитные свойства и увеличивает блеск.

В зависимости от зрелости и соотношения отдельных слоев волокна шерсти подразделяются на 4 типа: пух *а*, переходный волос *б*, ость *в* и мертвый волос *г* (рис. 1.8).

Пух – наиболее тонкие (15–30 мкм), мягкие и прочные волокна круглой формы в поперечном сечении, с мелкой извитостью, состоят из двух слоев: чешуйчатого и коркового. Чешуйки у пуха кольцевидной формы, они охватывают волокно по всей окружности, находят одна на другую, создавая шероховатую поверхность. Благодаря этому пух обладает нерезким блеском и наилучшей валкостью. По техническим свойствам пух принадлежит к самым ценным волокнам.

Переходный волос – более толстое и грубое волокно, чем пух. Имеет все три слоя, однако сердцевинный слой развит слабо. Чем

меньше тонина переходного волоса, тем ближе он по техническим свойствам к пуху.

Ость – толстые (50–90 мкм), малоизвитые, иногда почти прямые грубые волокна с неправильной овальной формой в поперечном сечении. Состоят из трех слоев: чешуйчатого, коркового и сердцевинного. Чешуйки у ости некольцевидной формы, наиболее плотно прилегают к корковому слою, обуславливая сильный блеск и меньшую валкость. Сердцевинный слой ости занимает от 1/3 до 2/3 толщины волокна. Вследствие этого ость отличается меньшей прочностью и гибкостью, большей жесткостью. Ее техническое достоинство повышается по мере уменьшения толщины волокон.

Мертвый волос – наиболее толстое, грубое и короткое волокно, лишенное природного цвета и блеска, весь поперечник которого практически занят сердцевинной (90–95 % толщины). Вследствие этого мертвый волос обладает малой прочностью, быстро разрушается от трения, не окрашивается и не обладает способностью сваливаться. Поэтому мертвый волос считается дефектным волокном и его удаляют из массы шерсти.

По составу волокон различают шерсть:

- однородную (тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую);
- неоднородную (полугрубую и грубую).

Однородная шерсть состоит из одинаковых по внешнему виду, длине, тонине и другим свойствам волокон.

В зависимости от толщины волокон она бывает 4 групп:

– тонкая, состоящая из тонких (с поперечником 14–25 мкм) мелко извитых равномерных по толщине и длине (длиной 30–80 мм) пуховых волокон, используется она для выработки высококачественных трикотажных изделий и тканей;

– полутонкая, включающая в себя более толстые пуховые и переходные волокна со средним поперечником 25,1–31 мкм и длиной 40–150 мм, используется для выработки наиболее тонких шерстяных трикотажных изделий и тонких костюмных и платьевых тканей;

– полугрубая, имеющая в своем составе пуховые и переходные волокна и небольшого количества тонкой ости. Имеет тонину от 31,1 до 40 мкм и длину 50–200 мм, используется для выработки менее качественных трикотажных изделий и тканей;

– грубая однородная шерсть состоит из тонкой ости, в которой сердцевина отсутствует или занимает незначительный удельный вес, ее тонина колеблется в пределах 40,1–67 мкм.

Неоднородная (смешанная) шерсть представляет собой смесь ости, пуха и переходных волокон, отчетливо различающихся по тонине, длине, извитости и другим признакам.

Неоднородную (смешанную) шерсть разделяют на грубую и полугрубую.

Грубая неоднородная шерсть состоит из пуха, переходных и остевых волокон, часто с примесью сухих и мертвых волос. Качество грубой неоднородной шерсти зависит от соотношения в ней волокон различных типов, их тонины и длины. Чем больше в грубой шерсти пуха и меньше ости, тем она ценнее. По комплексу технических свойств грубая шерсть значительно уступает тонкой, полутонкой и полугрубой.

Полугрубая неоднородная шерсть состоит из тех же типов волокон, что и грубая, но отличается от нее более высоким содержанием жира, лучшей извитостью, более тонкой остью и большим количеством пуха. Из нее вырабатывают: ковры, сукна, валяльные изделия.

Свойства шерстяных волокон:

1. Шерстяные волокна извиты, имеют длину от 10 до 200 мм и линейную плотность 0,3–1,2 текс.

2. Предел прочности при растяжении шерстяных волокон в 2–3 раза меньше, чем хлопковых и льняных.

3. Шерстяные волокна имеют хорошую растяжимость, но низкую устойчивость к истиранию и большую сминаемость.

4. Во влажном состоянии их прочность уменьшается (до 30 %), а растяжимость увеличивается.

5. Недостатком шерсти является малая термостойкость – длительное нагревание шерсти при температуре более 100 °С снижает её прочность, волокна становятся ломкими, жесткими.

6. Шерстяные волокна гигроскопичнее (18–25 %), чем хлопковые и льняные, хорошо впитывают влагу из окружающей среды, но в отличие от других волокон они медленно поглощают и отдают влагу в жидкой фазе, оставаясь на ощупь сухими, в воде сильно набухают.

7. Обладают хорошей светостойкостью, стойкостью к действию кислот, но неустойчивы к действию щелочей.

8. У шерсти из всех натуральных волокон самые высокие теплозащитные свойства.

Шелк. Шелковое волокно (элементарная нить) получают из коконов тутового шелкопряда (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Бабочка, гусеница и коконы тутового шелкопряда

Одомашненная бабочка семейства «настоящих шелкопрядов» стала одним из самых значительных открытий своего времени и прорывом в прядильно-ткацком производстве. Это событие произошло около 3000 лет назад. Прародиной одомашненного представителя ценного чешуекрылого были области северного Китая и юга Приморского края.

Бабочки шелкопряда специально выведены для единственной цели – откладывание яиц для разведения гусениц и производства шелка, поэтому они практически не могут летать и у них даже отсутствует зрение. Продолжительность их жизни составляет несколько дней (около 12 дней), которые они проживают в поиске партнёра, после чего они откладывает до 500 яиц в течение 5 дней на листья тутового дерева.

Личинки шелкопряда появляются из яиц на 10–12 день. Цикл развития гусеницы от личинки к кокону длится около месяца, в течение которого гусеницы интенсивно питаются свежими листьями тутового дерева и достигают своего максимального размера (до 8 см в длину и до 1 см в диаметре). После чего гусеницы прекращают питаться, меняют цвет и готовы плести кокон (рис. 1.10).

К моменту окукливания в двух шелкоотделительных железах гусеницы, расположенных в голове, накапливается в большом количестве жидкое вещество с полным набором различных аминокислот, необходимых для создания основного высокомолекулярного соединения натурального шелка – белка фиброина и шелкового клея – серицина.

В момент образования кокона гусеница выделяет из двух шелкоотделительных желез секретиремый белок (фиброин), который при воздействии воздуха быстро застывает и превращается в две тонких и прочных элементарных нити. Одновременно с помощью другой железы гусеница выделяет белок серицин, который склеивает две образующиеся шелковины между собой.

Быстрым движением головы гусеница начинает закручивать свой кокон, выпуская на виток до 3 см нити. Кокон формируется в течение трёх дней. В зависимости от вида шелкопряда коконы могут иметь разную форму: круглую, вытянутую, овальную. Их размеры разнятся от 1 до 6 см. Цвет кокона может быть белым, золотистым, а иногда приобретать лиловый окрас. Длина нити, используемая для создания кокона, может составлять от 800 м до 1500 м, толщина 0,011–0,012 мм.

Образовавшиеся коконы собирают, подвергают термообработке горячим паром, в результате чего гусеница в коконе погибает. Далее коконы подвергают размягчению и растрепыванию (для разрыхления спрессованной массы волокон и частичного удаления примесей), варя их на протяжении нескольких часов в кипящем мыльном растворе или распаривая при помощи пара, а затем вымачивают. В результате этих процедур происходит вымывание серицина (клейкой субстанции) и удаление примесей, после чего, начинается многоэтапный процесс формирования нити. Для этого находят концы шелковых нитей и начинают

разматывать кокон. Так как нить, из которой сделан кокон, слишком тонкая, то в процессе размотки складывают нити с 5–8 коконов для получения пряжи необходимой прочности и толщины. Получаемая нить называется шелк-сырец. В единую нить шелка-сырца нити с коконов склеиваются серицином, который в процессе вымачивания в кипящей воде удаляется не полностью. В настоящее время этот процесс автоматизирован и выполняется на специальных кокономотальных машинах. Для производства 1 кг шелка-сырца требуется около 45 тыс. коконов. В последующем осуществляют переработку шелка-сырца в крученые нити и изготовление из них шелковых тканей и прочих текстильных изделий.

Волокно шёлка состоит из белка фиброина (72–81 %) и белка серицина (от 19 до 28 % в зависимости от типа кокона). Помимо этих основных веществ в шёлке присутствуют также воски и жиры (0,8–1,0 %), а также минеральные вещества

Свойства шелковых волокон (нити):

1. Длина шёлковой нити (шелковины) из одного кокона достигает 800–1500 м, линейная плотность – 0,1–0,14 текс.

2. Нить имеет треугольное сечение и, подобно призме, преломляет свет, что вызывает красивое переливание и блеск.

3. Из всех природных волокон натуральный шелк – самое легкое волокно, обладает высокой гигроскопичностью (11 %) и воздухопроницаемостью, мягкостью, шелковистостью, малой сминаемостью.

4. Прочность шелкового волокна выше, чем у шерсти (из-за меньшей разветвленности и более плотной упаковки макромолекул в его структуре) и близка к прочности хлопка, а растяжимость в 2–3 раза больше.

5. При увлажнении прочность шелка, как и шерсти, падает (примерно на 15 %), а растяжимость возрастает.

6. Шелк, как и шерсть, характеризуется низкой термостойкостью (выдерживает до 110 °С без ухудшения свойств). Интенсивное ухудшение свойств и разрушение волокон наступает при температуре выше 170 °С.

7. Шелк имеет очень низкую светостойкость – после воздействия в течение всего 200 часов солнечным излучением его прочность уменьшается вдвое.

8. Как и другие ткани из натурального сырья, шелк нечувствителен к воздействию органических растворителей (уксус, спирт), неустойчив к действию даже слабых растворов щелочи, но выдерживает действие слабых растворов кислот без заметных изменений свойств.

1.1.3 Химические волокна

1.1.3.1 Общая характеристика и история развития химических волокон

Возможность получения волокон из различных веществ (клей, смолы) предсказывалась ещё в 17 и 18 вв., но только в 1853 г. англичанин Аудемарс впервые предложил формовать бесконечные тонкие нити из раствора нитроцеллюлозы в смеси спирта с эфиром, а в 1891 г. французский инженер И. де Шардонне впервые организовал выпуск подобных нитей в производственном масштабе. С этого времени началось быстрое развитие производства химического волокон.

В развитии химических волокон выделяют следующие этапы:

I этап. С конца XIX века до 1940–1950-х годов разрабатывались и совершенствовались процессы получения искусственных волокон на основе природных полимеров из их растворов.

В 1896 г. освоено производство медноаммиачного волокна. В 1893 г. англичанами Кроссом, Бивеном и Бидлом предложен способ получения вискозных волокон из водно-щелочных растворов ксантогената целлюлозы, осуществлённый в промышленном масштабе в 1905 г. В 1918–1920 гг. разработан способ производства ацетатного волокна, а в 1935 г. организовано производство белковых волокон из молочного казеина.

Однако доминирующую роль в изготовлении текстильных изделий играли природные волокна, химические рассматриваются только как дополнение к природным волокнам. Изделия из химических волокон изготавливались в весьма небольших количествах.

II этап. 1940–1970-е годы – развивались процессы синтеза волокнообразующих мономеров, полимеров и технологии получения волокон из расплавов синтетических полимеров. Одновременно сохранялось и совершенствовалось производство искусственных волокон мокрым методом формования.

Производство химических волокон развивалось в промышленно развитых странах. В 1932 г. в Германии начался выпуск поливинилхлоридного волокна. В 1940 в промышленном масштабе выпущено полиамидное волокно (США). Производство в промышленном масштабе полиэфирных, полиакрилонитрильных и полиолефиновых синтетических волокон осуществлено в 1954–1960 гг. В этот период созданы основные виды химических волокон, которые можно назвать «традиционными» или «классическими». Химические волокна рассматривались как дополняющие и только частично заменяющие природные волокна. Начали развиваться процессы модифицирования волокон.

III этап. В 1970–1990-е годы выпуск химических волокон существенно возрос. Широко развились методы их модифицирования для

улучшения потребительских свойств. Химические волокна приобрели самостоятельное значение для самых различных видов изделий и областей применения. В этот период в промышленно развитых странах созданы «волокна третьего поколения» с принципиально новыми специфическими свойствами: сверхпрочные и сверхвысокомодульные, термостойкие и трудногорючие, хемостойкие, эластомерные и др.

В начале 70-х за рубежом появились сверхпрочные волокна кевлар (США), несколько позже – тварон (Нидерланды), технора (Япония) и другие, изготовленные из полимеров ароматического ряда, получивших собирательное название арамидов. На основе таких волокон были созданы различные композиционные материалы, которые стали успешно применять для изготовления ответственных деталей самолетов и ракет, а также шинного корда, бронежилетов, огнезащитной одежды, канатов, транспортерных лент и множества других изделий.

IV этап. С 1990-х годов по настоящее время идёт современный этап развития производства химических волокон, появление новых способов модифицирования, создание новых видов многотоннажных волокон: «волокон будущего» или «волокон четвёртого поколения». В их числе новые волокна на основе воспроизводимого растительного сырья (лиоцелл, полилактидные), новые мономеры и полимеры, получаемые путём биохимического синтеза и волокна на их основе. Проводятся исследования по применению новых принципов получения полимеров и волокон, основанных на методах геной инженерии и биомиметики.

Химические волокна в зависимости от исходного сырья подразделяются на искусственные и синтетические.

Искусственные волокна получают из природных органических полимеров (целлюлозы, казеина, протеинов) путем извлечения полимеров из природных веществ и химического воздействия на них.

Синтетические волокна вырабатываются из синтетических полимеров, полученных путем реакций синтеза (полимеризации и поликонденсации) из низкомолекулярных соединений (мономеров), сырьем для которых являются продукты переработки нефти и каменного угля.

Для производства текстильных химических волокон применяют только те синтетические полимеры, которые состоят из гибких и длинных макромолекул, линейных или слаборазветвлённых, имеют достаточно высокую молекулярную массу и обладают способностью плавиться без разложения или растворяться в доступных растворителях. Такие полимеры называют **волокнообразующими**.

Отличительными свойствами химических волокон, по сравнению с натуральными, являются:

- относительно низкая себестоимость;
- высокая прочность;
- способность значительно растягиваться;
- высокая устойчивость к многократным и знакопеременным

нагрузениям;

- хорошая формоустойчивость;
- устойчивость к воздействию света, влаги, бактерий;
- долговечность;
- несминаемость.

Отдельные виды химических волокон обладают устойчивостью к высоким температурам и агрессивным средам.

Благодаря тому, что при производстве химических волокон используются химические процессы, свойства волокон, в первую очередь механические, можно изменять, если использовать разные параметры процесса производства. Это позволяет создавать даже из одного исходного полимера химические волокна, обладающие разнообразными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Химические волокна можно использовать в смесях с природными волокнами при изготовлении новых ассортиментов текстильных изделий, значительно улучшая качество и внешний вид последних.

1.1.3.2 Способы получения химических волокон и нитей

Процесс получения химических волокон в общем виде содержит четыре основных этапа (рис. 1.11):



Рисунок 1.11 – Общая схема производства химических волокон

I этап. Получение и обработка сырья.

Сырье для искусственных волокон получают на предприятиях химической и пищевой промышленности из природных веществ: древесины, семян, молока и др. Предварительная обработка сырья заключается в его очистке, измельчении или химическом преобразовании.

Сырье для синтетических волокон получают путем синтеза (полимеризацией или поликонденсацией) полимеров из простых веществ на предприятиях химической промышленности.

II этап. Получение прядильного расплава или раствора.

При изготовлении химических волокон необходимо из исходного твердого полимера получить длинные тонкие волокна и нити с продольной ориентацией макромолекул, то есть нужно переориентировать макромолекулы полимера. Для этого исходный полимер переводят в вязкотекучее состояние: раствор или расплав. В жидком (раствор) или размягченном (расплав) состоянии нарушается межмолекулярное взаимодействие, увеличивается расстояние между молекулами и появляется возможность их свободного перемещения относительно друг друга.

Растворение полимера осуществляют для полимеров, имеющих дешевый и доступный растворитель. Растворы используются для искусственных и некоторых синтетических (полиакрилонитрильных, поливинилспиртовых, поливинилхлоридных) волокон.

Расплавление полимера применяют для полимеров с температурой плавления ниже температуры разложения. Расплавы готовят для полиамидных, полиэфирных и полиолефиновых волокон.

Для приготовления прядильного раствора (расплава) выполняют следующие операции:

1. Смешивание полимеров из различных партий. Выполняют для повышения однородности раствора, чтобы получить волокна равномерные по своим свойствам на всем протяжении. Смешивание возможно как после получения раствора, так и в сухом виде до растворения (расплавления) полимера.

2. Фильтрация раствора. Заключается в удалении механических примесей и нерастворившихся частиц полимера путем многократного прохождения раствора через фильтры. Необходима для предотвращения засорения фильер и улучшения качества волокон и нитей.

3. Обезвоздушивание раствора. Выполняется для удаления из него пузырьков воздуха, которые, попадая в отверстия фильер, обрывают образующиеся волокна. Обезвоздушивание осуществляется путем выдерживания раствора в вакууме. Расплав обезвоздушиванию не подвергается, так как в расплавленной массе воздуха практически нет.

4. Введение различных добавок. Добавление небольшого количества низкомолекулярных веществ, обладающих специфическими свойствами, позволяет изменить свойства получаемых волокон. Например, для повышения степени белизны вводится оптические отбеливатели, для приобретения матовости добавляют двуокись титана. Введение добавок можно придать волокнам бактерицидные, огнестойкие и другие свойства. Добавки, не вступая в химическое взаимодействие с полимером, располагаются между его молекулами.

III этап. Формование волокна.

Состоит из следующих стадий:

- продавливание прядильного раствора (расплава) через отверстия фильер;
- затвердевание вытекающих струек;
- наматывание полученных нитей на приемные устройства.

Фильеры изготавливаются из тугоплавких металлов – платины, нержавеющей стали и др. – в форме цилиндрического колпачка или диска с отверстиями. В зависимости от назначения и свойств формуемого волокна количество отверстий в фильере, их диаметр и форма могут быть различными (круглые, квадратные, в виде звездочек, треугольников и т. п.). При использовании фильер с отверстиями фигурного сечения получают профилированные нити с различной конфигурацией поперечного сечения или же с внутренними каналами. Для формирования бикомпонентных (из двух и более полимеров) нитей отверстия фильер разделены перегородкой на несколько (две или более) частей, к каждой из которых подается свой прядильный раствор.

При формировании комплексных нитей используют фильеры с небольшим числом отверстий: от 12 до 100. Сформованные из одной фильеры элементарные нити соединяются в одну комплексную (филаментную) нить и наматываются на бобину.

При получении штапельных волокон применяют фильеры с количеством отверстий в несколько десятков тысяч (12000–15000). Собранные вместе с нескольких фильер нити образуют жгут, который затем разрезается на штапельные волокна определенной длины.

Прядильный раствор дозированно продавливается через отверстия фильер. Вытекающие струйки попадают в среду, вызывающую затвердевание полимера в виде тонких волокон.

В зависимости от среды, в которой происходит затвердевание полимера, различают мокрый и сухой способы формования.

Мокрый способ формования используется при формировании волокон из раствора полимера в нелетучем растворителе (например, вязкозных, медно-аммиачных, поливинилспиртовых волокон). При этом струйки нитей, выходящие из фильеры, затвердевают, попадая в осадительную ванну, где происходит их химическое или физико-химическое взаимодействие со специальным раствором, содержащим различные реагенты. В результате этого полимер выделяется из раствора, а в отдельных случаях могут происходить также химические изменения состава исходного полимера (рис. 1.12 а).

При формировании *сухим* способом *из раствора* полимера в летучем растворителе (например, для ацетатных и триацетатных волокон), струйки полимера обрабатываются струей горячего воздуха, в результате чего растворитель испаряется, а полимер затвердевает (рис. 1.12 б).

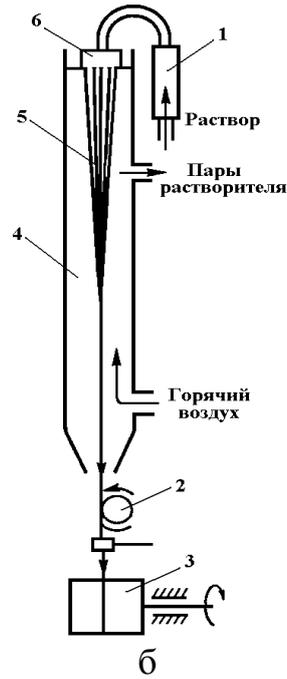
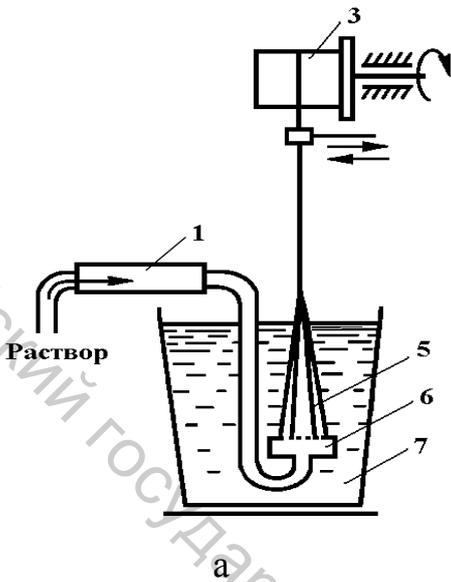


Рисунок 1.12 – Формование волокон и нитей из раствора:

а – мокрым способом, б – сухим способом:

- 1 – фильтр; 2 – замасливающий ролик; 3 – приемная бобина;
 4 – обдувочная шахта; 5 – нити; 6 – фильера; 7 – осадительная ванна

При формовании *сухим* способом из *расплава* (рис. 1.13) струйки нитей, вытекающие из фильеры, охлаждаются в обдувочной шахте струей холодного воздуха или инертного газа.

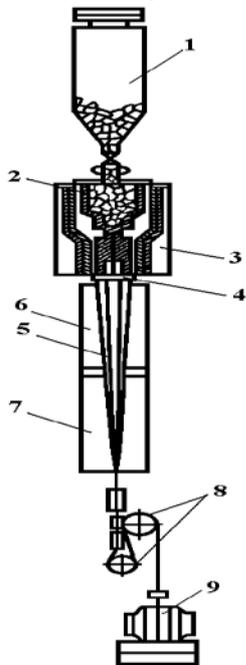


Рисунок 1.13 – Формование волокон и нитей из расплава: 1 – бункер с

полимером; 2 – плавильная камера; 3 – прядильная головка;

- 4 – фильера; 5 – нити; 6 – обдувочная шахта; 7 – прядильная шахта; 8 – прядильные диски, 9 – приемная бобина

Прядильный раствор в процессе превращения струек вязкой жидкости в тонкие волокна одновременно вытягивается, этот процесс называется фильерная вытяжка.

Химические волокна и нити непосредственно после формования не могут быть использованы для производства текстильных материалов. Они требуют дополнительной обработки.

IV этап. Отделка.

Характер отделки зависит от условий формования и вида волокна.

Включает в себя следующие операции:

1. Удаление примесей и загрязнений – необходимо при получении нитей мокрым способом. Осуществляется путем промывки нитей в воде или различных растворах.

2. Беление нитей или волокон – проводится путем обработки оптическими отбеливателями для последующего окрашивания волокон в светлые и яркие цвета.

3. Вытяжка и термообработка – необходимы для перестройки их первичной структуры.

В растворе или расплаве макромолекулы имеют сильно изогнутую форму. Так как при формовании степень вытягивания нити невелика, то макромолекулы в полученной нити расположены с малой долей распрямленности и ориентации вдоль оси нити. В процессе **вытягивания** ослабевают межмолекулярные связи, происходит распрямление и переориентация макромолекул в осевом направлении нити, образуется более упорядоченная структура. В результате прочность нити увеличивается, а растяжимость снижается. Однако, такие волокна и изделия из них подвержены последующей усадке во время сухих и мокрых обработок при повышенных температурах. Поэтому нити подвергают **термофиксации** – тепловой обработке в натянутом состоянии, в результате которой происходит частичная усадка нитей из-за приобретения макромолекулами изогнутой формы при сохранении их ориентации. Форма нитей стабилизируется, последующая усадка, как самих волокон, так и изделий из них во время ВТО снижается.

4. Поверхностная обработка (аппретирование, замасливание) необходима для придания нитям способности к последующим текстильным переработкам. При такой обработке повышаются скольжение и мягкость, поверхностное склеивание элементарных нитей и уменьшается их обрывистость, снижается электризуемость и т. п.

5. Сушка нитей – выполняется после мокрого формования и обработки различными жидкостями в специальных сушилках.

6. Текстильная переработка – включает в себя скручивание и фиксацию крутки – для соединения нитей и повышения их прочности; перематывание – для увеличения объема паковок нитей; сортировку – для оценки качества нитей.

1.1.3.3 Строение, свойства и технология получения искусственных волокон

В настоящее время в общем объеме производства химических волокон доля искусственных волокон составляет менее 15 %.

Основной причиной этого является необходимость использования в технологическом процессе получения искусственных волокон токсичного и взрывоопасного сероуглерода и возможность выделения этого вещества, а также сероводорода, в атмосферу, а высокотоксичных цинксодержащих соединений – в водные бассейны. В тоже время из всех известных химических волокон именно искусственные волокна, и прежде всего вискозные, обладают высокими гигиеническими свойствами, сопоставимыми со свойствами натуральных волокон.

Подавляющее большинство искусственных текстильных волокон получают путем переработки природной целлюлозы (с содержанием α -целлюлозы 90–98 %), получаемой из растений.

Наиболее распространенным искусственным волокном (около 80 % от общего объема производства искусственных волокон) является вискоза. Достоинством вискозного волокна является высокая экономическая эффективность его производства и переработки. Так, при производстве 1 кг вискозной пряжи трудовые затраты в 2–3 раза ниже затрат на производство такой же пряжи из хлопка и в 4,5–5 раз ниже производства 1 кг шерстяной пряжи.

Вискозное волокно (от лат. viscosus – клейкий) является одним из первых искусственных волокон, нашедших практическое применение. Для производства вискозных волокон применяют целлюлозу, получаемую из древесины ели.

Процесс получения вискозного волокна состоит из двух последовательных этапов:

I этап. Получение прядильной массы вискозы.

II этап. Формование волокна.

Получение прядильной массы вискозы включает следующие технологические операции (рис. 1.14):



Рисунок 1.14 – Схема технологического процесса производства вискозы

1. Выделение целлюлозы из древесины.

С этой целью древесину помещают в раствор гидросульфита кальция ($\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$) и варят под давлением в закрытых котлах в течение 24 часов. При этом разрушаются связи между волокнами целлюлозы. Затем к целлюлозе добавляют воду и наносят её на конвейер, сушат и режут на листы. Получается сульфитная целлюлоза, которая идёт как на производство бумаги, так и на производство вискозы.

2. Обработка целлюлозы 20%-м раствором гидроксида натрия (NaOH , едкий натр) (мерсеризация) в течение 5–115 минут при температуре 45–60 °С. При этом образуется химически активная щелочная целлюлоза. Одновременно при мерсеризации происходит набухание целлюлозы, что способствует диффузии химических реагентов внутрь волокна при последующих технологических операциях.

3. Отжим суспензии для удаления избытка раствора гидроксида натрия на отжимном прессе до степени отжима (отношение масс отжатой щелочной целлюлозы и суспензии) 0,33–0,36.

4. Измельчение отжатой щелочной целлюлозы.

5. Окислительная деструкция (предсозревание) щелочной целлюлозы за счет окисления её кислородом воздуха на транспортере или в специальных аппаратах в течение 1,5–2 часов при температуре 50–60 °С. В процессе предсозревания степень полимеризации целлюлозы снижается до 400–600.

6. Ксантогенирование – заключается в обработке щелочной целлюлозы сероуглеродом CS_2 . При этом образуется новое химическое соединение – ксантогенат целлюлозы, способный растворяться в разбавленном растворе едкого натра.

Ксантогенирование щелочной целлюлозы осуществляется в герметически закрывающихся аппаратах периодического действия – ксантогенаторах. Щелочная целлюлоза загружается в ксантогенатор, доводится до начальной температуры ксантогенирования (18–22) °С \pm 0,5 °С, а затем в ксантогенатор подается сероуглерод в количестве 30–36 % массы α -целлюлозы. Процесс ксантогенирования продолжается 60–75 мин.

7. Перевод целлюлозы в раствор, получение вискозы.

Целлюлозу растворяют в 4%-м растворе гидроксида натрия и выдерживают в течение нескольких суток, в результате чего она «созревает» – получается вискоза.

После получения вискозы производится формование волокна. Для этого вискоза фильтруется, пропускается через фильеры и поступает в осадительную ванну с кислотой (например, с серной кислотой), где ксантогенат, который был нужен для перевода целлюлозы в раствор, подвергается гидролизу и вновь образуется целлюлоза, но уже в виде длинных волокон. Волокна от одной фильеры соединяются в одну нить.

Выпускается вискозное волокно различной длины и толщины. Нити могут вырабатываться непрерывными или короткими (штапельными). Толщина элементарного волокна колеблется от 0,5 до 0,2 текс.

Средняя степень полимеризации гидратцеллюлозы в вискозном волокне колеблется от 300 до 600, что соответствует молекулярной массе 49000–98000.

Вискозные волокна характеризуются следующими свойствами:

- высокой прочностью;
- повышенной гигроскопичностью и сорбционными свойствами;
- не термопластичны и могут кратковременно использоваться без снижения механических свойств при температуре 100–120 °С, при более высоких температурах (175–200°) наступает процесс разложения волокна;
- устойчивы к действию воды и неполярных органических растворителей (бензин, бензол), в которых не набухают;
- при действии концентрированных минеральных кислот при нормальной температуре и разбавленных кислот при нагревании, а также щелочей в присутствии кислорода воздуха подвергаются деструкции;
- сильно набухают в разбавленных растворах щелочей и растворяются в медноаммиачном растворе;
- устойчивы к истиранию;
- благодаря доступности исходного сырья и реактивов, используемых в производстве, вискозные волокна относительно недорогие.

К недостаткам вискозного волокна относятся:

- лёгкая сминаемость;
- значительная потеря прочности в мокром состоянии (50–60 %);
- способность к усадке после стирки изделий;
- неустойчивость к действию микроорганизмов.

Эти недостатки в той или иной степени могут быть устранены последующими модификациями и обработкой.

В настоящее время широкое распространение получили различные модификации вискозных волокон.

Вискозные высокомодульные (ВВМ) волокна отличаются от обычного вискозного волокна более высокой осевой ориентацией. Примером ВВМ волокна является сиблон, прочность которого выше прочности обычного вискозного волокна в нормальных условиях в 1,6 раза, а в мокром состоянии – в 2 раза. Он применяется как заменитель средневолокнистого хлопка.

Полинозное волокно – по своим свойствам является близким аналогом тонковолокнистого хлопка. Полинозное волокно обладает высокой прочностью при растяжении, малой ее потерей во влажном состоянии, эластичностью, упругостью и низкой усадкой. Однако оно харак-

теризуется хрупкостью и низкой прочностью при изгибе, что вызывает трудности при переработке.

Мтилон – химически модифицированное вискозное волокно, получаемое путем прививки к макромолекулам целлюлозы мономеров полиакрилонитрила. Обладает повышенной устойчивостью к действию микроорганизмов и истиранию, а также светостойкостью. Особенностью мтилона является то, что он похож на шерсть как по внешнему виду, так и на ощупь.

Особую группу составляют модифицированные вискозные волокна специального назначения: повышенной хемостойкости, ионообменные, бактерицидные, кровеостанавливающие и др., а также вискозная пленка.

На основе хлопковой или древесной целлюлозы получают другие искусственные волокна – медноаммиачные и ацетатные.

Медноаммиачное волокно получают из хлопкового пуха или облагороженной древесной целлюлозы. Целлюлозу растворяют в медно-аммиачном растворе с образованием медноаммиачного комплекса целлюлозы. Полученный вязкий раствор проходит операции смешения, фильтрации, удаления пузырьков воздуха и избыточного аммиака.

Формование волокна происходит по мокрому способу в осадительной ванне, в которую непрерывно подается вода или слабый водный раствор щелочи, где медный комплекс разлагается с образованием гидратцеллюлозной нити. Полученные нити подвергают вытягиванию, вследствие этого ориентация волокон очень высокая, что положительно влияет на их свойства.

По своим физико-механическим свойствам медно-аммиачное волокно аналогично обычному вискозному, характеризуется высокой гигроскопичностью, высокими скоростями влагопоглощения и водоотдачи, равномерной структурой, эластичностью, большой мягкостью, низкой плотностью. Однако имеет меньшую, чем вискоза, прочность (15–22 сН/текс) и удлинение при разрыве (15–18 %). В связи с наличием более однородной структуры, окрашивается медно-аммиачное волокно более равномерно, чем вискозное.

Производится в небольших количествах, так как его производство гораздо дороже, чем производство других искусственных волокон. Применяется главным образом для изготовления бельевого трикотажа, плательных, сорочечных и подкладочных тканей, в смеси с шерстью и синтетическими волокнами – для производства плательных и костюмных тканей, ковров.

Ацетатные волокна – формируют из растворов ацетилцеллюлозы (ацетата целлюлозы) в органических растворителях.

Ацетаты целлюлозы (уксуснокислые эфиры целлюлозы) получают действием на целлюлозу (хлопковый пух, реже – древесную облагоро-

женную целлюлозу) уксусного ангидрида в присутствии различных катализаторов и растворителей (или разбавителей):



В результате данной реакции образуется триацетат целлюлозы, который в технике обычно называют первичным ацетатом, или триацетилцеллюлозой, и содержит 62,5 % связанной уксусной кислоты.

При частичном гидролизе триацетата получают вторичный ацетат целлюлозы $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_2OH]_n$ (диацетат целлюлозы), который содержит до 55 % связанной уксусной кислоты.

В зависимости от вида исходного вещества ацетатные волокна выпускают двух видов: диацетатные и триацетатные.

Триацетатные волокна формуют по сухому методу из растворов триацетатцеллюлозы в смеси метиленхлорида и спирта, а диацетатные волокна – из растворов вторичной ацетилцеллюлозы в ацетоне. По этому методу получают филаментные нити или так называемый *ацетатный шёлк*. При получении ацетатного штапельного волокна формование осуществляют по сухому или мокрому методу.

Так как в отличие от гидратцеллюлозы в элементарных звеньях макромолекул ацетилцеллюлозы две гидроксильные группы (диацетат) или все три гидроксильные группы (триацетат) заменены ацетильными, то это обуславливает существенное различие свойств ацетилцеллюлозных и гидратцеллюлозных волокон, а именно:

1. Ацетатные волокна обладают достаточной прочностью и тягучестью (разрывное удлинение составляет 18–25 %). Прочность ацетатного волокна в мокром состоянии снижается на 40–50 %, а триацетатного – на 10–15 %.

2. В отличие от вискозных ацетатные волокна термопластичны и при температуре 140–150 °С начинают деформироваться.

3. Ацетатные волокна вдвое превосходят вискозные и медноаммиачные волокна по эластичности, поэтому ткани из них отличаются пониженной сминаемостью. Учитывая это, применение ацетатных волокон в смеси с вискозными позволяет значительно снизить сминаемость изделий.

4. Ацетатные волокна приятны на ощупь, мягки, обладают способностью пропускать ультрафиолетовые лучи.

5. Окрашиваются ацетатные волокна только специальными типами красителей, которые непригодны для большинства других волокон. Это даёт возможность получать разнообразные колористические эффекты на изделиях из смеси ацетатных волокон и волокон других типов.

6. Триацетатное волокно характеризуется более низкой гигроскопичностью, но большей эластичностью и меньшей сминаемостью, чем изделия из ацетатного волокна.

7. Ацетат и триацетат быстро высушиваются, их можно подвергать сухой чистке.

8. Ацетатное и триацетатное волокна обладают высокой устойчивостью к микроорганизмам и плесени.

9. Ацетатные волокна растворимы в ацетоне, поэтому чистить их этим растворителем нельзя.

10. Ацетатное и триацетатное волокна имеют сравнительно низкую устойчивость к истиранию, примерно в 5–8 раз ниже вискозного.

11. Триацетат обладает более высокой устойчивостью к солнечному свету, чем ацетат. Оба волокна имеют хорошую термостойкость ниже их точек плавления.

Из других искусственных волокон в производстве тканей используют стеклянные и металлические. Металлические нити применяют для придания тканям различных декоративных эффектов; они носят название алюнит, люрекс, метлон и др.

1.1.3.4 Структура и свойства синтетических волокон

Синтетические волокна получают путем переработки синтетических полимеров, полученных в процессе синтеза (полимеризации или поликонденсации) из низкомолекулярных веществ (мономеров).

Сырьем для производства синтетических полимеров служат продукты переработки нефти, газа и каменного угля (фенол, бензол, этилен, ацетилен, аммиак, синильная кислота и др.).

В зависимости от условий проведения процессов полимеризации и поликонденсации получают молекулы полимеров, различные по строению и величине. Меняя состав исходных продуктов можно варьировать строение и свойства синтетических полимеров и получаемых из них текстильных волокон.

После синтеза исходного синтетического полимера процесс получения синтетических текстильных волокон заключается в формовании волокон и их отделке. Формуют синтетические волокна из раствора и из расплава.

В зависимости от строения основной цепи макромолекул синтетические полимеры делят на:

– гомоцепные, в которых главная цепь макромолекулы построена из атомов одного элемента. При этом если в качестве такого элемента выступают атомы углерода С, то такие полимеры называют карбоцепными;

– гетероцепные, в которых основная цепь полимера состоит из атомов углерода и атомов других элементов (например, из атомов углерода, азота, кислорода и водорода: $-C-NH-O-C-$).

Из карбоцепных волокон наиболее широкое применение находят полиакрилонитрильные, поливинилхлоридные, поливинилспиртовые и полиолефиновые, а из гетероцепных – полиамидные, полиэфирные и полиуретановые.

Общими для синтетических волокон свойствами являются легкость, прочность, износостойкость. Их можно под действием тепла курчавить, сжимать и придавать им нужную устойчивую форму.

Синтетические волокна в отличие от природных и искусственных характеризуются очень малым влагопоглощением (гидрофобны, обладают низкой гигроскопичностью (1–5 %)), поэтому изделия из них легко стираются и быстро сохнут. В связи с малой чувствительностью к влаге они практически не изменяют своих свойств при погружении в воду, имеют высокую прочность, как в воздушно-сухом, так и во влажном состоянии, что существенно расширяет область их применения.

Большинство синтетических волокон химически инертны, устойчивы к действию бактерий, микроорганизмов, плесени и моли, накапливают статическое электричество.

Полиамидные волокна (торговые марки: капрон, нейлон-6, перлон, дедерон, амилан, анид, нейлон-6,6, родиа-нейлон, ниплон, номекс, кермель) – семейство гетероцепных полимеров, содержащих в основной цепи макромолекулы активную амидную группу – CONH.

Макромолекулы полиамидов представляют собой участки повторяющихся метиленовых групп $[-CH_2-]_n$, соединенных амидными группами –CONH–. В общем виде формула полиамидов имеет вид



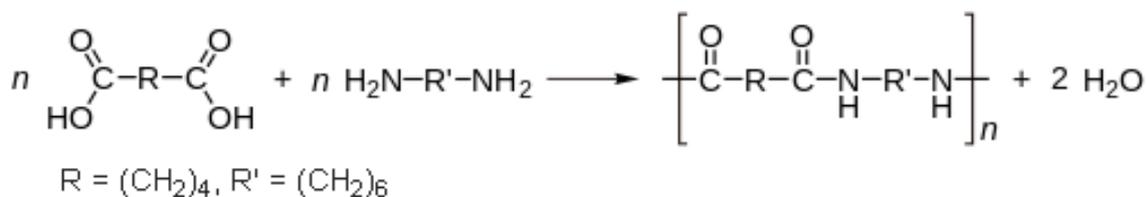
где $R = -CH_2-$ (метиленовая группа) или .

Для получения текстильных волокон используют более 10 видов полиамидов, которые различаются числом метиленовых групп и характером их расположения между амидными группами. В мировой практике используют название полиамид или нейлон с указанием одной или двух цифр, обозначающих число атомов углерода в исходном компоненте. С увеличением числа метиленовых групп в элементарном звене полиамида изменяются его свойства: снижается температура плавления, уменьшается гигроскопичность, повышается устойчивость к изгибу, светопогоде, истиранию.

Наиболее распространены два вида полиамидных волокон: капрон (нейлон-6) и анид (нейлон-6,6).

Формула волокна из анида $[-HN(CH_2)_6NHOC(CH_2)_4CO-]_n$.

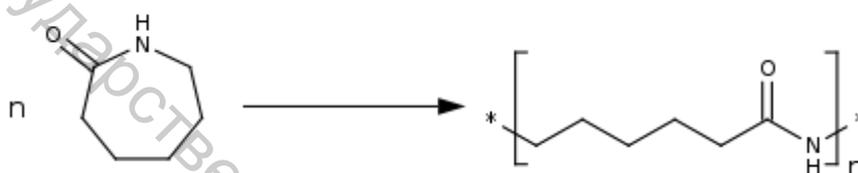
Анид синтезируется поликонденсацией адипиновой кислоты и гексаметилендиамина



Формула волокна из капрона (нейлона-6) $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_5\text{CO}-]_n$.

Капрон получают из капролактама – низкомолекулярного кристаллического вещества, вырабатываемого из продуктов перегонки нефти или каменноугольной смолы (фенола, бензола).

Синтез поликапролактама (то есть получение капрона) проводится гидролитической полимеризацией расплава капролактама по механизму «раскрытие цикла – присоединение»:



Макромолекулы полиамидов имеют конформацию плоского зигзага с образованием с соседними молекулами водородных связей между атомами кислорода и атомами водорода соседних амидных групп. Вследствие этого полиамиды обладают более высокими, по сравнению с полиэфирами и полиалкенами физико-механическими свойствами, более высокой степенью кристалличности (40–60 %) и температурами стеклования и плавления.

Полиамидные волокна отличаются:

- высокой прочностью при растяжении (40–70 сН/текс), растяжимостью и формоустойчивостью;
- высокой упругостью и устойчивостью к многократным деформациям;
- незначительным изменением прочности (примерно на 10–13 %) во влажном состоянии;
- высокой стойкостью к истиранию, превосходящей все существующие волокна (превосходят хлопок в 10 раз, шерсть в 20 раз, вискозу в 50 раз);
- стойкостью к многократным деформациям;
- высокой химической стойкостью, морозоустойчивостью, устойчивостью к действию микроорганизмов.

Основными их недостатками являются:

- невысокие гигроскопичность (3,5–5 %) и светостойкость, на свету они желтеют и становятся ломкими;
- высокая электризуемость;

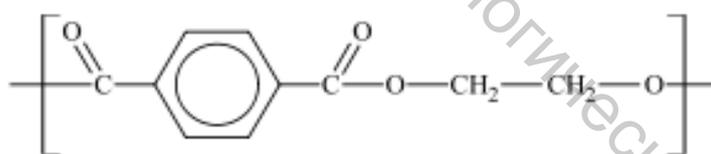
- малая термостойкость: при нагревании до 160 °С их прочность снижается почти на 50 %;
- неустойчивы к действию щелочей, концентрированных кислот;
- чрезмерная гладкость поверхности волокон, их малая сцепляемость, вследствие чего они плохо смешиваются с другими волокнами;
- подвержены сильному пиллингу.

Горят волокна голубоватым пламенем, образуя на конце бурый твердый шарик. Добавление 10–20 % полиамидных штапельных волокон к натуральным резко увеличивает износостойкость изделий.

Для снижения гладкости полиамидных волокон и нитей и придания им специфических свойств при их формовании изменяют профиль поперечного сечения. Такие сложнопрофильные шелкоподобные полиамидные нити (шелон-1, трилобал) придают текстильным материалам мерцающий или глянцевый эффект, мягкость, шелковистость, увеличенную пористость, что повышает воздухопроницаемость и влагопроводность материалов.

В настоящее время разработаны химически модифицированные полиамидные волокна каприлон и мегалон, которые получают путем боковой прививки сополимера, содержащего гидроксильные группы. Такие волокна по гигроскопичности (5–7 %) не уступают хлопку, а по прочности, устойчивости к истиранию превосходят его.

Полиэфирные волокна (торговые марки: лавсан, терилен, дакрон, тетерон, элана, тергаль, тесил и др.) – синтетические волокна, формируемые из расплава сложных полиэфиров, в основном полиэтилентерефталата ((C₁₀H₈O₄)_n) или его производных.



полиэтилентерефталат

Получают полиэфиры путем поликонденсации многоосновных кислот или их альдегидов с многоатомными спиртами.

Макромолекулы полиэтилентерефталата линейны, имеют регулярное расположение функциональных групп, обладают высокой жесткостью, сильно вытянуты.

В настоящее время в мировой текстильной промышленности полиэфирные волокна занимают доминирующую позицию среди волокон синтетического происхождения благодаря их высоким физико-механическим показателям.

Формование полиэфирных волокон происходит методом экструзии (продавливания через фильтры) из расплава полимера при температуре 270–275 °С и воздушного охлаждения. Затем волокна подвергают-

ся вытяжке для достижения необходимой линейной плотности и прочности.

Достоинствами полиэфирных волокон являются:

- высокая прочность;
- сохранность свойств во влажном состоянии (сохраняют 100 % прочности);
- повышенная термостойкость, превосходящая показатели всех природных и большинства химических волокон;
- незначительная сминаемость, высокая упругость и устойчивость к истиранию. По стойкости к истиранию и изгибам полиэфирные волокна уступают полиамидным волокнам в 4–5 раз, но в 2,5 раза превышают гидратцеллюлозные;
- высокая формоустойчивость и малая степень усадки;
- отличная свето- и атмосферостойкость (уступают по этому показателю только нитроновому волокну);
- термопластичность, благодаря чему изделия хорошо сохраняют эффекты плиссе и гофре;
- стойкость к действию разбавленных кислот, щелочей, но разрушаются при воздействии концентрированной серной кислотой и горячей щелочью;
- стойкость к действию бактерий, грибков, моли;
- низкая стоимость и привлекательный внешний вид, обладают шерстеподобным внешним видом, на ощупь мягкие, теплые, объемные.

Недостатки:

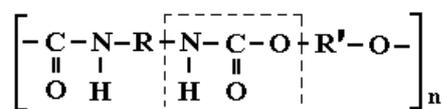
- повышенная жесткость;
- склонность к пилингу;
- сильная электризуемость;
- низкая гигроскопичность (до 1 %);
- плохая окрашиваемость.

Эти недостатки можно устранять путем химической модификации волокон.

Горит лавсан желтым коптящим пламенем, образуя на конце черный нерастирающийся шарик.

Применяются полиэфирные волокна в производстве различных тканей, искусственного меха, канатов, для армирования шин, в качестве утеплительного материала.

Полиуретановые волокна (торговые марки: лайкра, вайрин, спандекс, эспа, неолан, ворин и др.) получают на основе полиуретановых каучуков, в главной цепи, в макромолекулах которых содержится химически активная уретановая группа —NH—CO—O— .



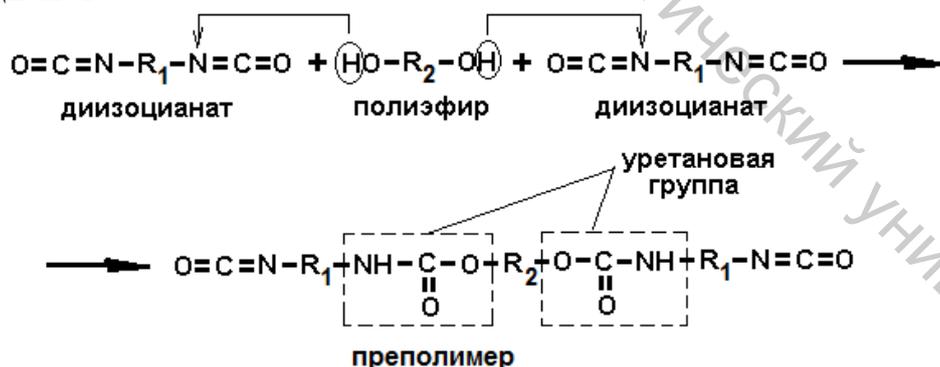
Структура полиуретанов напоминает структуру полиамидов. Однако присутствие в полиуретане дополнительного атома кислорода в основной цепи увеличивает её гибкость и обуславливает более низкие температуры плавления полиуретанов в сравнении с полиамидами.

Первое промышленное производство полиуретановых нитей началось в США в 1958 году, в 1962–1964 годах полиуретановые нити появились в Европе, в 1963 году – в Японии. Первое производство полиуретановых волокон «спандекс» в СССР было организовано в 1975 году на Волжском производственном объединении «Химволокно».

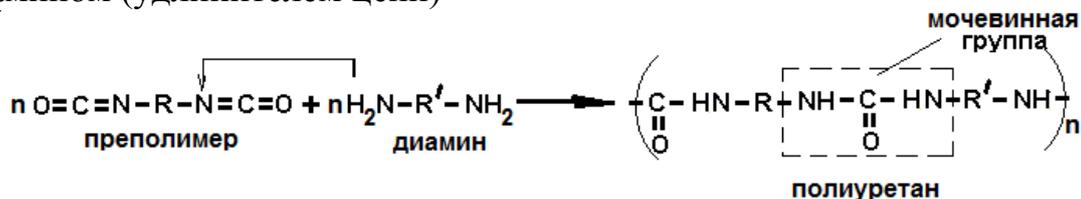
Линейные полиуретаны имеют блочную структуру макромолекул, состоящую из чередующихся жестких и гибких сегментов с сильно изогнутыми молекулярными цепями: полиэфирных сегментов, обеспечивающих высокие эластические деформации, и жестких сегментов, содержащих полиуретановые и карбамидные группы, обеспечивающих взаимодействие между макромолекулами и необходимую, хотя и ограниченную, теплостойкость. В ряде случаев число уретановых групп может быть незначительным по сравнению с содержанием других функциональных групп, однако наиболее важные характеристики полиуретанов определяются наличием в макромолекулах именно уретановых групп. Изменяя характер исходных мономеров, соотношение отдельных компонентов, можно существенно изменять свойства полимеров и получаемых из них волокон.

Технология получения полиуретановых волокон включает следующие основные стадии:

1. Синтез форполимера (макродиизоцианата) на основе простого или сложного олигоэфира с концевыми гидроксильными группами и диизоцианата



2. Получение полиуретана взаимодействием макродиизоцианата с диамином (удлинителем цепи)



Наращивание цепи низкомолекулярного преполимера проводится путем его взаимодействия с низкомолекулярными соединениями, содержащими активные атомы водорода – водой, гликолями, аминами, аминспиртами. Преполимер превращается в полимер (с молекулярной массой 20 000–50 000) за счет взаимодействия концевых изоцианатных групп с удлинителями цепи с образованием уретановых, карбамидных или мочевиновых связей.

3. Формование нитей.

Формование полиуретановых волокон и нитей может производиться следующими способами:

- из растворов мокрым и сухим методами;
- из расплава;
- реакционным (химическим) формованием (с протеканием химических реакций образования полимера из диизоцианата и диамина непосредственно в процессе волокнообразования).

Наибольшее распространение (80 % от их мирового производства) получил сухой способ формования полиуретановых волокон из раствора, 15 % производится по мокрому и химическому способам формования, 5 % полиуретановых волокон формуют из расплава. Для формования из расплава полиуретан должен быть термопластичным, что достигается применением в качестве удлинителя цепи диолов (этиленгликоль, бутиленгликоль).

При формовании волокон из растворов реакцию макродиизоцианата с диамином (реакция удлинения цепи) осуществляют в среде растворителя (в основном диметилформамид). Полученный формовочный раствор дозируют через фильеру в обогреваемую (185–230 °С) и интенсивно обдуваемую горячим воздухом прядильную шахту высотой до 11 м (сухой способ) или в осадительную водную ванну при комнатной температуре (мокрый способ). Сформированные нити промываются водой и вытягиваются (для мокрого метода), наматываются на бобины и подвергаются термообработке для снижения усадки нити (для сухого и мокрого методов). Преимущества сухого способа формования перед мокрым заключается в более высокой концентрации формовочного раствора (32 % против 20 %), большей скорости формования (600 м/мин против 150 м/мин) и более простой регенерации растворителя.

По реакционному способу диамин (до 3 %) добавляют в осадительную ванну с водой или органическим растворителем, в которую через фильеры выдавливают тонкими струями макродиизоцианат (или его раствор). Образование и осаждение полиуретанмочевины происходит в ванне, поэтому этот способ получения полиуретановых волокон называют реакционным или химическим формованием. Полученную нить, наматывают на шпулю и обрабатывают водой.

К достоинствам полиуретановых волокон (нитей) относятся:

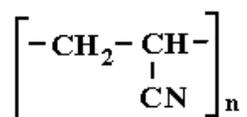
- исключительно высокие растяжимость и эластичность (растяжимость до 800 %, доля упругой деформации 90–95 %);
- легкость и мягкость;
- устойчивость к истиранию, формоустойчивость, несминаемость;
- удовлетворительная стойкость к светопогоде и химическим реагентам: действию масел, хлорсодержащих органических растворителей, разбавленных кислот и щелочей.

Недостатки:

- низкая гигроскопичность (1–1,5 %);
- сравнительно невысокая прочность (8–10 сН/текс);
- невысокая термоустойчивость, уже при 120 °С полиуретановые волокна в растянутом состоянии значительно теряют прочность;
- значительная потеря прочности и разрушение при взаимодействии с хлорированной водой и под воздействием кислорода и ультрафиолетовых лучей: на волокнах образуются микроразрывы, волокна начинают крошиться, от воздействия УФ-лучей происходит изменение цвета (пожелтение) волокон. При добавке в волокно специальных стабилизаторов свето- и атмосферостойкость значительно повышаются.

Полиуретановые нити редко применяются в чистом виде, они чаще являются каркасными нитями, вокруг которых навиваются другие нити. Из них изготавливают эластичные ткани и трикотаж разнообразных видов: спортивный, галантерейный и медицинский.

Полиакрилонитрильные волокна (акриловые волокна, нитрон, акрилан, воннел, зефран, кашмилон, куртель, орлон, экслан и др) получают из полиакрилонитрила или из сополимеров акрилонитрила с другими виниловыми мономерами (метакрилатом, винилацетатом и др.)



Степень полимеризации полиакрилонитрила 750–1000.

Его использование затруднено из-за неплавкости и нерастворимости в обычных растворителях. В качестве растворителя чаще всего используется диметилформамид (ДМФА).

Волокна формируют из раствора сухим или мокрым способом.

При формировании полиакрилонитрильных волокон по сухому способу используют растворы с концентрацией полимера 20–35 % по массе. Нагретые до 100–130 °С растворы продавливают через отверстия фильтры в воздушную шахту прядильной машины, где образуются волокна в результате испарения растворителя из струек раствора. В шахте поддерживается температура 200–280 °С. Полностью удалить растворитель из полиакрилонитрильных волокон в шахте не удастся, и выходящие из нее волокна могут содержать до 12 % по массе ДМФА. Их подвергают

ориентационному вытягиванию в 5–8 раз и принимают на шпули или в контейнеры со скоростью 200–600 м/мин.

Отделочные операции включают отмывку от растворителя, сушку, тепловые обработки для регулирования и фиксации усадочности, а также обработку ПАВ для регулирования фрикционных свойств, уменьшения жесткости и электризуемости волокон.

При мокром способе формирования полиакрилонитрильных волокон используют растворы с концентрацией полимера 10–25 % по массе. Раствор продавливают в виде струек через отверстия фильтры в осадительную ванну, содержащую 50–70%-й водный раствор диметилформамида. В результате диффузионного массообмена между струйками раствора и осадительной ванной происходит изменение состава раствора, приводящее к осаждению полимера в виде гель-волокон. Сформованные волокна подвергают ориентационному вытягиванию и тем же обработкам, что и полиакрилонитрильные волокна, полученные по сухому способу.

В основном полиакрилонитрильные волокна вырабатывают в виде штапельного волокна.

Достоинства полиакрилонитрильных волокон:

- низкая плотность (1,16–1,18 г/см³);
- достаточно высокая прочность (25–34 сН/текс), сравнительно высокая растяжимость (22–35 %);
- высокая свето- и атмосферостойкость (превосходит все натуральные и химические волокна), устойчивость к действию микроорганизмов, а также кислот и щелочей умеренной концентрации, многих органических растворителей. Однако разрушаются в феноле, формалине, мало устойчивы к воздействию концентрированных растворов щелочей и серной кислоты, особенно при повышенной температуре;
- сохранность свойств во влажном состоянии, в условиях комбинированного воздействия, солнечного света, дыма, копоти, воды, кислот и т. п., в которых гидратцеллюлозные волокна полностью разрушаются, полиакрилонитрильные волокна теряют прочность всего на 15 %;
- мягкость, малая сминаемость и усадка, высокая формостойкость;
- шерстеподобный внешний вид;
- низкая теплопроводность (близки по этому показателю к шерсти, поэтому их часто называют «искусственной шерстью») и высокая морозостойкость;
- высокая термостойкость: в процессе длительного выдерживания при температуре 120–130 °С они практически не изменяют своих свойств. Однако для сохранения максимальной яркости окраски волокон не рекомендуется нагревать свыше 160 °С, так как может произойти пожелтение волокон;
- невысокая стоимость.

К недостаткам полиакрилонитрильных волокон относят:

- низкую гигроскопичность;
- малую устойчивость к истиранию (уступает даже хлопку);
- сравнительно высокую жесткость;
- склонность к образованию пиллей (но пилли из-за их невысоких прочностных свойств в процессе носки исчезают);
- сильную электризуемость.

При температуре 200–250 °С нитрон размягчается. Горит желтым коптящим пламенем со вспышками, образуя на конце твердый шарик.

Используются полиакрилонитрильные волокна главным образом как заменители шерсти при производстве верхнего трикотажа, плательных и костюмных тканей, ковров, искусственного меха, как теплоизоляционный материал и добавка к шерстяным волокнам.

Поливинилхлоридные волокна (хлорин, тевион, виньон, ровиль и др.) вырабатывают из поливинилхлорида (ПВХ) $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$, из перхлорвиниловой смолы (хлорин) или сополимеров винилхлорида.

Формование осуществляют по сухому или мокрому методу. Выпускаются в виде непрерывных нитей или штапельных волокон.

При получении поливинилхлоридных волокон по сухому способу используют высоковязкие ($\eta > 100 \text{ Па}\cdot\text{с}$) 28–32%-е растворы ПВХ в смесях (1:1) ацетона с сероуглеродом CS_2 или бензолом. Формовочный раствор продавливают через фильеры в шахту прядильной машины, где образуются волокна в результате испарения растворителя из струек раствора. Из-за высокой токсичности, пожаро- и взрывоопасности растворителя прядильная машина и процесс получения поливинилхлоридных волокон имеют специфические особенности: паровоздушная смесь циркулирует в прядильной машине по замкнутому контуру, образованному шахтой и вспомогательным трубопроводом. Растворитель испаряется в верхней обогреваемой зоне шахты, конденсируется и выводится в нижней интенсивно охлаждаемой зоне. Освобожденный от капель растворителя воздух, насыщенный парами растворителя (содержание выше верхних концентрационных пределов воспламенения (КПВ)), нагревается и подается в верхнюю зону шахты.

При получении поливинилхлоридных волокон из сополимеров винилхлорида с винилацетатом или акрилонитрилом по сухому способу в качестве растворителя используют ацетон. Аппаратурное оформление и технология формования при этом примерно такие же, как и при получении ацетатных волокон. Аналогично могут быть получены нити и из хлорированного ПВХ (хлорина).

По мокрому способу поливинилхлоридные волокна формуют из 20–25%-х растворов ПВХ в диметилформамиде (ДМФА) и из 25–30%-х растворов хлорированного ПВХ или сополимеров винилхлорида в ацетоне. Вязкость растворов до 30 Па·с. ПВХ растворяют в ДМФА при температурах на 20–30 °С выше температуры стеклования полимера, затем растворы охлаждают до 60–80 °С. Растворы в ацетоне готовят при

температуре ниже температуры кипения растворителя. Растворы фильтруют, удаляют из них воздух и продавливают через фильтры в осадительные ванны, представляющие смеси растворителя с водой. Сформованные в осадительной ванне волокна отмывают от растворителя и сушат.

Поливинилхлоридные волокна, полученные как по сухому, так и по мокрому способу, подвергают ориентационному вытягиванию, термо- и антистатической обработкам, гофрированию (при производстве волокна) и крутке (при производстве нитей). Термообработки осуществляют при температурах на 20–60 °С выше температуры стеклования полимера в различных средах (водяном паре, на воздухе, на нагретой поверхности) и с различной величиной усадки волокна. Основная цель термообработок поливинилхлоридных волокон – получение волокон, различающихся величиной усадки.

Линейная плотность поливинилхлоридных волокон составляет 0,17–2 текс, нитей 5–100 текс.

Поливинилхлоридные волокна характеризуются:

- высокой химической стойкостью;
- малой теплопроводностью и электропроводностью;
- очень низкой гигроскопичностью (0,1–0,15 %);
- способностью накапливать при трении о кожу человека электростатические заряды, имеющие лечебный эффект при болезнях суставов;
- высокой степенью усадки (в кипящей воде до 55 %). Это свойство используется для получения красивой рельефной поверхности ткани. Существенное влияние на усадочность оказывают условия вытягивания и особенно термообработок волокон. Снижение усадочности в результате термообработок обычно сопровождается уменьшением прочности и повышением относительного удлинения при разрыве;
- негорючи, атмосферостойки, устойчивы к действию микроорганизмов.

Недостатками являются:

- очень низкая теплостойкость (изделия можно использовать при температуре не выше 70 °С, так как волокна разрушаются при 100 °С);
- неустойчивость к действию света и светопогоды.

Поливинилхлоридные волокна применяют для производства фильтровальных и негорючих драпировочных тканей, спецодежды, нетканых материалов, теплоизоляционных материалов, используемых при низких температурах. Способность поливинилхлоридных волокон накапливать высокий электростатический заряд используется для изготовления из них лечебного белья. В смесях с другими волокнами их часто применяют для получения эффекта усадочности (в производстве тканей повышенной плотности, рельефных тканей, ковров, искусственной кожи, пушистых трикотажных изделий и др.).

Полиолефиновые волокна. К этой категории относятся полипропиленовые и полиэтиленовые волокна.

Полипропиленовые текстильные волокна (мераклон, геркулон, ульстрен, найден) формируются в основном из расплава, реже из раствора полипропилена $[-\text{CH}_2-\text{CHCH}_3-]_n$ с последующим вытягиванием и термофиксацией.

Волокнообразующий полипропилен обладает стереорегулярной (изотактической) структурой со степенью полимеризации макромолекул 1900–5900.

Полипропиленовые волокна характеризуются следующими свойствами:

- низкой плотностью ($0,91 \text{ г/см}^3$) и весом, это самые легкие из всех видов волокон. Ткани из полипропиленового волокна настолько легкие, что не тонут в воде;
- достаточной прочностью и удлинением: прочность – 35–80 сН/текс, степень удлинения в мокром и сухом состоянии (показатель одинаковый) – 30–40 %;
- хорошими теплоизоляционными свойствами;
- высокой стойкостью к действию кислот, щелочей, органических растворителей, грибов и микроорганизмов;
- по эластичности, устойчивости к многократным изгибам, как правило, превосходят полиамидные волокна, но уступают им по стойкости к истиранию;
- небольшую скорость капиллярного поднятия влаги; высокую скорость сушки;
- не электризуются и имеют пыле- и грязеотталкивающие свойства;
- имеют низкую стоимость.

К недостаткам полипропиленового волокна относятся:

- низкая гигроскопичность – 0,01–0,02 %;
- низкая светостойкость. Под воздействием УФ-лучей такой материал начинает очень быстро разрушаться;
- невысокая термо- и теплостойкость. Полипропиленовое волокно после его нагрева до $80 \text{ }^\circ\text{C}$ теряет 12–20 % прочности;
- плохо поддается поверхностному окрашиванию.

Полипропиленовые волокна применяют для изготовления ковров, одеял, тканей для верхней и спортивной одежды, обуви, трикотажа, фильтровальных материалов, хирургических нитей и ткани и др.

Полиэтиленовые волокна и нити (торговые названия: спектра, дайнема, текмилон) получают из полиэтилена $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$ среднего и низкого давления по той же технологической схеме, что и полипропиленовые. Однако формование полиэтиленовых нитей проводится при более высоких температурах вследствие высокой вязкости расплава полиэтилена. Кроме того, полиэтиленовые нити подвергают более значи-

тельной вытяжке – в 10–15 раз. Другие параметры, по существу, не отличаются от соответствующих параметров технологического процесса получения полипропиленовых нитей.

Полиэтилен, полученный при низком и среднем давлении, обладает линейной зигзагообразной структурой молекул, практически не имеющих боковых ответвлений.

Полиэтиленовые волокна, так же как и пропиленовые, отличаются низкой плотностью, не набухают в воде и не тонут. В мокром состоянии прочность их не снижается. По химической стойкости полиэтиленовые волокна превосходят все известные в настоящее время волокна, уступая лишь фтор-содержащим и кремнийорганическим волокнам.

Характеризуются низкой теплостойкостью. При температуре 80 °С полиэтиленовая нить теряет около 80 % первоначальной прочности. Гигроскопичность нитей практически равна нулю.

Полиэтиленовые нити можно применять для изготовления фильтровальных тканей, рыболовных сетей, канатов и в качестве армирующего материала для пластиков.

Оптимальным в настоящее время является создание двухслойных материалов, в которых нижний слой выполняется из полиолефиновых волокон, а верхний – из гигроскопичных целлюлозных волокон. Такая технология позволяет нижнему слою оставаться сухим, но отводить влагу в гигроскопичный верхний слой. Часто применяется при пошиве нижнего белья, спортивных изделий, а также чулочно-носочных изделий с повышенными гигиеническими характеристиками.

Поливинилспиртовые волокна (винол, виналон, винилон, куралон, мьюлон) получают из поливинилового спирта $[-CH_2-CH(OH)-]_n$.

Их формуют по мокрому или сухому способу из водных растворов поливинилового спирта. С этой целью поливиниловый спирт отмывают от примесей и растворяют в воде при 95–98 °С. Волокна формуют по мокрому способу из 15–20 %-х растворов поливинилового спирта в осадительную ванну с водным раствором серной кислоты Na_2SO_4 с последующей пластификационной вытяжкой в 2–3 раза. По сухому методу нити формуют из 30–45 %-х растворов поливинилового спирта.

Волокна и нити подвергают дополнительному термовытягиванию в 1,5–5 раз и термообработке под натяжением при 220–240 °С, что повышает их прочность, водостойкость и снижает усадку.

Поливиниловый спирт – водорастворимый полимер, поэтому для придания волокнам водостойкости их ацетилируют для образования поперечных химических связей между макромолекулами главным образом формальдегидом (или бензальдегидом) в кислотной водно-солевой ванне, промывают и сушат. Такие волокна выдерживают длительное кипячение в воде.

В зависимости от условий формирования и последующего ацетилирования получают волокна и нити с разной степенью прочности и водостойкости – от водорастворимых до гидрофобных.

Нерастворимые поливинилспиртовые волокна и нити выпускаются под торговым названием винол и характеризуются:

- плотностью 1,26–1,3 мг/мм³;
- достаточно высокой прочностью;
- высокой устойчивостью к истиранию, уступая только полиамидным волокнам;
- высокими износо- и атмосферостойкостью, теплостойкостью и светостойкостью;
- устойчивостью к действию микроорганизмов, химической стойкостью (кислоты, щелочи и окислители в умеренных концентрациях, малополярные органические растворители и нефтепродукты);
- высокой гидрофильностью в отличие от большинства синтетических волокон, обусловленной наличием в макромолекулах полимера большого количества гидроксильных групп. По показателям гигроскопичности (5–7 %) поливинилспиртовые волокна приближаются к хлопковым;
- малой электризуемостью;
- хорошо окрашиваются.

Винол используется в производстве тканей для белья и одежды, а в смеси с хлопком и вискозой – для выработки чулочно-носочных изделий. Проведение модификации таких волокон позволяет получить волокна с определенными свойствами: огнестойкие, бактерицидные, ионообменные и т. д.

Водорастворимые разновидности поливинилового спирта используются в качестве вспомогательного (удаляемого) волокна при производстве ажурных изделий, тонких тканей, материалов волокнистых структур, при изготовлении гипюра, в медицине для временного скрепления хирургических швов (мтилан).

1.2 Текстильные нити

1.2.1 Классификация текстильных нитей

Текстильная нить – это гибкое, протяженное и прочное тело, неограниченной длины, с малыми поперечными размерами по отношению к длине, применяемое для изготовления текстильных изделий.

Текстильная нить отличается от волокна большей длиной – до сотен метров.

Классификация текстильных нитей представлена на рисунке 1.15.

Текстильные нити классифицируют по следующим признакам:

1. По структуре.

Структура текстильных нитей определяется формой и размерами элементов, составляющих нити, взаимным их расположением и связями между ними.

Нити по структуре делятся на два типа:

– *первичные*, получаемые сразу, непосредственно после их изготовления. Строение и состав первичных нитей остаются неизменными по всей длине;

– *вторичные*, получаемые из первичных нитей путем изменения их внешнего вида и свойств в процессе технологической переработки.

К первичным нитям относят монопнити, комплексные нити, пряжу и разрезные нити.

Монопнить (элементарная нить) – одиночная нить, не делящаяся в продольном направлении без разрушения, пригодная для непосредственного производства текстильного материала.

Монопнити могут быть разной толщины и иметь круглую, плоскую или профилированную форму поперечного сечения. К ним относятся конский волос, металлические нити (например, люрекс).

Комплексная нить – состоит из двух или более элементарных нитей, длина которых равна или несколько больше длины комплексной нити, соединенных скручиванием или склеиванием.

Пряжа – нить, состоящая из волокон ограниченной длины (штапельных), соединенных скручиванием, а иногда склеиванием.

По строению различают пряжу:

– *одиночную*. Изготавливается на прядильных машинах путем скручивания элементарных волокон. При вращении веретена или прядильной камеры по часовой стрелке образуется пряжа правой крутки – Z, при вращении против часовой стрелки – пряжа левой крутки – S (рис. 1.15);

– *тrocеную*. Состоит из двух или более сложенных, но не скрученных нитей.

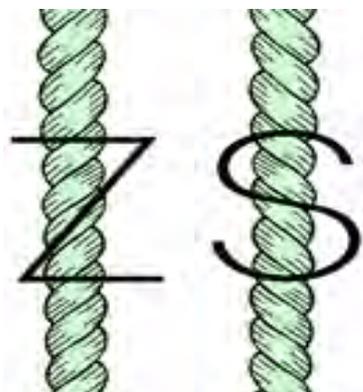


Рисунок 1.15 – Направления крутки

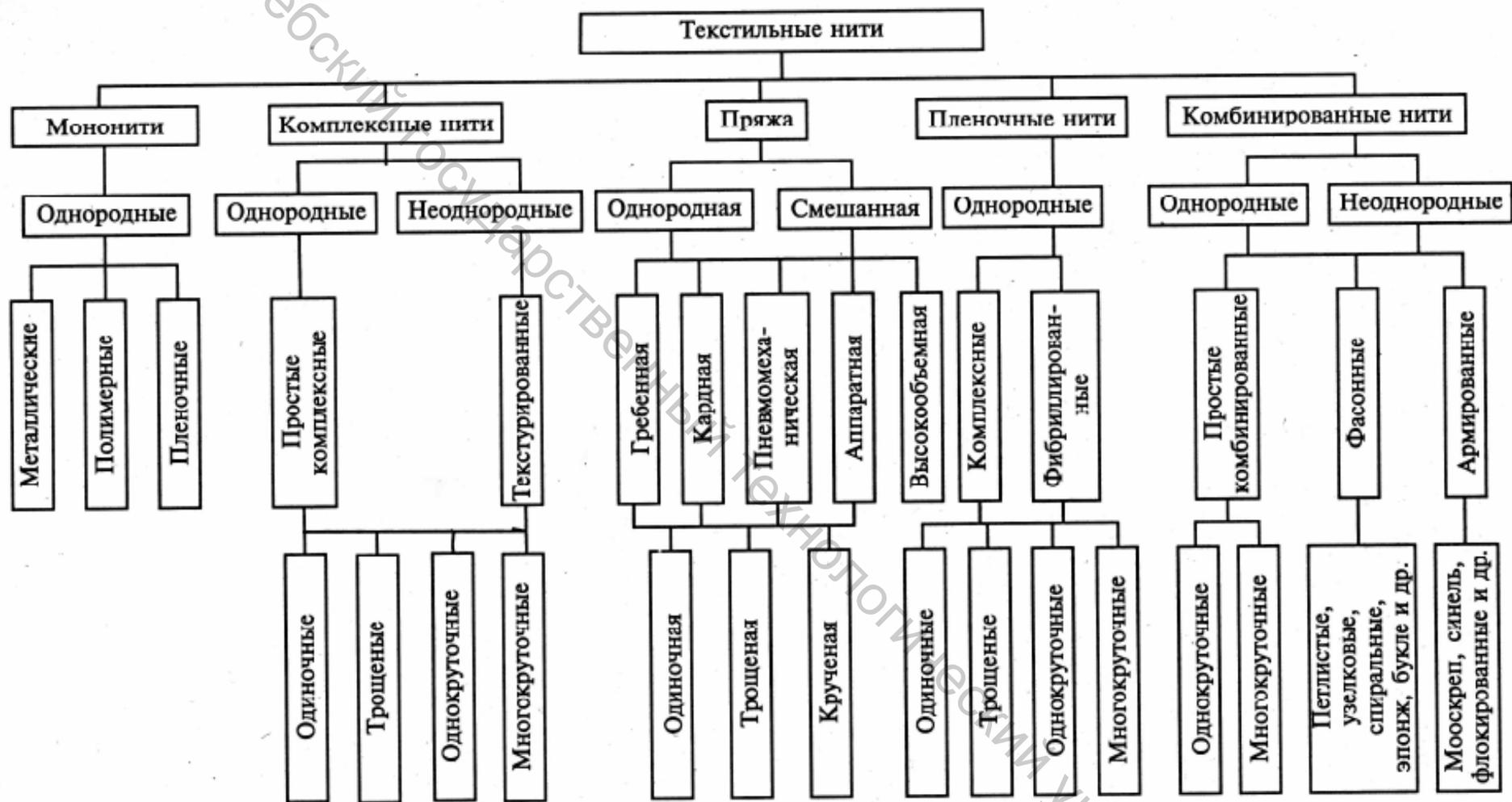


Рисунок 1.16 – Классификация текстильных нитей

Это придает нитям большую уравновешенность, чем у одиночной или крученной пряжи, поэтому они часто используются в трикотажном производстве;

– *крученную*. Получается скручиванием двух или более нитей на крутильных машинах.

Разрезные нити – нити, полученные скручиванием узких, тонких, протяженных полосок (ленточек) пленок и других материалов, получаемых либо разрезанием пленок, либо экструдированием их из расплава с последующим вытягиванием и термофиксацией.

К вторичным нитям относят крученные и текстурированные нити.

Кручеными называют нити или пряжу, полученные путем скручивания различного числа первичных комплексных нитей и пряж.

Крученые нить или пряжа по способу получения бывают:

– *однокруточной*, полученной скручиванием в один прием двух, трех и более первичных нитей или пряж с одинаковой длиной;

– *многокруточной*, полученной в результате двух и более следующих друг за другом процессов скручивания.

Чаще всего соединяют 2 однокруточные нити или пряжи, скручивая их в направлении, обратном направлению предварительной крутки (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Строение многокруточной пряжи

Крученые комплексные нити и пряжу делят на подклассы:

1. *Простые* имеют одинаковое строение по всей длине.
2. *Фасонные* имеют периодически повторяющиеся местные изменения структуры или окраски. Состоят из сердцевинной нити, которую обвивает нагонная (эффектная) нить, имеющая большую длину, чем стержневая. Последняя образует на пряже круглые или продолговатые узелки (узелковая нить), спирали (периодическое изменение плотности и наклона витков нагонной нити вокруг сердцевинной), чередование спиралей и рыхлых многоцветных узелков (эпонж), небольшие кольцеобразные петли (петлистая пряжа), большие пушистые петли (букле), с ровничным эффектом (рис. 1.18) и др.

3. *Армированные* состоят из сердечника (пряжа или комплексные химические нити), обвитого по всей длине разного вида волокнами или нитями, придающими определенные свойства и внешний вид (нити другого состава, или в случае армированной пряжи – волокнами хлопка, шерсти, льна или химических волокон, прочно соединенными с сердечником за счет скручивания) (рис. 1.19).

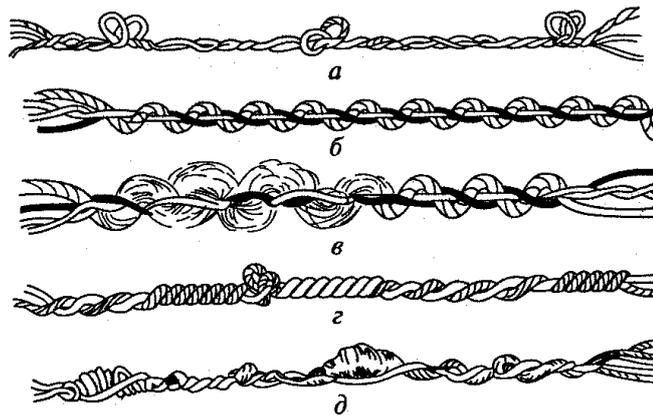


Рисунок 1.18 – Фасонные нити: а – петлистая, б – спиральная, в – с ровничным эффектом, г – эпонж, д – узелковая

В зависимости от строения и способа получения армированные нити имеют несколько разновидностей.

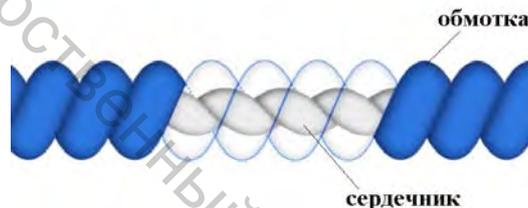


Рисунок 1.19 – Армированная нить

Классическим видом армированной нити является стержневая нить любого вида, обкрученная в один или два слоя покровной нитью другого состава (рис. 1.20 а). Это позволяет сочетать в одной нити свойства, присущие составляющим нитям.

В случае, когда в качестве сердечника используют высокоэластичные нити (лайкра, спандекс), которые во время обкручивания находятся в растянутом состоянии, то после снятия нагрузки получают высокообъемную, пушистую эластичную нить (рис. 1.20 б).

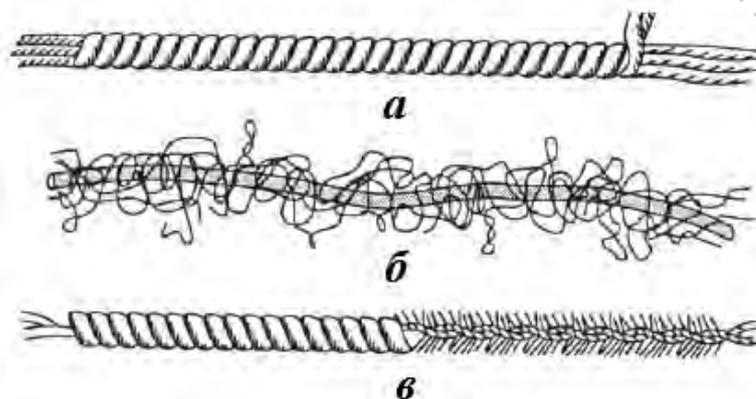


Рисунок 1.20 – Разновидности армированных нитей: а – с внешней обмоткой, б – с эластичным сердечником, в – синель

Велюровые нити (синель) состоят из сердцевинной однокруточной нити, в которой перпендикулярно продольной оси закреплено множество коротких волокон, создающих бархатистую поверхность нити (рис. 1.20 в).

Флокированные нити получают путем нанесения в электростатическом поле на стержневую нить, предварительно покрытую клеем, нарезанного ворса. Регулировкой натяжения стержневой нити и напряжения на электродах можно добиться равномерного радиального расположения ворсинок на поверхности нити.

4. *Комбинированные* состоят из скрученных нитей разных видов, строения и волокнистого состава: из пряжи и комплексной нити; из мононити, текстурированной нити и пряжи; из комплексных нитей, различающихся по химическому составу или структуре и пр.

Текстурированными называют первичные нити, внешний вид, структура и свойства которых изменены путем дополнительных физико-механических, физико-химических и других обработок.

Большинство существующих способов текстурирования основаны на механическом воздействии на комплексные нити (кручение, гофрирование, прессование и др.) при одновременном нагревании для стабилизации изменений формы элементарных нитей. Поэтому текстурированию чаще всего подвергаются нити из термопластичных полимеров (полиамидные, полиэфирные, триацетатные).

Текстурированные нити обладают большой извитостью, объемностью, рыхлостью, придающие им высокую пористость и упругость, высокой растяжимостью (до 400 %).

В зависимости от способа получения текстурированные нити отличаются между собой по способности деформироваться и характеру извитости.

По способности деформироваться их можно разделить на нити:

- высокой растяжимости (с удлинением за счет извитости более 100 %);
- повышенной или средней растяжимости (с удлинением за счет извитости до 100 %);
- обычной растяжимости (с удлинением за счет извитости до 30 %).

Сильнорастяжимые нити, вырабатываемые из капроновых комплексных нитей, называются эластиком. Нити с повышенной растяжимостью, вырабатываемые из капроновых комплексных нитей, называются мэроном и гофроном, а из лавсановых комплексных нитей – мэланом. Нити с обычной растяжимостью – аэроном (рис. 1.21). Последние получают аэродинамическим способом, основанным на воздействии на нити воздушного потока в специальной камере. Струя воздуха разъединяет и изгибает в петли элементарные нити и перепутывает их между собой. Такой способ позволяет получать текстурированные нити не

только из термопластических, но и из других видов химических нитей (вискозных, ацетатных).

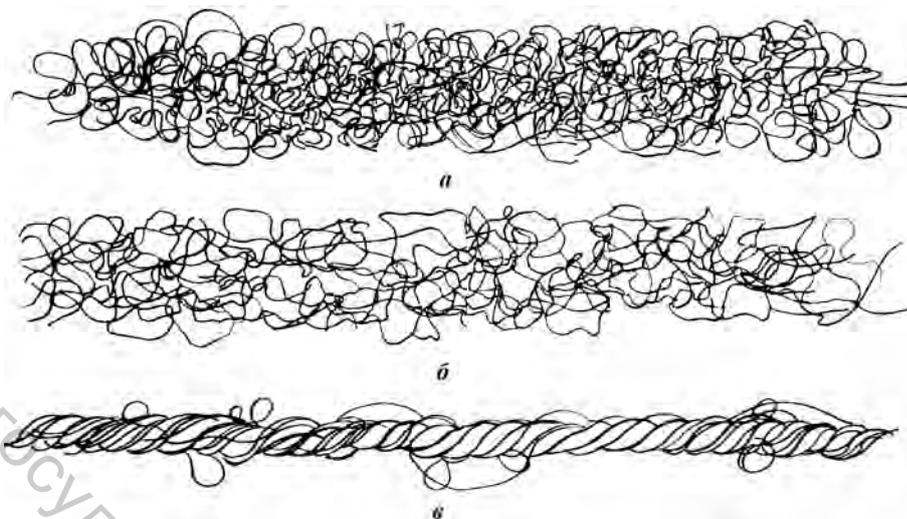


Рисунок 1.21 – Текстурированные нити: а – эластик, б – мэлан, в – аэрон

По характеру извитости текстурированные нити делят на:

– спиральноизвитые – с пространственным расположением извитков. Сюда относятся сильнорастяжимые нити типа эластик и нити с повышенной растяжимостью типа мэрон и мэлан;

– плоскоизвитые – с гармошкоподобными извитками, расположенными в одной плоскости. Сюда относится текстурированная нить с повышенной растяжимостью типа гофрон;

– петлистые – имеющие на поверхности петельки различных размеров как по длине, так и по поперечнику нити. Сюда относится текстурированная нить с обычной растяжимостью (т.е. растяжимостью, близкой к обычным, не текстурированным нитям) типа аэрон.

2. По волокнистому составу.

В зависимости от вида и происхождения волокон нити делят на однородные, неоднородные и смешанные.

1. *Однородные* нити, состоят из волокон или нитей одного и того же волокнистого состава, например хлопчатобумажная пряжа, вискозная комплексная нить.

2. *Неоднородные* – получают скручиванием нитей разного волокнистого состава, но каждая отдельная нить состоит из волокон одного вида. Например, хлопчатобумажная пряжа скрученная с шерстяной.

3. *Смешанные* – содержат смешанную из разных волокон пряжу, например, шерстолавсановая пряжа. В смесь подбирают волокна, улучшающие отдельные свойства основного волокна.

3. По способу производства.

По способу производства текстильные нити делятся на:

– нити, получаемые в процессе прядения (пряжа);

– непрядомые (мононити и комплексные нити).

Комплексные нити по способу получения разделяются на получаемые на бобинных и центрифугальных машинах, из которых последние наиболее экономичные и являются наиболее распространенными. Кроме того, эти нити различаются по способу формования: из раствора или расплава, по сухому или мокрому способу формования.

Пряжа хлопчатобумажная по способу прядения разделяется на кардную, гребенную и аппаратную. Гребенная пряжа характеризуется достаточно высокой прочностью к растяжению, равномерностью, гладкостью и чистотой, а аппаратная – пушистостью и рыхлостью и значительно меньшей прочностью к растяжению и равномерностью. Кардная пряжа, наиболее распространенная и получаемая на кольцепрядильных или пневмомеханических безверетенных прядильных машинах, занимает среднее место между гребенной и аппаратной пряжей. Льняная пряжа, получаемая кардным способом из короткого или гребенным способом из длинного волокна, может быть сухого или мокрого прядения, а шерстяная – гребенного и аппаратного способов прядения.

Помимо классических видов прядения в производстве пряжи используются безверетенные системы прядения (пневмомеханическое, электростатическое и др.).

Аэродинамическим способом получают *высокообъемную* пряжу из смеси разноусадочных волокон, характеризующуюся повышенной растяжимостью, объемностью, пушистостью и мягкостью за счет усаживания части волокон в результате химической или тепловой обработки.

4. По способу отделки.

По способу отделки нити делят на:

- суровые;
- отбеленные;
- гладкокрашенные (из волокон одного цвета);
- меланжевые (из смеси разных по цвету или сырьевому составу волокон);
- мулине (из нитей разного цвета) и др.

5. По назначению.

По назначению различают текстильные нити:

- для ткацкого производства;
- для трикотажного производства;
- для ниток и ниточных изделий;
- гардинно-тюлевого производства;
- ковров и ковровых изделий;
- мешочных и веревочно-канатных изделий.

1.2.2 Технологические процессы прядильного производства

Изготовление пряжи происходит путем прядения волокнистой массы.

Прядение – совокупность технологических процессов, при помощи которых из волокнистой массы, состоящей из волокон ограниченной длины, получают непрерывную нить. В зависимости от вида перерабатываемых волокон различают хлопко-, шерсто-, льнопрядение и т. п.

Совокупность машин и процессов, посредством которых волокна перерабатывают в определенный вид пряжи, называют **системой прядения**. Различают три основные системы прядения:

- кардную;
- гребенную;
- аппаратную.

Известные системы прядения отличаются друг от друга главным образом способами осуществления двух основных процессов: чесания волокнистой массы и утонения продукта.

Наиболее распространена **кардная** система прядения, по которой перерабатывают весь средневолокнистый хлопок и штапель длиной до 40 мм. Линейная плотность выработанной пряжи составляет – $15 \div 84$ текс.

Процесс кардного прядения включает основные технологические операции, представленные на рисунке 1.22.

На прядильные фабрики хлопок поступает в спрессованном виде (кипах). После предварительной обработки на заводах первичной обработки хлопок очищают от крупных сорных примесей и семян. Однако в нем содержится еще большое количество мелких примесей, а также поврежденные (короткие) волокна. Отдельные волокна в этой массе хлопка перепутаны, сцеплены между собой в виде клочков или с сорными примесями. Поэтому в задачу всех операций хлопкопрядения входит последующая очистка, рыхление и смешивание волокон, а затем расчесывание их с целью параллелизации, выравнивания и формирования постепенно утоняющего продукта (холста, ленты и ровницы), чтобы на заключительной стадии скрутить ленточку из параллельно расположенных волокон и получить пряжу заданных свойств.

1. *Разрыхление* спрессованных волокон – превращение кип спрессованного волокна в рыхлую волокнистую массу при помощи игл и зубьев разрыхлительной машины.

Цель процесса разрыхления заключается в том, чтобы обеспечить эффективное перемешивание компонентов и создать благоприятные условия для удаления сорных примесей. Сущность процесса разрыхления состоит в разделении волокнистого материала на мелкие клочки и ослаблении связей между волокнами, а также между волокнами и сорными примесями внутри клочка.

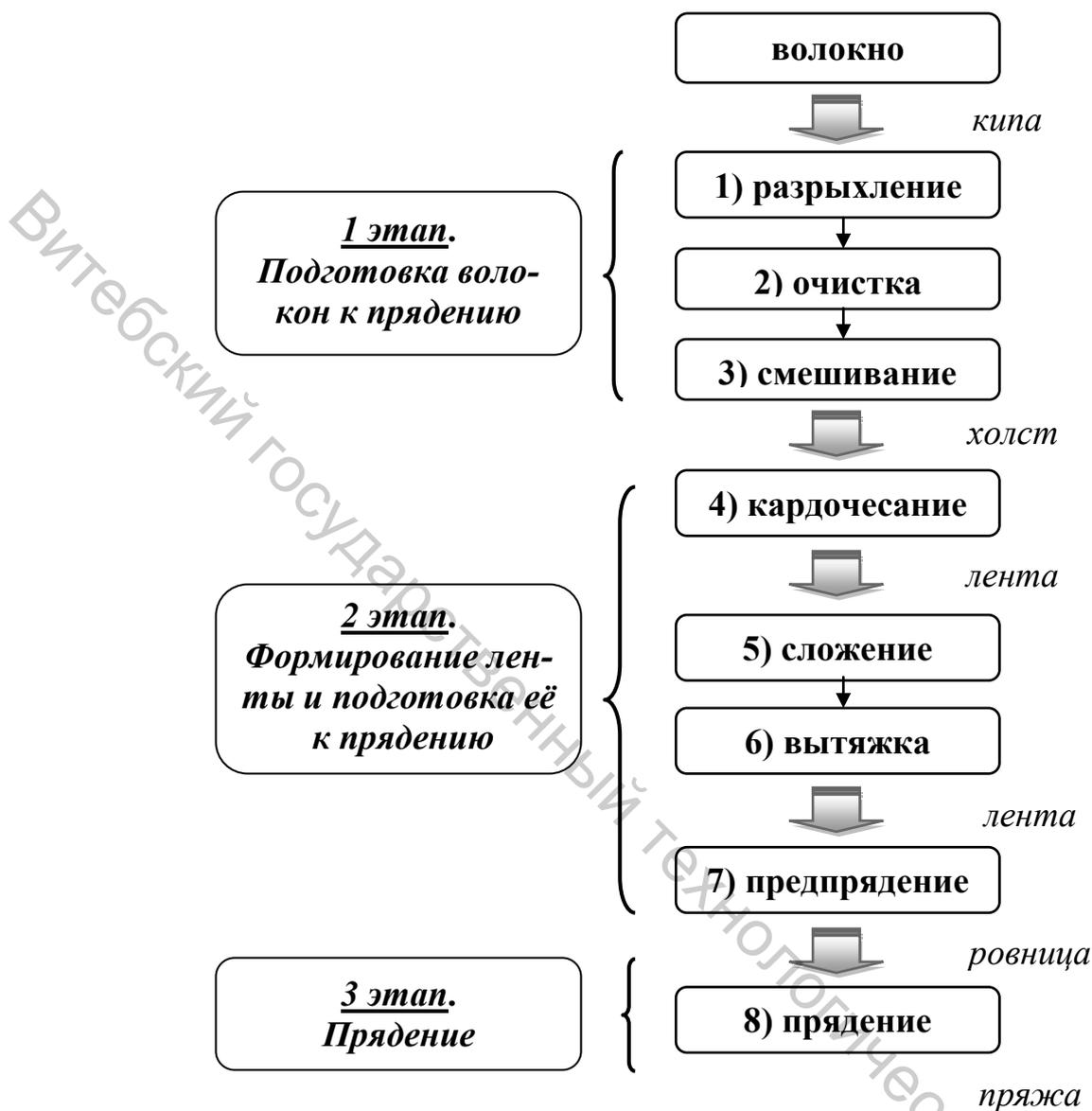


Рисунок 1.22 – Основные процессы прядильного производства

2. *Трепание (очистка)* волокнистой массы обеспечивает дальнейшее разрыхление и интенсивную очистку массы волокон от сорных примесей. Цель процесса очистки – получение чистой пряжи и обеспечение стабильности технологических процессов, то есть снижение обрывности и неровноты полуфабрикатов.

Разрыхление и трепание хлопка производят на разрыхлительно-трепальных агрегатах. Под ударным воздействием бил и трепал хлопок разделяется на мелкие клочки и очищается от крупных примесей. Мелкие примеси и пыль удаляются сетчатыми барабанами, к которым хлопок подсасывается тягой воздуха.

3. *Смешивание* – получение большой партии хорошо перемешанных компонентов, что дает возможность в течение длительного времени выработать пряжу определенного стабильного качества.

Отдельные партии хлопка (шерсти и других волокон) различаются по длине, толщине, влажности и другим свойствам. Поэтому обычно смешивают несколько партий волокон для получения более равномерной по составу и свойствам пряжи, а также получения пряжи заданной прочности и качества. В результате обработки получают рыхлую волокнистую массу – холст, представляющий собой уплотненный слой хлопка в виде рулона. Холст должен иметь определенную толщину. Волокна хлопка в холсте находятся в хаотическом состоянии в виде клочков и, кроме того, в хлопке содержится еще определенное количество мелких, трудноудаляемых сорных примесей.

4. *Чесание (ориентация)* волокнистой массы проводится с целью разъединения мелких клочков и пучков волокнистой массы на отдельные волокна и ориентации волокон в одном направлении.

Чесание осуществляют на кардочесальных машинах, в которых хлопок проходит между кардолентами, покрытыми тонкими острыми металлическими иглами (рис. 1.23).

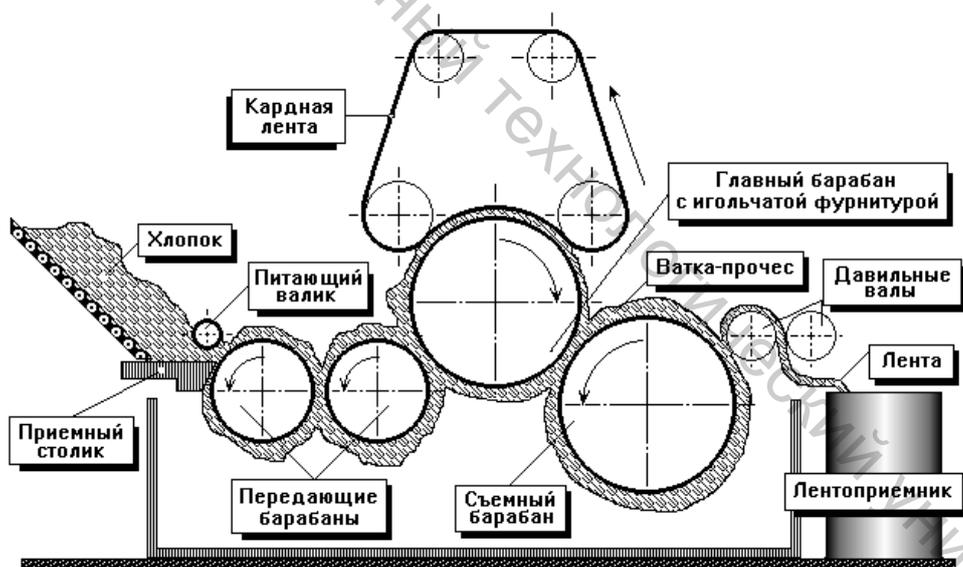


Рисунок 1.23 – Схема кардочесальной машины

Движение кардной ленты на кардочесальных машинах может происходить:

- в одном направлении, но с разной скоростью ($V_1 > V_2$);
- в разных направлениях, но с одинаковой скоростью ($V_1 = V_2$).

Попадая между двух систем игл волокна разделяются, расчесываются и ориентируются в продольном направлении. Одновременно очищаются от посторонних примесей, дефектных и коротких волокон. Ко-

роткие волокна, вычесанные кардной лентой идут на изготовление аппаратной пряжи.

Тонкий прочесанный слой волокон (ватка) с поверхности съемного барабана по всей ширине снимается быстрокачающейся гребенкой, пропускается через круглую воронку и преобразуется в ленту, представляющую собой длинный рыхлый круглый полуфабрикат диаметром 1–3 см. В ленте волокна расчесаны, но почти не связаны между собой, слабо распрямлены и ориентированы относительно оси ленты. Сама лента по толщине неравномерна.

5. *Сложение и вытяжка* нескольких лент в одну производится с целью повышения плотности (качества) волокна в ленте и увеличения степени ориентации волокна вдоль ленты.

Вначале для распрямления волокон и выравнивания ленты по толщине, составу и структуре производят сложение нескольких лент в одну. В результате сложения происходит выравнивание лент по толщине, так как утолщенные участки складываются с утоненными. Для получения смешанной пряжи соединяют ленты разного волокнистого состава.

Затем сложенные ленты равномерно вытягивают. Сущность вытягивания заключается в относительном смещении волокон вытягиваемого продукта и в распределении их на большей длине, вследствие чего лента утоняется. При этом между волокнами действуют силы трения и сцепления, благодаря которым волокна распрямляются и располагаются параллельно друг другу вдоль оси продукта.

Выравнивают и вытягивают ленты на ленточных машинах. Ленточные машины снабжены несколькими вращающимися с возрастающей частотой парами валиков, проходя между которыми лента постепенно утоняется и волокна в ней ориентируются по направлению движения. Обработка может производиться последовательно на нескольких машинах для получения все более тонкой ленты. Широкое применение имеют ленточные машины высокой вытяжки, заменяющие несколько ленточных машин.

6. *Предпрядение* – постепенное вытягивание ленты в ровницу, осуществляемое на ровничных машинах. Цель операции – утонить ленту до размеров, пригодных для выработки пряжи.

Ровница – вытянутая (примерно в 12 раз) и слабо скрученная для придания минимальной прочности лента. Ровница имеет меньший диаметр по сравнению с лентой и более высокую плотность волокон на единицу площади сечения.

7. *Прядение* – окончательное утонение продукта до заданной линейной плотности и его скручивание, то есть превращение ровницы в тонкую и прочную пряжу, а также ее намотка на паковку заданной формы и размеров. Осуществляется на прядильных машинах.

Для прядения применяют следующие способы:

- механический на кольцевых прядильных машинах;
- пневмомеханический;
- электромеханический.

На кольцевой прядильной машине ровница проходит через вытяжной аппарат, а затем образуемая нить с помощью быстровращающегося веретена скручивается и наматывается на шпулю (рис. 1.24). Пряжа получается наименьшей толщины, по сравнению с другими способами. Скручивание волокон осуществляется на участке от выпускной пары до бегунка, вследствие чего при вращении веретена со шпулей нить натягивается, тянет за собой бегунок и заставляет его вращаться вокруг кольца. За каждый оборот веретена пряжа получает одно кручение, при этом она вращается вокруг веретена, образуя баллон. В результате баллонирования пряжи бегунок вращается по кольцу, но с меньшей скоростью, чем веретено, поэтому пряжа, скручиваясь, наматывается на шпулю.

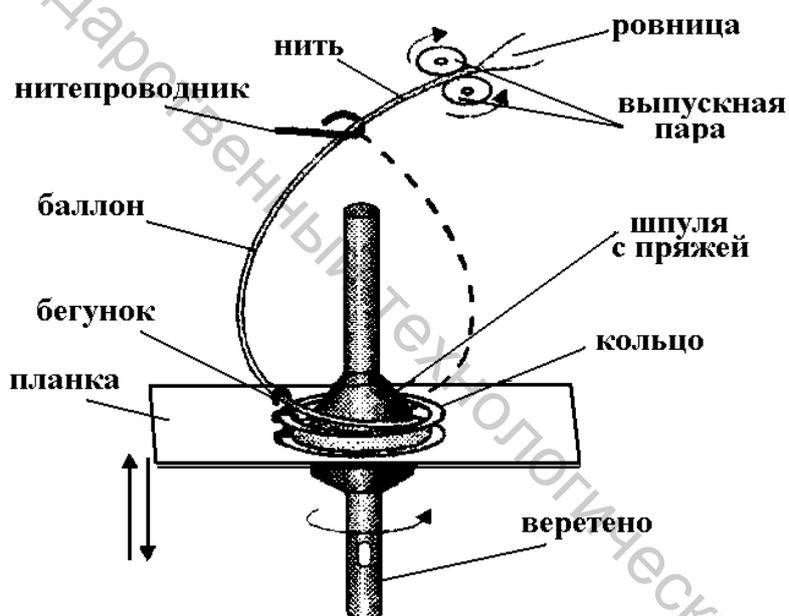


Рисунок 1.24 – Схема крутильно-мотального механизма кольцевой прядильной машины

При пневмомеханическом способе разъединенные волокна поступают в прядильную головку пневмомеханической прядильной машины, где под действием воздушного потока и центробежной силы они равномерно укладываются на внутренних стенках воронкообразной камеры и группируются в желобе в виде волокнистой ленты, которая затем посредством кручения формируются в пряжу. Пряжа пневмомеханического способа прядения более равномерна по свойствам, чем пряжа с кольцепрядильных машин.

Схема электромеханического способа прядения представлена на рисунке 1.25.

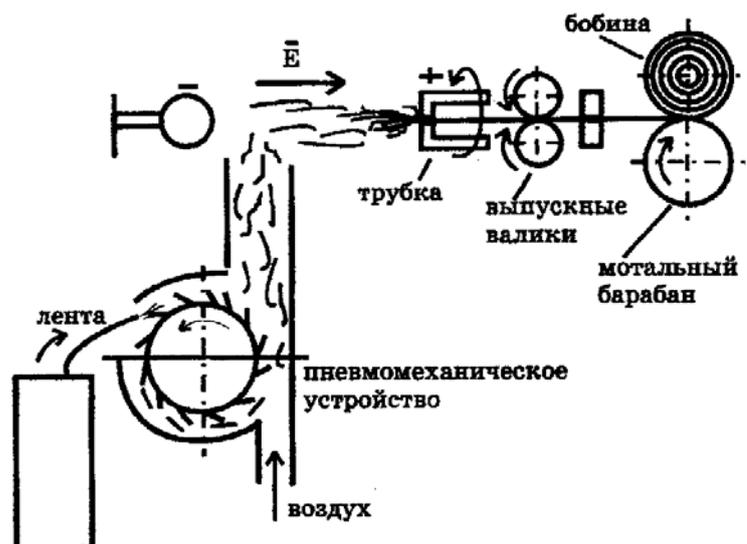


Рисунок 1.25 – Схема прядения электромеханическим способом

При электромеханическом способе волокнистая лента, попадая в пневмомеханическое устройство, разрыхляется на волокна, которые попадая в электростатическое поле, ориентируются вдоль силовых линий и прилипают ко вращающейся трубке, на конце которой образуется мычка (место, где что-либо смыкается), соединенная со свободным концом пряжи и скручивается с ним. Из машины пряжа выводится выпускными валиками.

По *гребенной системе* вырабатывается пряжа малой линейной плотности или средней, но с повышенной прочностью.

Гребенная система прядения помимо операций кардного способа предусматривает дополнительное расчесывание волокон на гребнечесальных машинах (гребнечесальный переход) в результате чего из продукта вычесываются и удаляются короткие волокна (очес). Лента, выходящая из гребнечесальной машины, состоит из длинных, ровных, хорошо распрямленных волокон, и поэтому пряжа получается высокого качества. Утонение полученной ленты осуществляется, как и в кардной системе, путем ее вытягивания на последующих машинах.

По этой системе получают пряжу более прочную, гладкую, чистую и тонкую. Линейная плотность: хлопчатобумажной пряжи – $5 \div 11,5$ текс, шерстяной – $15 \div 42$ текс. Для прядения используют тонковолокнистый хлопок, лен, тонкую длинную шерсть. Из гребенной пряжи вырабатывают изделия наиболее высокого качества.

Аппаратное прядение применяют для изготовления более толстой пряжи из коротковолокнистого хлопка, шерсти, химических волокон и отходов текстильного производства. Характерной особенностью аппаратной системы является то, что волокнистую массу после чесания разделяют на отдельные полосы, которые скатывают в ровницу. Из ровницы на прядильных машинах вырабатывают пряжу. Исключение обра-

ботки на ленточных и ровничных машинах приводит к получению менее равномерной, но более толстой и пушистой пряжи. Линейная плотность – 50÷500 текс.

1.2.3 Характеристики строения и свойств волокон и нитей

Основными структурными характеристиками волокон и нитей являются геометрические характеристики – длина, толщина, форма и площадь поперечного сечения, диаметр. Для характеристики структуры текстильных нитей также дополнительно используются показатели: направление крутки, крутка, коэффициент крутки и величина укрутки.

1. Длина волокна (нити), L , м – расстояние между концами распрямленного волокна или нити.

Толщина волокна или нити – характеризуется косвенными величинами. Непосредственное измерение толщины волокон или нитей затруднено в связи с тем, что формы их поперечного сечения не представляют собой простые геометрические фигуры.

Чаще всего толщину выражают через линейную плотность.

2. Линейная плотность, T , текс – характеризует массу 1 м волокна или нити и определяется по формуле

$$T = 1000 \frac{m}{L}, \quad (1.2)$$

где m – масса волокна или нитей, г; L – длина волокна или нитей, м.

Текс – внесистемная единица линейной плотности: 1 текс = 1 г/км = 1 мг/м.

Различают линейную плотность фактическую, номинальную, номинально-расчетную и результирующую.

Фактическую линейную плотность текстильной нити T_ϕ определяют опытно-лабораторным путем и рассчитывают по формуле

$$T_\phi = 1000 \cdot \frac{\sum m}{L \cdot n}, \quad (1.3)$$

где $\sum m$ – общая масса элементарных проб, г; L – длина нити в элементарной пробе, м; n – число элементарных проб.

Номинальной T_n называют линейную плотность одиночной нити, запланированной к выработке на производстве; она обычно указывается в технической характеристике нити и материала.

Фактическая и номинальная линейная плотность часто могут не совпадать вследствие неравномерности строения волокон или элемен-

тарных нитей, непостоянства во времени технологического процесса на производстве, изменения атмосферных условий, разладки и износа рабочих органов прядильных и крутильных машин и других причин. Поэтому стандартами на все виды текстильных нитей устанавливаются допуски отклонений фактической линейной плотности от номинальной, превышение которых недопустимо.

Номинально-расчетная плотность T_p рассчитывается для трощеных и крученых нитей, путем суммирования линейной плотности составляющих нитей с использованием следующих формул:

– если соединяются нити одинаковой линейной плотности

$$T_p = T_n \cdot n, \quad (1.4)$$

где n – число составляющих нитей;

– если соединяются нити разных линейных плотностей

$$T_p = T_1 + T_2 + \dots + T_n. \quad (1.5)$$

Результирующей называют линейную плотность крученой пряжи или нитей из одинаковых или разных по толщине нитей, подсчитанную с учетом их укрутки по формуле

$$T_R = \frac{100 \cdot T_p}{(100 - Y)}, \quad (1.6)$$

где Y – укрутка нитей, определяемая по формуле (1.14).

В результате укрутки линейная плотность нитей возрастает.

Толщина может также выражаться через **номер метрический**, N_m , м/г – характеристика, обратная линейной плотности (действовала до 01.01.1971 г. В настоящее время отменена):

$$N_m = \frac{L}{m}, \quad (1.7)$$

где m – масса волокна или нитей, г; L – длина волокна или нитей, м.

Значение номера и линейной плотности T , выраженной в тексах, связаны соотношением

$$T = \frac{1000}{N}. \quad (1.8)$$

Чем больше номер волокна (нити), тем оно тоньше.

3. Диаметр волокон (нити), d , мм.

Различают условный и расчетный диаметры волокон (нити).

Условный диаметр волокна (нити), $d_{усл}$ мм, рассчитывается при условии, что волокна не имеют пор или каналов, в нити они плотно прилегают друг к другу, и форму поперечного сечения таких волокон или нити можно принять близкой к кругу

$$S = 0,001 \frac{T}{\gamma}, \quad (1.9)$$

$$d_{усл} = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (1.10)$$

где S – площадь поперечного сечения волокна (нити), мм²; T – линейная плотность волокна (нити), текс; γ – плотность вещества волокна, мг/мм³.

Для округлых элементарных волокон или нитей без канала $d_{усл}$ близок к фактическим размерам поперечника.

В большинстве случаев в реальных текстильных нитях имеются пустоты из-за неплотного расположения волокон в пряже и элементарных нитей в комплексных нитях в зависимости от степени их извитости и ориентации, а также из-за наличия в самих элементарных волокнах и нитях продольных каналов и микропор. Поэтому фактические размеры поперечного сечения текстильных волокон и нитей характеризуют расчетным диаметром нити d_p , мм, определяемым по формуле

$$d_p = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}}, \quad (1.11)$$

где T – линейная плотность волокна (нити), текс; δ – средняя плотность волокон или нитей, мг/мм³ – это масса единицы объема волокна или нитей, измеренного по внешнему контуру.

Величины расчетного и условного диаметров нитей используются при определении характеристик строения и заполнения тканей и трикотажных полотен.

Для определения расчетного диаметра швейных ниток может также применяться следующая формула

$$d_p = \frac{A \cdot \sqrt{T}}{31,6}, \quad (1.12)$$

где T – линейная плотность нитей основы или утка, текс; A – коэффициент, зависящий от вида волокна.

4. Направление крутки – характеризует расположение витков периферийного слоя нити (рис. 1.15):

– при правой крутке (Z) составляющие нити направлены слева вверх направо;

– при левой крутке (S) составляющие нити направлены справа вверх налево.

При скручивании волокна периферийного слоя нити располагаются по винтовым линиям с заданным углом кручения β , определяемым между направлением расположения витка и продольной осью нити (рис. 1.26). Чем больше угол β , тем сильнее скручена нить независимо от ее толщины и вида волокна, из которого она получена.

Направление крутки швейных ниток влияет на процесс образования стежков на швейных машинах и обрывность строчек при пошиве изделий. Как известно, при обратном ходе иглы швейной машины нитка, заправленная в её ушко, отходит от иглы и образует петлю, в которую входит носик челнока или петлителя.

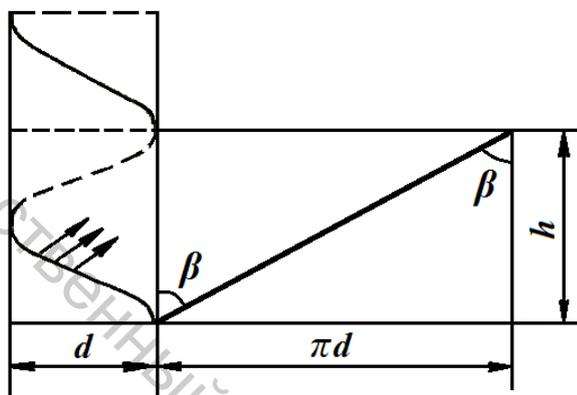


Рисунок 1.26 – Развертка одного периферийного витка крутки

У ниток крутки S петля отклоняется против часовой стрелки, а у ниток крутки Z – по часовой стрелке. В результате этого петля поворачивается или навстречу движению челнока, или по ходу его движения. При повороте петли навстречу движению челнока вероятность того, что его носик пройдет мимо петли, меньше, чем при повороте петли по ходу движения. Поэтому для швейных машин с движением челнока по часовой стрелке применяются нитки крутки S, для современных быстроходных машин, у которых челнок движется против часовой стрелки, используются нитки крутки Z.

В двухигольных машинах для правой иглы необходимо применять нитки крутки Z, а для левой иглы – нитки крутки S.

5. Крутка, K, кр./м, – определяется числом кручений (витков), приходящихся на 1 м длины нити.

В зависимости от степени крутки различают нити:

- полой крутки: имеют 100–230 кр./м, используются при выработке гладких тканей;
- средней крутки (муслины): имеют от 230 до 900 кр./м, используются при выработке малоплотных, упругих тканей;
- сильной крутки (крепы): имеют 1500–2000 кр./м, используются для выработки креповых тканей.

При полой крутке нить нити получают менее прочные, но более мягкие. При высокой крутке нити получают более прочные, жесткие и упругие. Это связано с тем, что в процессе крутки возникают радиальные давления, прижимающие волокна друг к другу. Поэтому с увеличением числа кручений пряжа становится компактнее, жестче, растет её удельный вес и уменьшается толщина. Так как по мере скручивания увеличивается трение между волокнами, их взаимное скольжение затрудняется. Отсюда снижается деформационная способность нитей. Ткани из таких нитей жесткие, имеют высокую устойчивость к истиранию.

Следует учитывать, что при увеличении степени крутки прочность вначале возрастает быстро, но затем по достижении определенного предельного значения, начинает падать. Это связано с тем, что при кручении волокна, расположенные на наружном слое нитей, растягиваются в большей степени, чем волокна, расположенные близко к центру нити и поэтому при избыточной крутке начинают разрушаться.

Величина крутки связана с составом волокна, видом пряжи и её назначением. В пряже из более коротких волокон коэффициент крутки дается больше, так как короткое волокно соприкасается с другими волокнами на меньшей длине, чем длинные, в результате чего между короткими волокнами возникают меньшие силы трения и они слабее закреплены в пряже.

На величину крутки оказывает влияние толщина нитей: при одинаковом угле β число кручений на единицу длины толстой нити меньше, чем тонкой.

Для определения числа кручений, приходящихся на 1 м длины нити, используют прибор круткомер.

6. Коэффициент крутки – характеризует интенсивность скручивания нитей. Определяется по формуле

$$\alpha = 0,01 K \cdot \sqrt{T} , \quad (1.13)$$

где K – число кручений на 1 м длины нити.

7. Укрутка нити, U , %.

Так как при получении нитей в результате кручения волокна или элементарные нити располагаются по спирали, то происходит уменьшение исходной длины нити – укрутка.

Величина укрутки определяется по формуле

$$U = 100(L_1 - L_0) / L_1, \quad (1.14)$$

где L_0 – длина крученой нити, мм; L_1 – длина раскрученной нити, мм (в результате раскрутки из крученой нити (с длиной L_0) получается нить с распрямленными волокнами или элементарными нитями длиной L_1).

Величина укрутки нитей зависит от числа кручения при их изготовлении. Чем выше число кручений, тем больше укрутка нити.

Для характеристики механических свойств волокон и нитей при растяжении определяют следующие показатели:

1. **Разрывное усилие** $P_{раз}$, сН – наибольшее усилие, выдерживаемое волокном или нитью к моменту разрыва.

2. **Относительное разрывное усилие** P_o , сН/текс – характеризует разрывное усилие, приходящееся на единицу толщины (линейной плотности)

$$P_o = \frac{P_{раз}}{T}. \quad (1.15)$$

3. **Разрывное удлинение** – приращение длины волокна или нити к моменту их разрыва, выражаемое в мм или %.

При приложении растягивающих усилий, меньше разрывных и последующей разгрузке и отдыхе определяют полную деформацию волокон и нитей, и её составные части: упругую, эластическую и пластическую.

Прочность и удлинение пряжи и нитей зависит от механических свойств составляющих их волокон, степени их ориентации, распрямленности и закрепления в структуре.

При разрыве пряжи разрывается только часть волокон, остальные просто растаскиваются. При растяжении комплексных нитей в разрыве участвуют все элементарные нити, поэтому их прочность выше, по сравнению с пряжей.

При растяжении текстурированных нитей вначале при небольших нагрузках (2,5–3 % от разрывных) происходит распрямление и ориентация элементарных нитей, затем их деформация и разрыв. Поэтому текстурированные нити обладают значительным разрывным удлинением (до 400 %). Так как большие удлинения достигаются при малых нагрузках, то они имеют значительную долю упругой и эластической деформации, что обеспечивает высокую формоустойчивость материалов из этих нитей.

К основным физическим свойствам текстильных волокон относятся гигроскопические, термические свойства, устойчивость к светопогоде и др.

1.3 Ткани

1.3.1 Классификация и строение тканей

Ткань – текстильное полотно, образованное в результате взаимного переплетения двух или более взаимно перпендикулярных систем нитей.

Нити, расположенные вдоль полотен, называются *основными*, нити, лежащие поперек полотен, называются *уточными*.

Ткани классифицируются по следующим признакам:

1. **По волокнистому составу** ткани делятся на: однородные, неоднородные и смешанные.

К однородным относят ткани, выработанные из одного вида пряжи или нитей: хлопчатобумажные, льняные, шерстяные, шелковые, а также из синтетических или искусственных нитей.

Неоднородные ткани состоят из нитей разных по волокнистому составу и структуре (например, основа – из хлопчатобумажных нитей, а уток – из капроновых).

Смешанные ткани вырабатывают из пряжи, полученной из смеси волокон, например шерстяных и вискозных.

2. **По способу выработки** ткани разделяют на: гладьевые, ворсовые, фасонные и многослойные.

Гладьевые ткани имеют гладкую поверхность, ворсовые – пушистый ворс, образованный петлями или разрезанными волокнами.

К фасонным относятся ткани с рельефным рисунком.

Многослойные ткани вырабатываются из нескольких систем нитей.

Ткани, выработанные из разноцветных нитей, называют *пестроткаными* (например, основная нить – красная, уточная – зеленая), а из нитей, состоящих из разноцветных волокон – *меланжевыми*.

3. **По способу отделки** различают ткани: суровые, которые непосредственно сняты с ткацких станков, беленые, гладкокрашенные (окрашенные в один цвет), набивные (с печатным рисунком).

В зависимости от вида дополнительной отделки ткани бывают малоусадочными, несминаемыми, аппретированными и др.

4. **По структуре поверхности и расцветке** различают равно и разносторонние ткани.

В равносторонних тканях строение и оформление лицевой и изнаночной сторон одинаковы, а в разносторонних – различны.

Структура тканей определяется толщиной, формой и свойствами нитей, их взаимным расположением и связанностью.

Основными структурными характеристиками тканей являются: вид переплетения, линейная плотность нитей, плотность и заполнение нитями (линейное и поверхностное), фаза строения.

Вид переплетения – определяет взаимное расположение и взаимосвязь нитей основы и утка.

Нити основы и утка огибают одна другую или перекрывают сразу несколько нитей другой системы, располагаясь то с лицевой, то с изнаночной стороны ткани. Различная последовательность переплетения основных и уточных нитей создает на поверхности ткани разнообразные рисунки. Так переплетения формируют внешний вид тканей.

Переплетения влияют на свойства тканей. Чем чаще переплетаются нити, переходя с лицевой стороны ткани на изнаночную и обратно, тем сильнее они связаны между собой, тем жестче структура и больше прочность ткани. Нити с частыми изгибами придают поверхности ткани матовость; нити с длинными перекрытиями делают ее гладкой, блестящей, скользкой. Ткани с длинными перекрытиями устойчивее к истиранию, но легче осыпаются по срезам.

Выделяют следующие участки (поля), характеризующие взаимное расположение нитей (рис. 1.27):

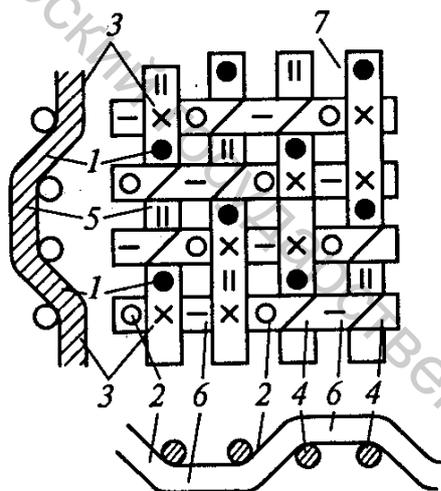


Рисунок 1.27 – Виды полей связи в ткацком переплетении

– поле связи (1,2) – участок, на котором нить переходит с лицевой стороны на изнаночную и, наоборот, с изнаночной стороны на лицевую (основное поле 1 и уточное поле 2);

– поле контакта (основное – 3, уточное – 4) – участок, на котором нити основы и утка, соприкасаясь, перекрещиваются;

– свободное поле (основное – 5, уточное – 6) – участки, на которых нити не соприкасаются;

– поля просвета (7) – участки, образующие между нитями сквозные поры.

Поля связи, контакта и свободное поле образуют перекрытие: основное перекрытие, если нити основы лежат поверх нитей утка, и уточное перекрытие, если сверху расположены нити утка.

Графическое изображение переплетения ткани называют схемой (или графиком) переплетения.

Зарисовку ткацких переплетений выполняют на клетчатой бумаге (рис. 1.28). Условно принято считать каждый вертикальный ряд клеток основной нитью, а каждый горизонтальный – уточной нитью. Каждая клетка представляет собой пересечение основных и уточных нитей и называется перекрытием. Если в этом пересечении сверху лежит основная нить, то есть основное перекрытие, клетку заштриховывают, при уточном перекрытии клетку оставляют незаштрихованной. При этом считают, что нити основы и утка одинаковой толщины и между ними нет просветов.

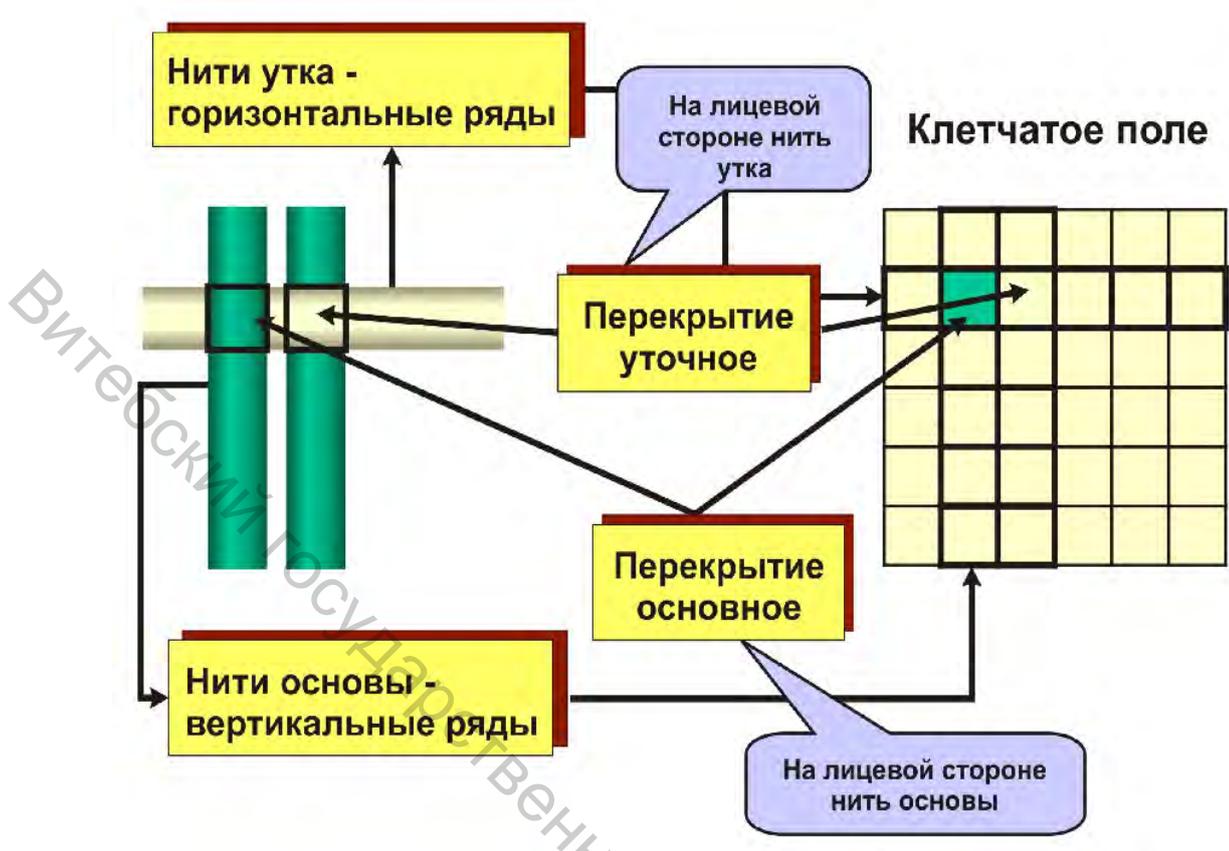


Рисунок 1.28 – Схема формирования графического изображения ткацких переплетений

Законченный рисунок переплетения ткани называется *раппортом* (рис. 1.29). Раппорт определяется числом нитей, образующих его. Различают раппорт по основе R_o и раппорт по утку R_y . Счёт нитей основы идёт слева направо, нитей утка – снизу вверх.

Раппорт может обозначаться графически, в виде схемы переплетения нитей основы и утка, и в цифровом виде дробью, где в числителе указывается число нитей основы в раппорте, а в знаменателе – число нитей утка (например, $1/2$, $2/1$, $1/3$ и т. п.).

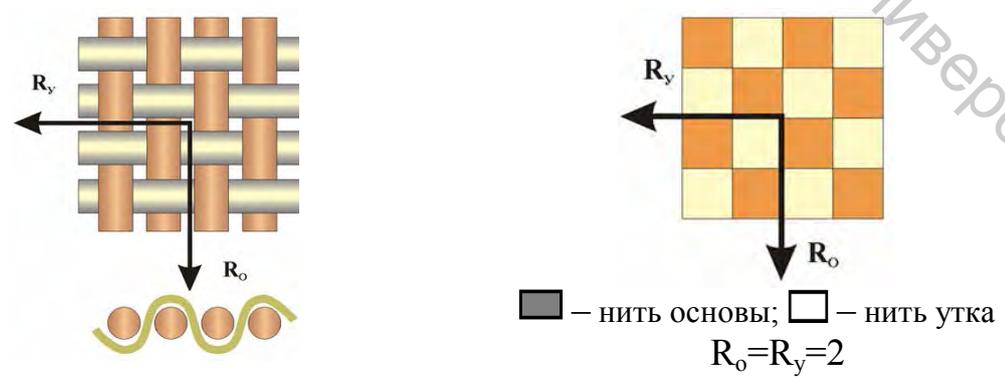


Рисунок 1.29 – Внешний вид и графическое изображение полотняного переплетения

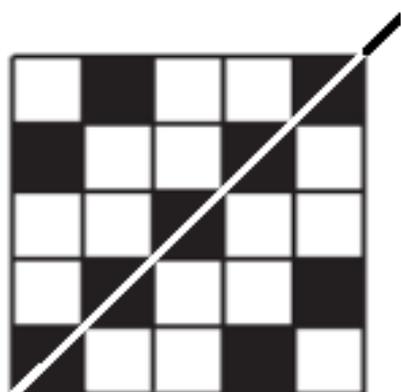
Построение ткацких переплетений ведется в системе прямоугольных координат. Для каждого переплетения может быть найдена строящая его диагональ, состоящая из основных перекрытий, от которых ведется весь дальнейший отсчет при построении переплетения. Для условного обозначения переплетения используется формула уравнения прямой

$$y_R = a \cdot x \pm b, \quad (1.16)$$

где R – раппорт переплетения (при несимметричном рисунке может иметь дробное обозначение R_o/R_y); a – угловой коэффициент, характеризующий тангенс угла наклона диагонали, идущей из точки пересечения осей координат y к оси x , или число нитей, на которое смещается основное перекрытие относительно предыдущего по вертикали (*сдвиг*); b – параметр, указывающий величину смещения второй прямой по отношению к первой (применяется при построении переплетений мелкозорчатого и сложного класса).

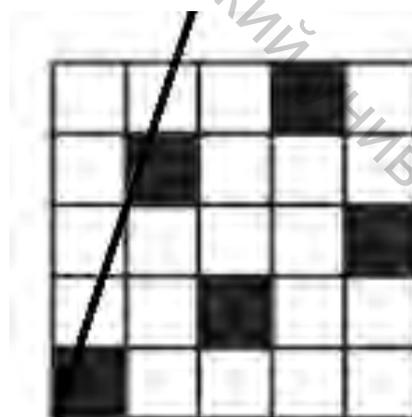
На рисунке 1.30 а показано переплетение, соответствующее уравнению $y_3 = x$. Индекс 3 показывает, что раппорт переплетения равен трем. Отсутствие цифры перед x означает, что угловой коэффициент равен 1, так как сдвиг основных нитей происходит на одну нить. Известно, что $\text{tg}45^\circ = 1$, следовательно, при $a=1$ диагональ рассматриваемого переплетения располагается под углом 45° (при условии одинаковой толщины нитей основы и утка и одинаковой плотности нитей в обеих системах).

Переплетение, изображенное на рисунке 1.30 б, соответствует уравнению $y_5 = 3x$. Оно имеет раппорт, равный пяти, и угловой коэффициент, равный трем, так как сдвиг основных нитей происходит на три нити, вследствие чего диагональ, образованная из основных перекрытий, располагается более круто, чем в предыдущем переплетении.



$$y_3 = x$$

а



$$y_5 = 3x$$

б

Рисунок 1.30 – Рисунки переплетений и описывающие их уравнения:
а – саржевое, б – сатиновое

В зависимости от вида переплетения ткани подразделяются на четыре класса (рис. 1.31):

I – ткани простых (главных) переплетений. Характеризуются гладкой поверхностью;

II – ткани мелкоузорчатых переплетений. Характеризуются узорами из мелких фигур, образованных видоизменением, усложнением и комбинированием главных переплетений;

III – ткани сложных переплетений. Образуются из нескольких систем нитей основы и утка;

IV – ткани крупноузорчатых (жаккардовых) переплетений. Характеризуются разнообразными крупными узорами.

Ткани **простых (главных)** переплетений имеют следующие особенности:

- раппорт по основе всегда равен раппорту по утку;
- каждая нить основы переплетается с каждой нитью утка в раппорте только один раз;
- в пределах одного раппорта каждая нить имеет два поля связи, переходя один раз с изнаночной на лицевую сторону ткани и один раз с лицевой на изнаночную сторону.

К тканям простых переплетений относятся ткани полотняного, саржевого и атласного (сатинового) переплетений.

Ткани *полотняного* переплетения двусторонние, с однообразной гладкой поверхностью на лицевой и изнаночной сторонах, имеют самый маленький раппорт: $R_o = 2$ и $R_y = 2$ (рис. 1.29).

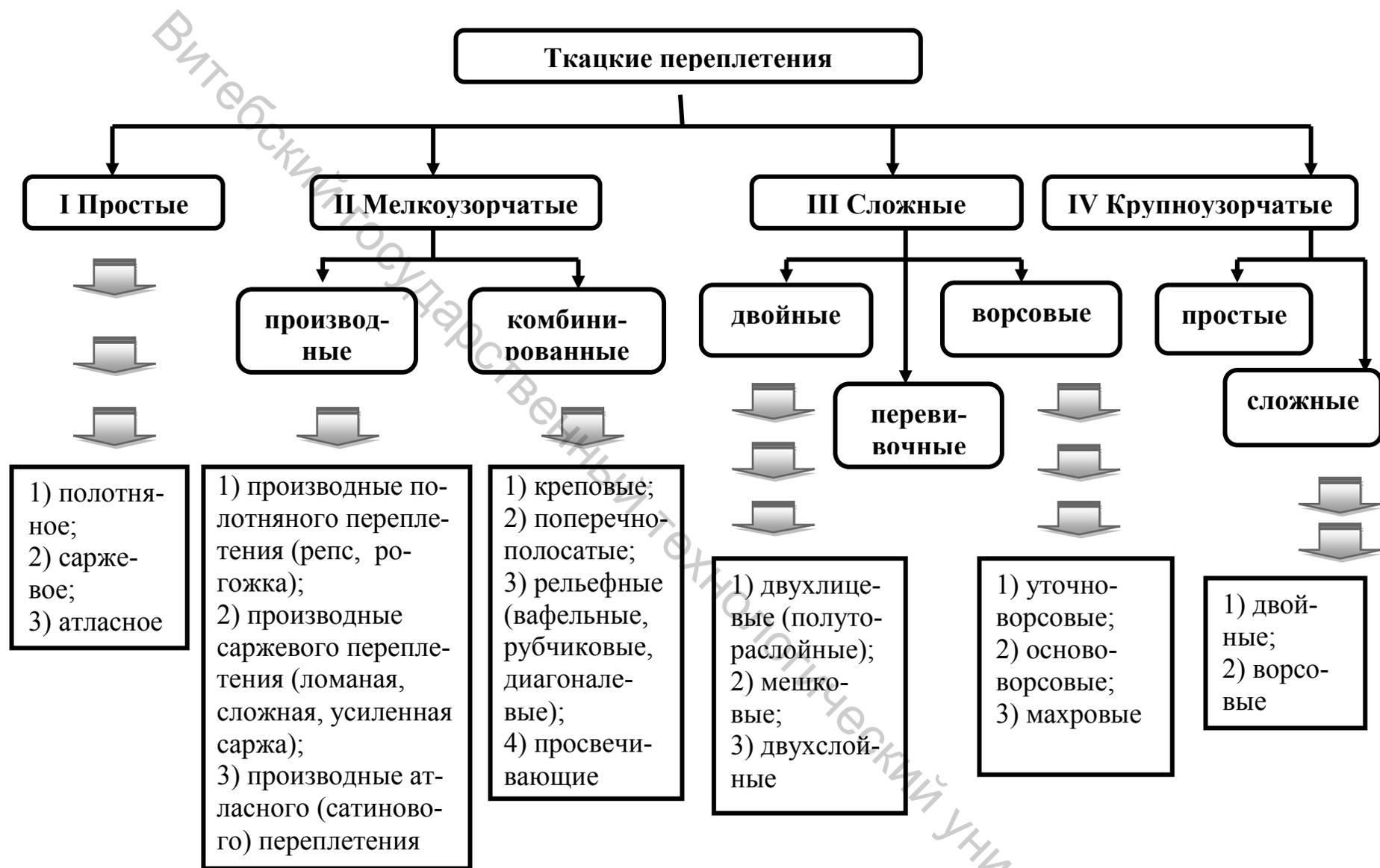


Рисунок 1.31 – Классификация ткацких переплетений

Каждая нить основы переплетается с каждой нитью утка через одну, чем обеспечивается наибольшая однородность структуры ткани и прочность. Ткани полотняного переплетения самые распространённые. К ним относятся бязь, ситец, парусина и др.

Саржевое переплетение (рис. 1.32) имеет в раппорте по основе и утку не менее 3 нитей, а в каждом последующем ряду происходит сдвиг ткацкого рисунка на одну нить, в результате чего образуется характерная диагональная полоска.

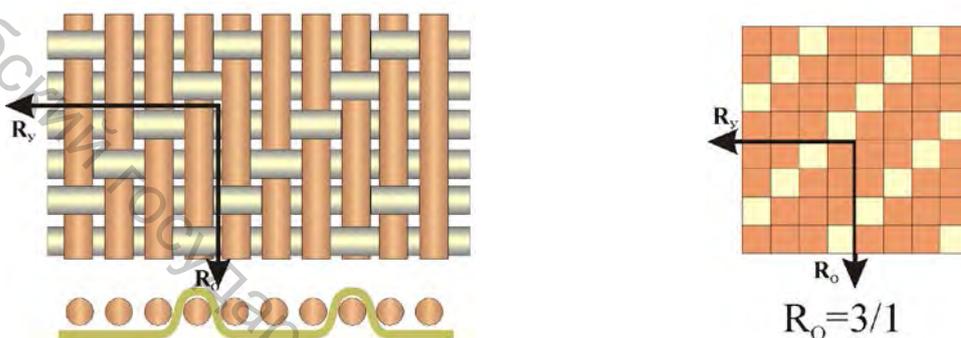


Рисунок 1.32 – Ткань саржевого переплетения

Саржевые переплетения обозначаются дробью, где числитель означает число нитей основы в раппорте, а знаменатель – число нитей утка, расположенных на лицевой стороне ткани. В простом саржевом переплетении одна нить основы перекрывает одну нить утка и проходит под две или более нити утка. Саржа именуется основной, если на лице преобладают нити основы (2/1, 3/1, 4/1), и уточной – при преобладании нитей утка (1/1, 1/3, 1/4).

Ткани с саржевым переплетением имеют меньшую связь нитей основы и утка, чем ткани полотняного переплетения, поэтому они более подвижны и мягки. Саржевое переплетение используют при выработке подкладочных тканей, таких, как саржа, бумазья-корд, спецдиагональ.

Атласное (сатиновое) переплетение характеризуется тем, что имеет в раппорте не менее пяти нитей, и сдвиг в каждом последующем ряду происходит на две или более нитей (рис. 1.33). Ткань, где на лицевой стороне преобладают нити основы, называется атласом, а с преобладанием нитей утка – сатином.

Для сатинов и атласов существует определенное правило сдвигов: $1 < a < (R-1)$, где R – число нитей в раппорте. Сдвиг не должен быть кратным числу нитей раппорта и иметь с ним общие делители. Поэтому при раппорте, равном 4 и 6, правильный атлас получить нельзя.

Благодаря редким изгибам нитей основы и утка ткани атласного (сатинового) переплетений имеют гладкую блестящую поверхность, большую толщину. Однако слабое закрепление нитей в структуре приводит к снижению прочности и повышению осыпаемости нитей по срезанному краю.

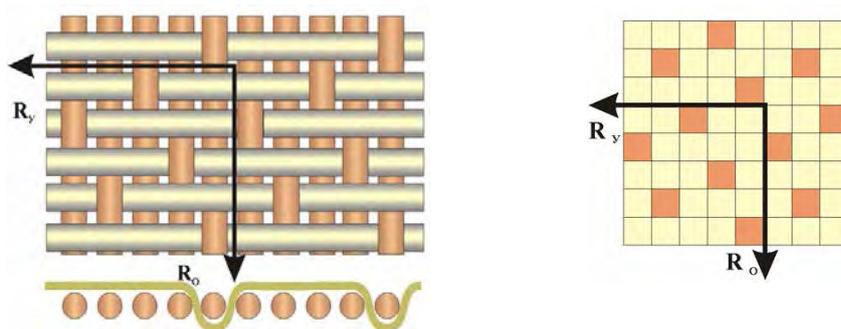


Рисунок 1.33 – Ткань сатинового переплетения

Атласным переплетением чаще всего вырабатываются шелковые ткани (атласы). Сатиновое переплетение используют при выработке хлопчатобумажного сатина, ластика, молескина, прюнели, байки.

Ткани **мелкоузорчатых** переплетений подразделяются на два подкласса: производные и комбинированные переплетения.

Ткани **производных** переплетений получают усилением основных или уточных перекрытий полотняного, саржевого и атласного переплетений. В большинстве случаев ткани производных переплетений сохраняют признаки, характерные для переплетений, из которых они образованы, но их раппорт по основе не всегда равен раппорту по утку. К тканям, образованным переплетениями, производными от полотняного, относятся репс и рогожка (рис. 1.34 а, б, в, г).

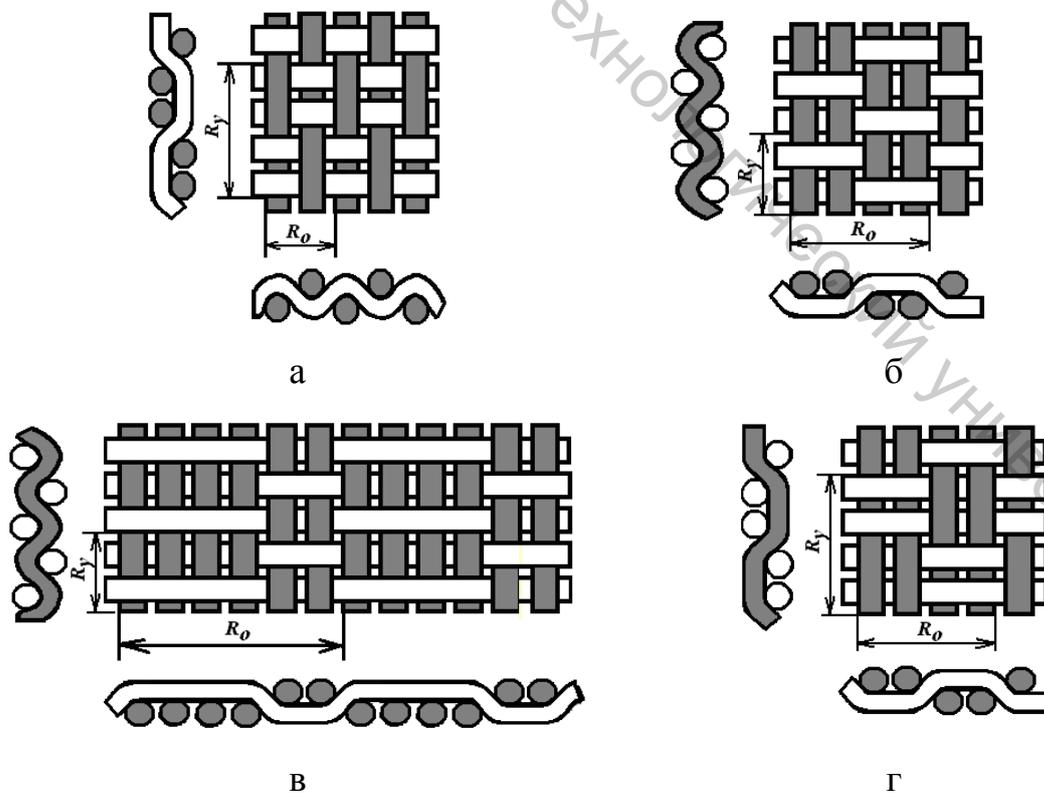


Рисунок 1.34 – Ткани мелкоузорчатых производных переплетений:
а – репс основной, б, в – репс уточный, г – рогожка

Ткани *репсового* переплетения образуются путем усиления (удлинения) основных или уточных перекрытий полотняного переплетения. При этом несколько нитей основы или утка переплетаются как одна нить, в результате чего раппорт рисунка увеличивается.

Различают репс основной и уточный. В основном репсе основные нити могут перекрывать две, три и более уточных нитей, создавая на ткани поперечный рубчик из удлиненных основных перекрытий (рис. 1.34 а). В уточном репсе уточные нити перекрывают несколько основных, рубчик при этом получается продольным (рис. 1.34 б). В зависимости от количества перекрываемых нитей ширина рубчика может меняться (рис. 1.34 в).

В тканях репсового переплетения система нитей, образующая длинные перекрытия, создающие застил, должна быть из более тонких, легко изгибающихся нитей и иметь повышенную плотность с тем, чтобы полностью закрывать нити противоположной системы, более толстые, редко расположенные.

Ткани переплетения *рогожка* представляют собой двойное или тройное полотняное переплетение. При образовании переплетения рогожка две или три нити основы переплетаются одновременно с двумя или тремя нитями утка, благодаря чему ткань получается мягче, а рисунок имеет вид крупных квадратиков или прямоугольных шашек (рис. 1.34 г).

К тканям, образованным переплетениями, производными от саржевого, относятся усиленная саржа, сложная саржа, ломаная саржа и др.

Ткани переплетения *усиленная саржа* получают при увеличении длины одиночных перекрытий саржи простого класса. По сравнению с простой усиленная саржа имеет более отчетливые и широкие диагональные полосы (рис. 1.35). Ткани, выработанные переплетением усиленная саржа, обозначаются дробью и могут быть уточными ($2/3$, $2/4$), основными ($3/2$, $4/2$) и двусторонними ($2/2$), $3/3$). Наиболее широкое распространение имеют ткани с переплетением двусторонняя саржа.

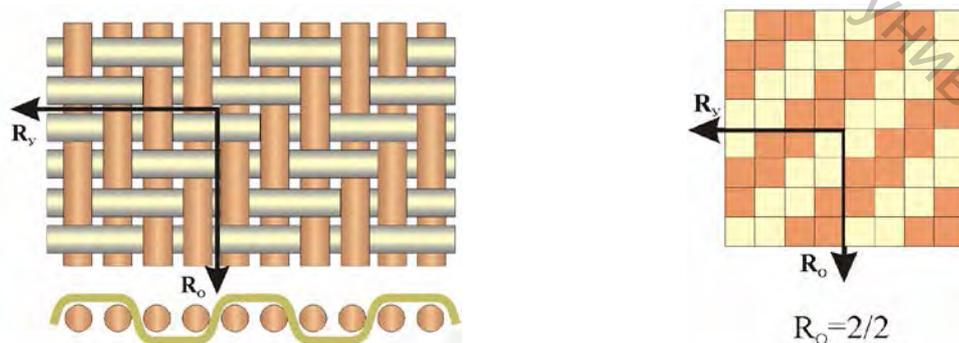


Рисунок 1.35 – Ткань переплетения усиленная саржа

Ткани, образованные переплетением *сложная саржа* (рис. 1.36 а), имеют рубчики разной ширины.

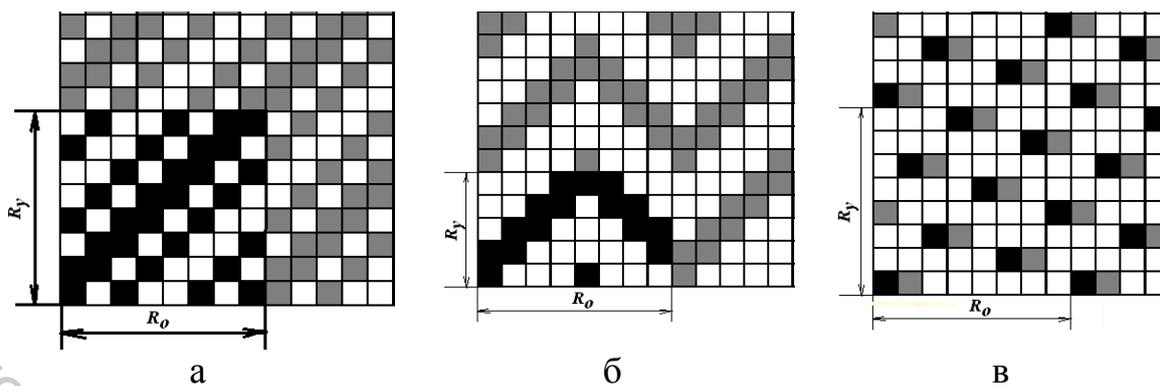


Рисунок 1.36 – Графики тканей производных переплетений:
 а – сложная саржа, б – ломаная саржа, в – усиленный сатин

Ткань переплетения *ломаная саржа* (рис. 1.36 б) строится на базе переплетений простой, усиленной или сложной саржи с изменением направлений диагоналей, в результате чего образуется узор в виде зубцов. Излом диагонали может быть по основе или утку через произвольное число нитей.

К тканям производным от атласного относится *усиленный сатин* (уточный атлас) (рис. 1.36 в). Для усиления связи между нитями основы и утка к каждому основному перекрытию добавляется ещё одно или несколько дополнительных перекрытий. При такой структуре нити утка лучше закреплены, что особенно необходимо для тканей, подвергаемых начёсу.

К *комбинированным* переплетениям относятся переплетения, образуемые путем наложения или сочетания простых и производных переплетений (например, полотняного с саржевым, саржевого с атласным). Одно переплетение располагается рядом с другим или одно переплетение как бы распределено по другому. Комбинированные переплетения применяются для украшения поверхности ткани простыми узорами или для придания ей шероховатого вида (крепового эффекта).

К комбинированным переплетениям принадлежат креповые переплетения, переплетения тканей с продольными и поперечными полосами и клетками (шашками), рельефные переплетения и др.

Креповые переплетения образуют мелкозернистую поверхность, которая имитирует эффект, создаваемый нитями креповой крутки в шелковых тканях. Переплетение образуется разбросанными в разных сочетаниях перекрытиями основных и уточных нитей.

Креповые переплетения могут быть получены на базе простых переплетений различными способами. Так, креповое переплетение, изображенное на рисунке 1.37 а, образовано на базе восьмиремизного сатина путем добавления к каждому основному перекрытию еще четырех основных перекрытия.

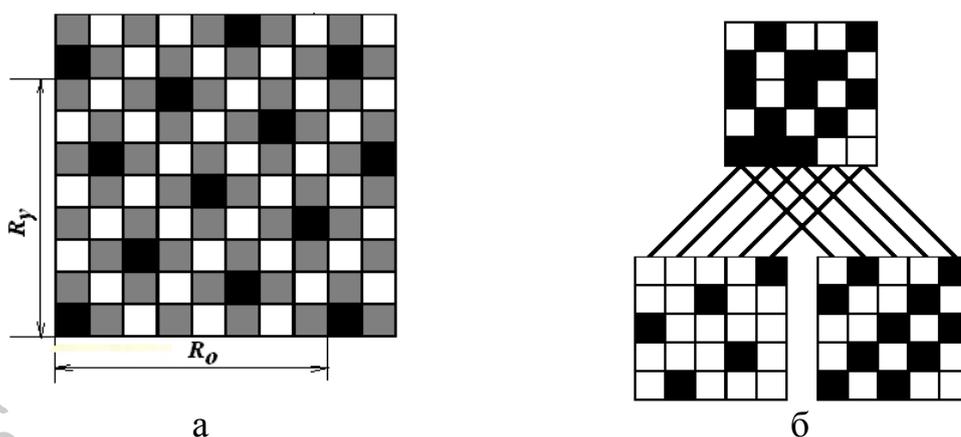


Рисунок 1.37 – Графики креповых переплетений, полученных:
 а – удлинением перекрытий сатинового переплетения,
 б – наложением сатинового переплетения на сложную саржу

Креповое переплетение, изображенное на рисунке 1.37 б, получено методом совмещения переплетений. На площади раппорта саржи $1 \times 1/2 \times 1$ строится независимо от него другое переплетение – сатина с раппортом $Y_5 = 3x$, в результате чего получается креповое переплетение.

Креповые переплетения широко применяются при изготовлении платьевых, хлопчатобумажных, шерстяных и шелковых тканей.

Ткани *продольно- и поперечнополосатые* (рис. 1.38 в) получают сочетанием раппортов нескольких различных переплетений. В зависимости от последовательности чередования переплетений полосы могут располагаться вдоль и поперек ткани иметь большую или меньшую ширину. Сочетания продольных и поперечных полос из разных переплетений образуют на ткани клетки или «шашки». Ткани с таким узором используют для изготовления костюмов и платьев.

Рельефные переплетения образуют из нитей основы и утка на поверхности ткани рельефно выступающий рисунок. К рельефным относятся вафельное, диагональное и рубчиковое переплетения.

Вафельное переплетение создает на ткани узор из прямоугольных ячеек, грани которых выступают, а середина углублена (рис. 1.38 а). Места с короткими перекрытиями соответствуют углубленной части ячейки, длинные основные и уточные перекрытия образуют выступающие рельефные грани прямоугольника.

Диагональное переплетение (рис. 1.38 б) образует на ткани выпуклые, рельефные рубчики, идущие круто вверх. Базовым переплетением для образования диагонали служит сложная саржа, сдвиг которой по вертикали равен 2 или 3.

Рубчиковое переплетение (ложное пике) образует на поверхности ткани выпуклые продольные рубчики. В каждом раппорте переплетения получаются два рубчика. На рисунке 1.39 а показан рисунок рубчикового переплетения и его разрез вдоль уточных нитей. Рубчиковым пере-

плетением вырабатывают хлопчатобумажные и шелковые ткани под названием пике.

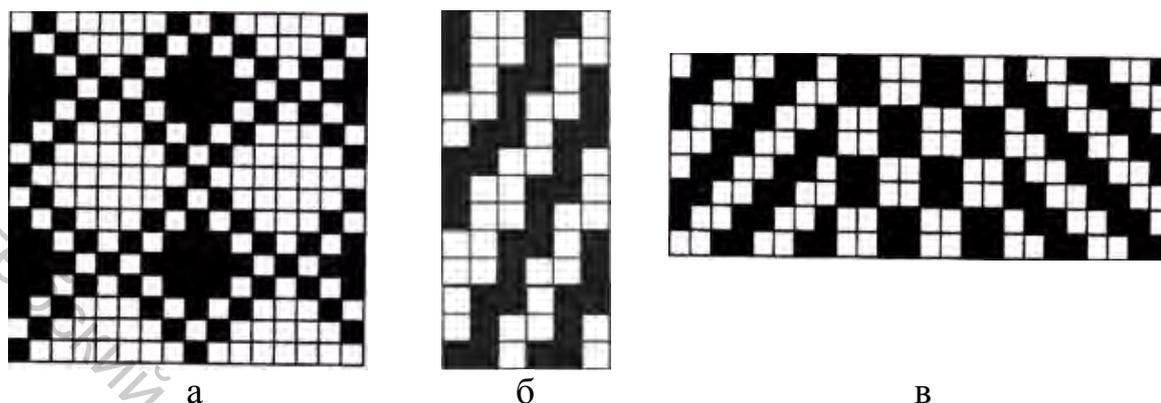


Рисунок 1.38 – Графики тканей комбинированных переплетений: а – вафельного, б – диагоналевого, в – продольнополосатого

Просвечивающие (канвовые) переплетения образуют на ткани клетки из просвечивающих полос, получающихся сочетанием длинных перекрытий, стягивающих нити в группы, с полотняным переплетением, разъединяющим эти группы. В местах разъединения нитей и образуются просветы (рис. 1.39 б).



Рисунок 1.39 – Графики тканей комбинированных переплетений: а – рубчикевого, б – просвечивающего

Ткани **сложных** переплетений получают, применяя несколько систем нитей основы и утка, связанных между собой по всей площади ткани. Наличие нескольких систем нитей основы или утка позволяет вырабатывать ткани, имеющие на лицевой и изнаночной сторонах различные переплетения, применять текстильные нити разного волокнистого состава, линейной плотности, качества и цвета.

К сложным относят двойные, ворсовые и перевивочные (ажурные) переплетения.

Двойные переплетения могут быть двухлицевые, мешковые и двухслойные.

Двухлицевые (полутораслойные) переплетения являются простейшими в группе двойных переплетений. Для их образования требуется одна основа и два утка или же две основы и один уток (рис. 1.40 а).

Наличие второй системы основных или уточных нитей позволяет выработать ткани, имеющие на лицевой и изнаночной сторонах различные переплетения и пряжу различного качества и цвета.

Если ткань имеет два утка, то для верхнего утка берется переплетение, образующее на лицевой стороне уточный настил, а для нижнего утка – переплетение, при котором уток выявляется в основном на изнанке. При этом переплетения должны располагаться так, чтобы нижний уток не был виден на лицевой стороне ткани, а верхний – на изнанке. Для этого нижний уток может располагаться поверх основы только в местах, закрываемых длинными перекрытиями верхнего утка.

Двухлицевые переплетения дают возможность увеличивать толщину и вес материала и применяются при выработке тканей типа драпа.

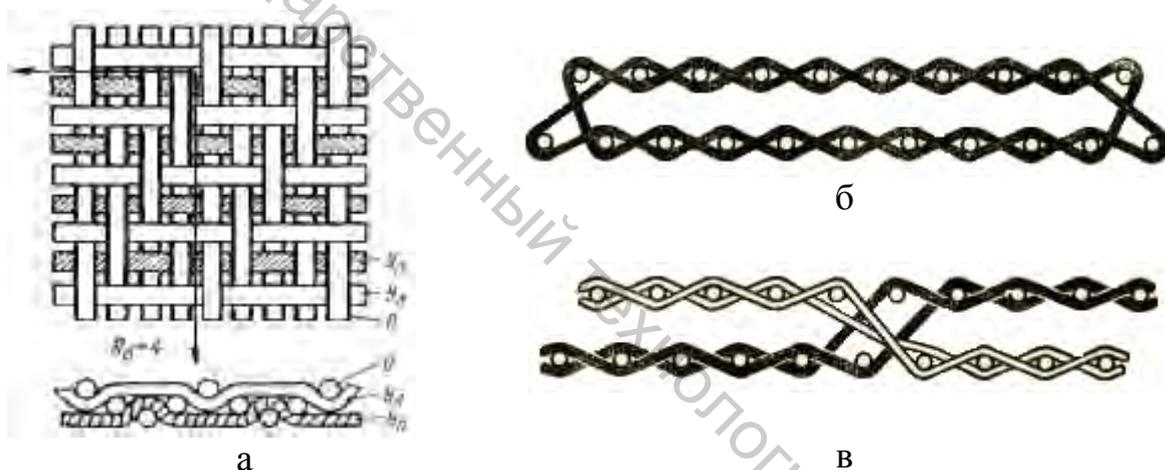


Рисунок 1.40 – Графики тканей двойных переплетений:
а – полутораслойного, б, в – мешкового

Мешковые переплетения образуются двумя системами основных и двумя системами уточных нитей. Получаются два самостоятельных, расположенных одно над другим, полотна.

Эти полотна соединяют только по краям или по рисунку. При соединении полотен только по краям образуется замкнутая полая ткань. На рисунке 1.40 б показан разрез ткани, верхнее и нижнее полотна которой имеют полотняное переплетение. Таким переплетением выработывают ламповые фитили, пожарные рукава и другие изделия. На рисунке 1.40 в показан разрез мешковой ткани, в которой связь осуществляется путем взаимной смены слоев. При смене слоев по контуру рисунка образуются полые замкнутые мешочки. Если нити разных слоев имеют разный цвет, получается двусторонний разноцветный узор. Такое переплетение применяют при выработке скатертей, декоративных и некоторых платьевых тканей.

Двухслойные переплетения, как и мешковые, образуются двумя системами основных и двумя системами уточных нитей. Связь полотен происходит на всем пространстве ткани. Связывать полотна можно при помощи нижней основы O_n (рис. 1.41 а), которая располагается в местах связей C над верхним утком Y_v , или при помощи верхней основы O_v , которая для связи располагается под нижним утком Y_n (рис. 1.41 б). Полотна могут быть также связаны между собой при помощи отдельной прижимной основы O_n (рис. 1.41 в). Нити, осуществляющие связь между полотнами, наиболее напряженные, поэтому их следует распределять в ткани равномерно, без резких изгибов.

Двухслойными переплетениями образуют очень толстые, тяжелые ткани, в которых для верхнего полотна используют более высококачественную пряжу, а для нижнего изнаночного – менее качественную, дешевую. Таким образом, можно увеличить толщину и теплозащитные свойства ткани без значительного ее удорожания. Кроме того, лицевая сторона и изнанка ткани могут иметь различный рисунок переплетения и цвет.

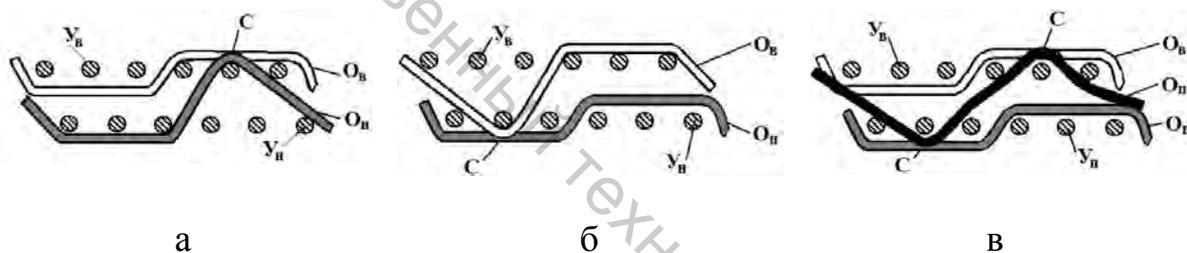


Рисунок 1.41 – График тканей двухслойного переплетения с разными способами связи полотен: а – нижняя основа над верхним утком, б – верхняя основа под нижним утком, в – связь полотен с помощью прижимной основы

Широкое применение имеет кирза, которая производится из хлопчатобумажной пряжи в два, три и четыре слоя. Эта ткань широко применяется для изготовления верха обуви и в качестве основы искусственной кожи.

Переплетение *пике* представляет разновидность двухслойной ткани. Для его образования требуются две основы или два утка. Лицевая сторона такой ткани имеет полотняное переплетение. Рельефный рисунок на ткани создается благодаря тому, что нижняя, коренная, основа O_k (рис. 1.42), располагаясь по контуру узора над нитями верхнего утка Y , оттягивает их вниз, образуя углубление, как у ватного стеганого одеяла. Рисунки тканей пике могут быть очень разнообразны. Переплетением пике вырабатывают ткани для детских изделий, покрывал и др.



Рисунок 1.42 – Разрез ткани переплетения пике

Ткани *ворсовых* переплетений состоят из грунтового полотна, образованного двумя системами нитей, и ворса, образованного из ворсовой системы нитей (основы и утка) и закрепленного переплетением в грунте. Ворс может состоять из разрезанных волокон (разрезной ворс) или из нитяных петель (петельный ворс). Ворс получают при разрезании уточных нитей (уточноворсовые ткани) или основных нитей (основоворсовые ткани). Разновидностью ворсовых тканей являются махровые ткани с петельным, чаще двусторонним, ворсом из основных нитей.

В уточноворсовых тканях основание ткани образуется коренной (грунтовой) основой O_k , переплетающейся с коренным утком Y_k (рис. 1.43 а), чаще всего полотняным переплетением. Ворсовый уток Y_v ложится длинными перекрытиями, которые разрезают затем в процессе отделки. Уточноворсовые ткани вырабатывают с очень большой плотностью по утку, причем число нитей ворсового утка в несколько раз превышает число нитей коренного утка. Таким образом, получают хлопчатобумажные ворсовые ткани, называемые полубархат, вельвет-корд и вельвет-рубчик.

Для получения основоворсовых тканей используют два основных способа: двухполотный и прутковый.

При двухполотном способе две коренные основы O_{k1} и O_{k2} (рис. 1.43 б) переплетаются каждая со своим утком Y_{k1} и Y_{k2} , создавая два самостоятельных грунтовых полотна. Ворсовая основа O_v переходит из верхнего полотна в нижнее и обратно, связывая полотна между собой. Нож самореза движется между полотнами, разрезает нити ворсовой основы и разделяет полотна на две самостоятельные ткани.

Прутковым способом получают однополотные ворсовые ткани с разрезным или петельным ворсом. При подъеме нитей ворсовой основы в зев закладывают металлический прут Π (рис. 1.43 в), который после закрепления ворсовой нити в грунте вытаскивают. Для получения разрезного ворса на конце прутка имеется нож, разрезающий петли при вытаскивании прутка.

Для ворсовой основы используют искусственные и синтетические волокна, а также шерсть. С ворсом из основы вырабатывают такие ткани, как бархат, плюш, искусственный мех. Бархат имеет короткий ворс (до 2 мм), ворс у плюша длиннее; еще более высокий ворс (10 мм и более) имеет искусственный мех.

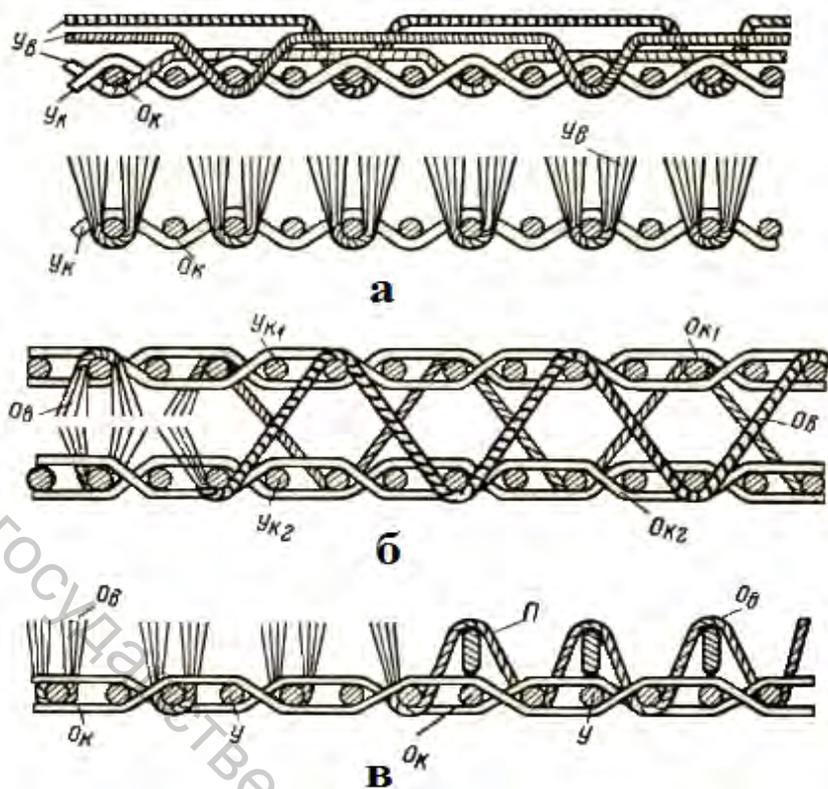


Рисунок 1.43 – Разрез ворсовых переплетений: а – уточноворсовое переплетение до и после разрезания ворсовых нитей, б – основоворсовое переплетение, полученное по двухполотному способу, в – основоворсовое переплетение, полученное по прутковому способу

Махровые переплетения образуют на поверхности ткани петли большей или меньшей высоты. По сравнению с петлями ворсовых тканей петли махровых тканей менее равномерны и располагаются наклонно под различными углами к поверхности ткани. Махровые переплетения образуются без прутков при помощи особого механизма, регулирующего движение батана (деталь ткацкого станка, служащая для направления движения челнока с утком и прибора уточной нити к опушке ткани). Махровые ткани хорошо впитывают влагу и применяются для полотенец, купальных халатов и др.

Перевивочные переплетения применяют при выработке прозрачных – ажурных тканей. Для образования переплетения необходимы две системы основных нитей – основа стоевая O_c (рис. 1.44) и ажурная (или перевивочная) основа O_n и один уток. Стоевые нити служат основанием, около которого происходит перевивка ажурных нитей. При ткачестве грунтовые системы нитей более натянуты, чем перевивочные, которые располагаются в ткани волнообразно, создавая ажурный эффект. Перевивочные переплетения очень разнообразны, они могут образовывать на ткани различные узоры с одиночной и групповой перевивкой.

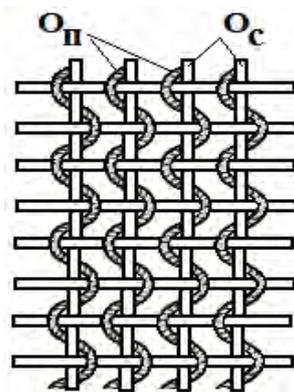


Рисунок 1.44 – Перевивочное или ажурное переплетение

Крупноузорчатыми (жаккардовыми) называются переплетения, создающие на ткани узоры из разнообразных орнаментов, фигуры которых образованы сочетанием различных переплетений.

Некоторые крупноузорчатые переплетения имеют очень большие раппорты: $R \geq 24$. Раппорт переплетения может повторяться по ширине ткани несколько раз, а может занимать всю ширину ткани. Число различно переплетающихся основных и уточных нитей в раппорте может достигать нескольких сотен.

Простые крупноузорчатые переплетения образуются из одной основы и одного утка. Такими переплетениями вырабатывают некоторые шелковые, хлопчатобумажные и шерстяные ткани для женских платьев, шелковые и полушелковые подкладочные ткани, камчатные полотенца, салфетки, скатерти и др. Сложные крупноузорчатые переплетения образуют узор на ткани из нескольких систем основных и уточных нитей. Различают двухлицевые, двухслойные и ворсовые крупноузорчатые переплетения. Такими переплетениями вырабатывают некоторые другие декоративные ткани с разнообразными узорами.

Характеристиками строения тканей помимо вида ткацкого переплетения являются:

1. **Плотность ткани** по основе (P_0) и утку (P_y) – определяется абсолютным числом нитей основы и утка, расположенных на условной длине, равной 100 мм.

Ткани могут быть:

- равноплотными, то есть иметь одинаковую или почти одинаковую плотность в обеих системах нитей;
- неравноплотными с различной плотностью по основе и по утку.

Плотность различных тканей колеблется от 50 до 1270 нитей на 100 мм, у большинства тканей плотность составляет 100–500 нитей на 100 мм. Соотношение абсолютной плотности по основе и утку определяет форму ячейки ткани (площадь ABCD, рис. 1.45), и является одним из основных параметров, определяющих сходство или различие свойств ткани в долевом и поперечном направлениях.

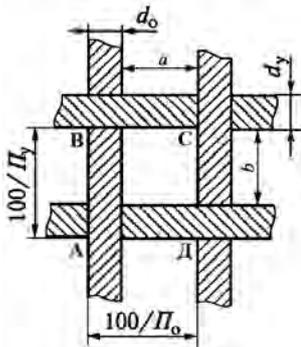


Рисунок 1.45 – Схема ячейки ткани

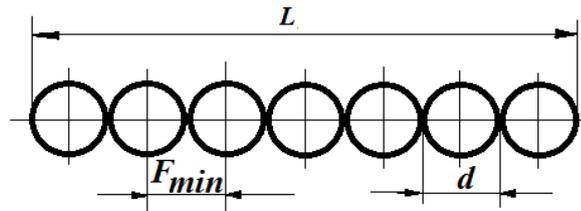


Рисунок 1.46 – Схема расположения нитей при максимальном заполнении ткани

2. **Линейное заполнение** ткани по основе E_o и утку E_y – показывает заполнение ткани в % параллельно лежащими нитями одной системы.

При одинаковой фактической плотности, то есть одинаковом количестве нитей на единицу длины ткани, степень ее заполнения нитями может быть различной в зависимости от толщины последних: из более тонких нитей ткани получаются более разреженными, а из более толстых нитей – более плотными. Поэтому для получения сравнимых характеристик вводится понятие линейного и поверхностного заполнения ткани нитями.

Линейным заполнением или относительной плотностью называется отношение фактического количества нитей основы или утка к максимально возможному количеству нитей того же диаметра, которое может быть теоретически расположено без промежутков, сдвигов и смятий на аналогичной длине ткани (рис. 1.46).

Максимальная плотность ткани равна

$$P_{\max} = \frac{L}{d}, \quad (1.17)$$

где L – длина участка ткани, на котором определяют плотность, в мм; d – диаметр нити в мм.

Расстояние между центрами нитей при такой плотности соответствует минимально возможному или минимальной геометрической плотности

$$F_{\min} = d. \quad (1.18)$$

Если нити расположены на определенном расстоянии одна от другой, заполнение ткани характеризуется отношением диаметра нити d к расстоянию между двумя соседними нитями (рис. 1.45). На длине L при плотности Π это расстояние равно L/Π , а при условии, что $L=100$ мм, оно равно $100/\Pi$.

Тогда, линейное заполнение по основе и утку с учетом формулы (1.12) равно

$$E_o = \frac{d_o \cdot 100}{100 / \Pi_o} = d_o \cdot \Pi_o = \frac{A \cdot \Pi_o \cdot \sqrt{T_o}}{31,6}, \quad (1.19)$$

$$E_y = \frac{d_y \cdot 100}{100 / \Pi_y} = d_y \cdot \Pi_y = \frac{A \cdot \Pi_y \cdot \sqrt{T_y}}{31,6}, \quad (1.20)$$

где d_o и d_y – диаметр основных и уточных нитей в мм; Π_o и Π_y – плотность ткани по основе и утку на длине 100 мм; A – коэффициент, зависящий от вида волокна.

Линейное заполнение тканей по основе и утку меняется от 25 до 150 %. Ни линейное, ни максимальное заполнение не зависит от переплетения, оно указывает лишь, какой процент площади ткани заполнен параллельно лежащими нитями одной системы. Если линейное заполнение больше максимальной плотности, то есть больше 100 %, то нити или сплющиваются, принимая эллиптическую форму, или располагаются со сдвигом на разной высоте.

По линейному заполнению может быть подсчитан размер сквозных пор (полей просвета) ткани в мм (рис. 1.45)

$$a = \frac{100}{\Pi_o} - d_o = d_o \cdot \left(\frac{100}{E_o} - 1 \right), \quad (1.21)$$

$$b = \frac{100}{\Pi_y} - d_y = d_y \cdot \left(\frac{100}{E_y} - 1 \right). \quad (1.22)$$

3. **Поверхностное заполнение E_s , %**, показывает, какая поверхность ткани в процентах заполнена нитями обеих систем за вычетом той площади переплетения, на которой одна нить накладывается на другую. Определяется по формуле

$$E_s = E_o + E_y - 0,01 E_o E_y. \quad (1.23)$$

4. **Объемное заполнение E_v , %**, показывает, какую часть объема ткани V_T составляет суммарный объем нитей V_n основы и утка.

Если учесть, что массы нитей и ткани равны, то объемное заполнение определяется по формуле

$$E_v = \frac{V_n}{V_T} \cdot 100 = \frac{m_n / \delta_n}{m_T / \delta_T} \cdot 100 = \frac{\delta_T}{\delta_n} \cdot 100, \quad (1.24)$$

где m_n и m_m – масса нитей и ткани; δ_n и δ_T – средняя плотность нитей и ткани.

5. **Заполнение по массе E_m , %**, определяется отношением массы нитей к массе, которую мог бы иметь материал при условии полного заполнения объема материала веществом волокна

$$E_m = \frac{\delta_T}{\gamma} \cdot 100, \quad (1.25)$$

где γ – плотность вещества волокна, мг/мм³.

6. **Поверхностная пористость**, R_s , %, показывает отношение площади сквозных пор к площади ткани

$$R_s = 100 - E_s. \quad (1.26)$$

7. **Общая пористость**, $R_{общ}$, %, показывает долю всех пор, образующихся между нитями, внутри нитей и волокон

$$R_{общ} = 100 - E_m. \quad (1.27)$$

Общая пористость тканей колеблется от 50 до 80 %.

При расчете показателей заполнения ткани не учитываются переплетение нитей, их поля связи. Каждая связь, то есть переход нити с лицевой стороны ткани на изнанку и с изнанки на лицевую сторону, влечет за собой раздвигание на какое-то расстояние нитей противоположной системы. Поэтому, чем больше связей имеет переплетение в пределах раппорта, тем меньше может быть максимальная плотность ткани. Переплетения с более длинными перекрытиями, в которых отдельные группы нитей получают возможность располагаться вплотную, сообщают ткани большую емкость, чем переплетения с короткими перекрытиями и частыми связями. Поэтому, например, атласным переплетением можно вырабатывать ткани со значительно большими плотностями, чем полотняным переплетением.

Для характеристики степени уплотненности (напряженности) ткани с учетом числа полей связи в раппорте используют показатели наполнения.

8. **Линейное наполнение** показывает, какой процент длины ткани вдоль основы или утка занят поперечниками нитей обеих систем с учетом их переплетения.

Расчет показателей наполнения производится на основе раппорта. Длину раппорта по направлению нитей основы L_{Ro} и утка L_{Ry} рассчитывают, исходя из числа нитей основы n_o и утка n_y в раппорте и числа нитей P_o и P_y на длине 100 мм соответственно

$$L_{Ro} = \frac{n_o}{P_o} \cdot 100; \quad L_{Ry} = \frac{n_y}{P_y} \cdot 100. \quad (1.28)$$

Линейное наполнение по основе и утку без учета наклона и сплющивания нитей рассчитывают как отношение длины раппорта, занятой поперечниками нитей, к общей длине раппорта в % по формуле

$$H_o = \frac{(d_o n_o + d_y c_y)}{L_{R_o}} \cdot 100 = \frac{(d_o n_o + d_y c_y) \cdot \Pi_o}{100 \cdot n_o} \cdot 100 = \frac{(d_o n_o + d_y c_y) \cdot \Pi_o}{n_o}, \quad (1.29)$$

$$H_y = \frac{(d_y n_y + d_o c_o)}{L_{R_y}} \cdot 100 = \frac{(d_y n_y + d_o c_o) \cdot \Pi_y}{100 \cdot n_y} \cdot 100 = \frac{(d_y n_y + d_o c_o) \cdot \Pi_y}{n_y}, \quad (1.30)$$

где c_o и c_y – число полей связи в пределах раппорта.

9. **Коэффициенты связанности** по основе K_o и утку K_y характеризуют связь элементов ткани между собой и определяются отношением линейного наполнения к линейному заполнению:

$$K_o = \frac{H_o}{E_o}; \quad K_y = \frac{H_y}{E_y}. \quad (1.31)$$

10. **Поверхностное наполнение** (коэффициент наполнения ткани) H_m , определяется как отношение условно-минимальной площади S_{\min} , которую могла бы занимать ткань с данными параметрами строения при условии её максимально возможной уплотненности, к фактической площади $S_{\text{факт}}$, занимаемой данной тканью:

$$H_T = \frac{S_{\min}}{S_{\text{факт}}}, \quad (1.32)$$

где $S_{\text{факт}} = 10^4 \text{ мм}^2$ при условии определения числа нитей ткани на длине 100 мм.

Предполагая, что при максимальной уплотненности ткани свободных полей нет, величину S_{\min} рассчитывают по формуле

$$S_{\min} = S_c \cdot n_c + S_k \cdot n_k + S_{np} \cdot n_{np}, \quad (1.33)$$

где S_c и n_c – площадь и число полей связи; S_k и n_k – площадь и число полей контакта; S_{np} и n_{np} – площадь и число полей просвета.

От заполнения и пористости ткани зависит ее вес и толщина, теплозащитные свойства и воздухопроницаемость. С увеличением заполнения возрастает связанность между нитями ткани и волокнами в пряже, вследствие чего ткань приобретает большую прочность.

Ткани с высоким заполнением обладают большей устойчивостью к деформациям, поэтому при настиле и пошиве они почти не имеют перекоса, одежда из них лучше сохраняет форму и не сминается. Вследствие большой упругости ткани с большим заполнением труднее разутюживают и сутюживают, на придание формы изделию из таких тканей утюгом или прессом требуется больше времени. Компактное расположение нитей обеспечивает их лучшее закрепление в общей структуре ткани и повышает ее износоустойчивость – прочность к истиранию и выносливость к многократным растяжениям. При слишком вы-

соком заполнении ткань становится жесткой, затрудняется ее моделирование, ткань теряет способность хорошо драпироваться.

11. **Фаза строения** (Φ) – показатель, характеризующий изгиб нитей основы и утка относительно друг друга при ее изготовлении.

При переплетении основные и уточные нити взаимно изгибают друг друга, в результате чего получают волнообразное расположение. Глубина (высота) волн, а, следовательно, и величина изгиба основных и уточных нитей является переменной величиной и зависит от ряда факторов: соотношения толщины основных и уточных нитей, их жесткости, характера переплетения, плотности по основе и утку, натяжений, испытываемых нитями в процессах производства и др.

В зависимости от высоты волн переплетающихся нитей выделяют 9 основных фаз строения.

Расхождение одной фазы строения от другой составляет $1/8$ суммы наименьших поперечников основы и утка в середине поля контакта (высота волны), то есть $(d_y + d_0)/8$.

В 1-й фазе строения уток огибает неизогнутые нити основы (рис. 1.47). Высота волны основной нити $h_0 = 0$, а высота волн уточных нитей при условии $d_0 = d_y$ составляет $h_y = d_y + d_0$.

В 9-й фазе строения, наоборот, неизогнутыми остаются нити утка, а огибают их основные нити, при этом: $h_0 = d_y + d_0$, $h_y = 0$.

1-я и 9-я фазы представляют собой крайние положения. При переходе от первой фазы к девятой изгиб нитей основы увеличивается, а изгиб нитей утка соответственно уменьшается на ту же величину.

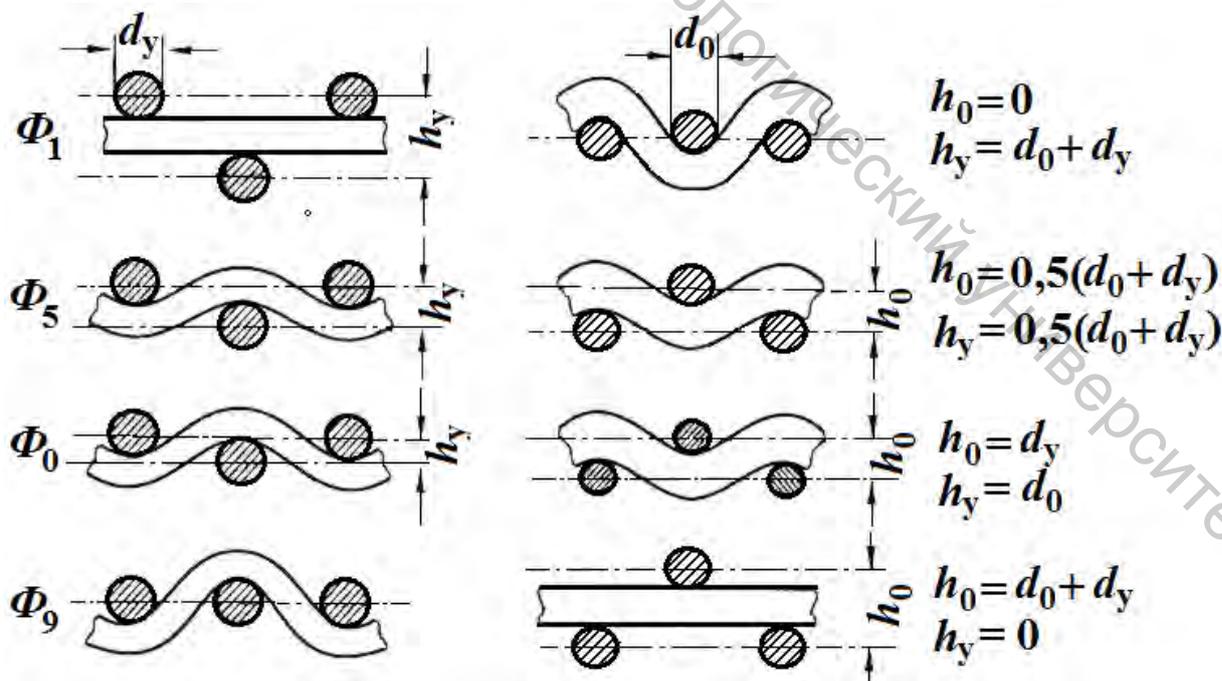


Рисунок 1.47 – Фазы строения тканей

В средней 5-й фазе строения высота волн основных и уточных нитей одинакова $h_0 = h_y$.

Для тканей из нитей разных диаметров дополнительно введена нулевая фаза, соответствующая случаю, когда высота волн h одной системы равна диаметру d другой системы: $h_y = d_0, h_0 = d_y$.

Фаза строения определяет толщину ткани. Максимальная толщина ткани при 1-й и 9-й фазах строения, минимальная при 5-ой или 0-ой фазе строения. Толщина ткани рассчитывается по следующим зависимостям:

$$1 \text{ фаза: } H = 2d_y + d_0; \quad 5 \text{ фаза: } H = d_y + d_0; \quad 9 \text{ фаза: } H = d_y + 2d_0$$

На фазы строения тканей существенное влияние оказывает плотность ткани. При равенстве толщины нитей основы и утка:

- если плотность ткани по основе Π_0 больше плотности ткани по утку Π_y , строение ткани соответствует 6–9-й фазам. При этом 9-я фаза строения возможна лишь при сравнительно большой плотности основы и малой плотности утка;

- если $\Pi_0 = \Pi_y$ имеет место 5-я фаза строения;

- если $\Pi_0 < \Pi_y$, строение ткани может меняться в пределах от 1-й до 4-й фазы, причем 1-я фаза строения возможна лишь при большой плотности по утку и малой по основе.

Показатель фазы строения ткани при прочих равных условиях, является характеристикой деформируемости ткани при растяжении. Деформация ткани при 1-й и 9-й фазах минимальная, так как нити основы и утка уже распрямлены, а максимальная при 5-й фазе.

Фазы строения тканей меняются как в процессах текстильного, так и швейного производства. Вносит изменения в фазы строения тканей и процесс эксплуатации изделий, вызывающий растяжение материала в разных направлениях и изменение глубины волн нитей.

12. **Уработка, U , %**, нити в ткани характеризует изменение длины текстильной нити при ткачестве

$$U = 100(L_{нв} - L_{нт}) / L_{нт}, \quad (1.34)$$

где $L_{нв}$ – длина выпрямленной нити, взятой из ткани; $L_{нт}$ – длина нити в ткани (рис. 1.48).

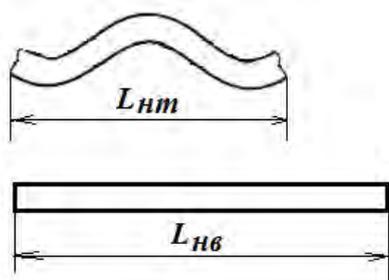


Рисунок 1.48 – Длина нити в ткани и после выпрямления

Уработку ткани можно определить через коэффициент уработки, который показывает во сколько раз длина распрямленной нити больше длины нити в ткани:

$$K_y = \frac{L_{нв}}{L_{нт}}. \quad (1.35)$$

Уработка нити в ткани зависит от фазы строения. При 1-й и 9-й фазах строения уработка нити максимальна, а при 5-й фазе минимальна. Наибольшая уработка нитей наблюдается в тканях сложного переплетения. В тканях главного переплетения максимальная уработка нитей наблюдается при полотняном переплетении, а наименьшая при атласном переплетении.

13. **Опорная поверхность** контакта ткани с плоскостью, O_n , % – основная характеристика структуры поверхности ткани.

Структура поверхности ткани образуется за счет сочетания факторов: волокнистого состава, структуры нитей, вида переплетения, плотности расположения нитей, фазы строения и отделочных операций.

В зависимости от этого поверхность ткани бывает:

– гладкой. Образуется длинными, плотно расположенными основными или уточными перекрытиями, характерна для сатиновых и атласных переплетений;

– ровной. Образуется выступающими гребнями нитей, равномерно распределенных по площади ткани, характерна для большинства мелкоузорчатых переплетений;

– рельефной. Характеризуется заметно выступающими нитями (рельефные переплетения, фасонные нити) или отдельными участками поверхности (переплетение пике, эффекты сжатости, гофре и т. п.);

– ворсовой. Состоит из выступающих на поверхности отдельных волокон.

Опорная поверхность характеризуется отношением площади контакта ткани с поверхностью при определенном давлении к общей площади ткани. Для различных тканей составляет от 5 до 25 %.

В зависимости от того, какая система нитей преобладает на поверхности ткани, ткани подразделяют на:

– уточноопорные;

– основоопорные;

– равноопорные.

При нулевой фазе строения поверхность ткани равноопорная, по мере перехода к крайним фазам она становится либо уточноопорной (при переходе в сторону первой фазы), либо основоопорной (при переходе в сторону девятой фазы).

Наибольшую опорную поверхность имеют равноопорные ткани, при переходе к крайним фазам строения её величина уменьшается.

Опорная поверхность образуется полями контакта и свободными полями, поэтому её определяют по формуле

$$O_n = \frac{\sum S_k + \sum S_{c.n.}}{\sum S_T} \cdot 100, \quad (1.36)$$

где S_k – площадь поля контакта; $S_{c.n.}$ – площадь свободного поля; S_T – площадь части ткани, на которой рассчитывается опорная поверхность.

Расчет опорной поверхности ведется по выступающей системе нитей, в случае равноопорной поверхности – по обеим системам.

Опорная поверхность ткани изменяется под действием внешних факторов в процессе её производства, при изготовлении изделий легкой промышленности и их эксплуатации.

При растяжении ткани в длину нити утка получают дополнительный изгиб и гребни их волн заметнее выступают на поверхности. При усадке, наоборот, сильнее изгибаются и выступают на поверхности нити основы. При влажно-тепловой обработке выступающие участки нитей сжимаются и опорная поверхность увеличивается. Характер и величина опорной поверхности оказывают влияние на устойчивость тканей к истиранию.

1.3.2 Основы ткацкого производства

Производство тканей состоит из трех основных этапов: подготовительного, ткачества и отделки.

1. Подготовительный этап

Целью подготовительных операций является придание текстильным нитям требуемых свойств, необходимых для проведения основного технологического процесса – ткачества.

Процесс подготовки нитей основы состоит из следующих операций:

– *перематывание* – увеличение длины нитей путем последовательного связывания их концов с нескольких початков и сматывания на одну бобину;

– *снование* – получение основы, то есть ряда параллельно расположенных нитей равной длины, навитых с одинаковым натяжением на общую цилиндрическую паковку – ткацкий навой;

– *шлихтование* – обработка нитей основы клещащими составами (шлихтой) с целью придания нитям повышенной прочности, уменьшения ворсистости, снижения обрывности при ткачестве.

Химический состав шликты зависит от волокнистого состава нити основы. После пропитки нитей основы шликтой их высушивают в термокамерах горячим воздухом или нагретыми барабанами;

– *проборка* (или привязывание) – состоит в проведении каждой нити основы через съемные рабочие органы ткацкого станка (рис. 1.49): нити основы пропускают через отверстия *галев* (металлический стержень или пластинка, имеющий в средней части длины отверстие для продевания нити) соответствующей *ремизки* (рама, состоящая из опре-

деленного количества галев) и между пластинами *берда* (металлическая прямоугольная рама по длине равная ремизке ткацкого станка в которой закреплены металлические пластинки (зубья берда), между ними проходят нити основы). В ходе проведения данной операции формируется вид переплетения ткани.

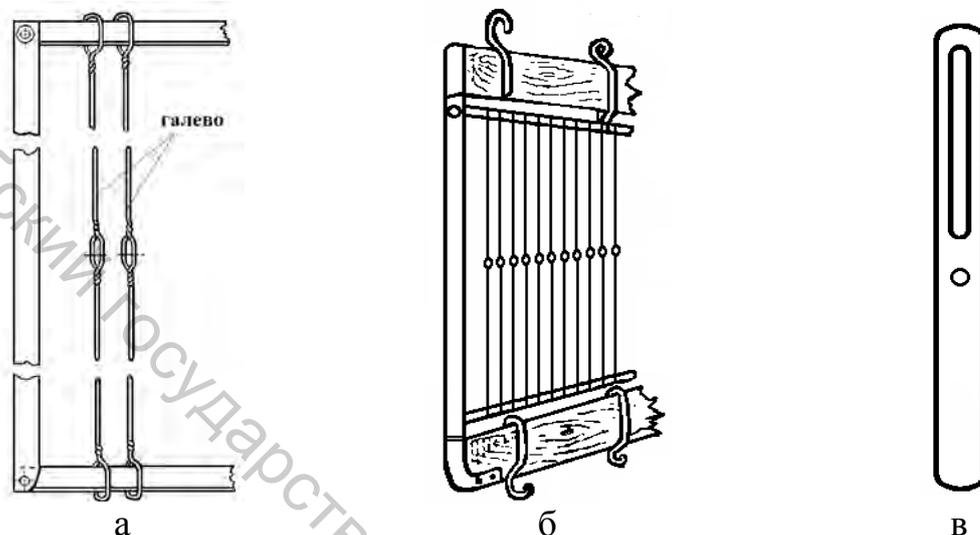


Рисунок 1.49 – Рабочие органы ткацкого станка: а – галево, б – ремизка, в – ламель

Количество ремизок зависит от вида переплетения ткани. Например, для получения ткани полотняного переплетения необходимо две ремизки, причем нечетные нити основы пропускают через галева первой ремизки, а четные нити – через галева второй ремизки.

Проборку проводят при заправке ткацкого станка для производства новой ткани. При заправке станка для получения ткани, аналогичной предыдущей, проводят привязывание нитей новой основы к концам нитей предыдущего куска ткани.

Подготовка нитей утка состоит в перемотке нитей с початков или бобин на челночные шпули и предварительной обработки, которая придает им повышенную прочность и снижает обрывность при ткачестве. Если используются бесчелночные ткацкие станки, то нити наматываются на конические бобины.

2. Ткачество.

Ткачество – процесс образования ткани. Осуществляется на ткацких станках (рис. 1.50).

После проборки навои, ремизки и бердо устанавливают на ткацкий станок. Концы выходящих основных нитей из берда фиксируют на товарном валике. Затем на каждую нить основы подвешивают *ламель* (металлическая пластина), которая предназначена для автоматического останова ткацкого станка при обрыве основной нити.

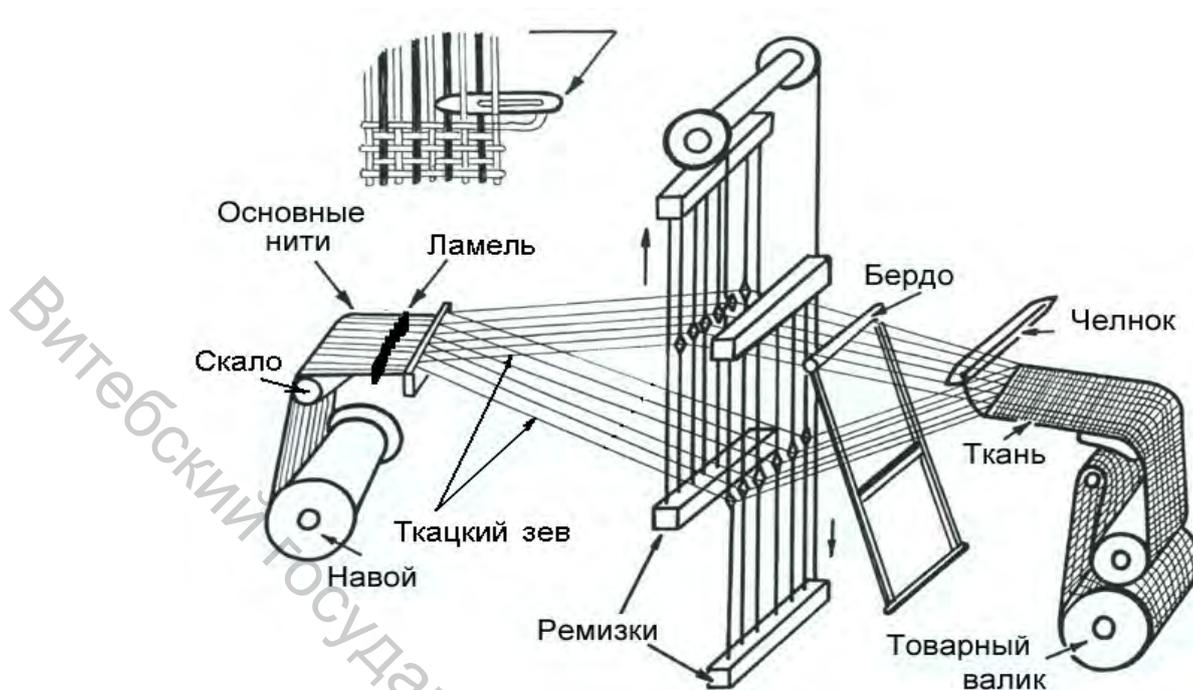


Рисунок 1.50 – Схема челночного ткацкого станка

Нити основы, сматываясь с ткацкого навоя, огибают скало и переходят в горизонтальное положение.

При ткачестве каждая ремизка, совершает возвратно-поступательное движение «вверх» и «вниз». При движении одной ремизки вверх, а другой вниз одна половина нитей поднимается, а вторая опускается. В результате образуется *ткацкий зев*, в который пролетает челнок, протаскивая уточную нить перпендикулярно нитям основы. После того, как нить утка проложена, бердо прибавляет ее к сотканному полотну. Затем бердо отходит в обратном направлении, ремизки меняют свое положение, образуя новый зев, и цикл повторяется. Полученная ткань наматывается на товарный валик.

От скорости подачи основы и наматывания ткани на товарный валик зависит плотность расположения нитей основы и утка в ткани.

Ткани с крупным узором переплетения вырабатывают на ткацких станках с жаккардовой машиной, которая способна управлять перемещением каждой нити основы в отдельности.

В зависимости от способа прокладывания нити утка в зев различают челночные и бесчелночные ткацкие станки.

На челночных станках уточная нить, намотанная на шпули, помещается внутрь массивного челнока, пролет которого через зев осуществляется с помощью ударного механизма. Этим же способом челнок возвращается через следующий зев. Основным недостатком такого способа – высокий уровень шума и большие энергетические затраты при сравнительно малой производительности.

На бесчелночных станках уточные нити, сматываясь с конической бобины, пробрасываются через зев в одном направлении и отрезаются у первой кромки. Применяются следующие способы прокладывания уточных нитей:

– на рапирных станках нить утка прокладывается через зев с помощью двух жестких или гибких рапир, движущихся навстречу друг другу. Одна рапира, несущая нить, передает её другой в центре зева;

– на гидравлических станках кончик нити с бобины перемещается в устье сопла, через которое периодически выбрасывается струя воды. Так как ткань при этом намокает, то этот способ применяют только при использовании гидрофобных нитей (полиамидных, полиэфирных, полипропиленовых);

– на пневматических станках уточная нить прокладывается потоком сжатого воздуха;

– на пневморапирных станках используют две трубчатые рапиры, внутри которых потоком сжатого воздуха прокладывается уточная нить.

3. Отделка.

Ткань, снятая с ткацкого станка, после ткачества называется суровой. Кроме плохого внешнего вида суровые ткани плохо впитывают влагу, не окрашиваются. Для придания тканям требуемых технологических и потребительских свойств проводят их отделку.

Процесс отделки состоит из четырех групп операций: предварительной отделки, колористической отделки (крашение или печать рисунка), специальной и заключительной отделки.

Предварительная отделка предназначена для подготовки тканей к последующему крашению. Характер подготовительных операций и их количество зависит от сырьевого состава, вида сопутствующих и загрязняющих веществ на ткани.

Предварительная отделка может включать в себя (в зависимости от волокнистого состава ткани) следующие операции:

Опаливание – обработка ткани нагретыми поверхностями или огнем для удаления выступающих ворсинок. Такую обработку применяют для хлопчатобумажных тканей, льна, шерсти и шелка (за исключением ворсовых тканей).

Расшихтовка – удаление шлихтующего вещества из материала для облегчения проведения предстоящих операций беления и отваривания. Для расшихтовки ткань замачивается в теплой воде с добавлением кислот, щелочей, окислителей или ферментов на период от 4 часов до суток в зависимости от сырьевого состава и плотности материала, что приводит к гидролизу либо деструкции крахмала.

Отваривание и промывка – удаление из межволоконного пространства ткани веществ, снижающих её качества: загрязнения, остатки белков, и придание тканям мягкости и смачиваемости.

Хлопок и лен отваривают в щелочных растворах с добавлением ПАВ при температуре 100–130 °С в закрытых котлах в течение 1–6 часов. Шелк отваривают в более щадящих мыльных растворах при температурах 90–95 °С, в течение 1–3 часов.

Ткани из химических нитей подвергают легкой отварке в мыльно-содовом растворе для удаления различных примесей и загрязнений.

Карбонизация – обработка чистошерстяных тканей 4–5%-ным раствором серной кислоты для очистки их от растительных примесей.

Отбеливание – химическое взаимодействие отбеливающего вещества с волокном ткани, в результате чего происходит разрушение и обесцвечивание природного пигментирующего вещества волокна. Волокно становится бесцветным, а ткани называются *белёными*. Проводится в том случае, если ткань в дальнейшем будет окрашиваться.

В качестве отбеливающих веществ используют растворы окислителей: перекись водорода, гипохлорит натрия и кальция и др. Кроме химического отбеливания тканей, применяют также оптическое отбеливание с применением лейкофора, бланкофора.

Отбелка шелковых тканей проводится редко, так как природные красящие вещества удаляются при отварке. Льняные ткани отбеливают гипохлоридом и перекисью водорода в четыре этапа из-за большого содержания органических примесей в волокнах нитей. По степени белизны различают 1/4, 1/2, 3/4 белую и белую ткани.

Мерсеризация – обработка хлопчатобумажных тканей при пониженной температуре концентрированным (25%-м) раствором едкого натра с последующей промывкой горячей и холодной водой. Мерсеризованные ткани отличаются мягкостью, шелковистостью, повышенной механической прочностью и гигроскопичностью.

Валка. Проводится для шерстяных суконных тканей с целью образования войлокообразного застила, полностью или частично закрывающего ткацкий рисунок, повышения плотности тканей, их теплозащитных свойств и стойкости к истиранию. Различают: *сильную* валку для драпов и сукна (3,5–8 ч), *умеренную* для тонокосуконных костюмных и пальтовых тканей (до 2 ч), *слабую* для гребенных пальтовых тканей (20–40 мин).

Ворсование – образование начесного ворса на поверхности ткани для повышения ее мягкости, пушистости и теплозащитных свойств. Применяется в основном для тканей с лицевым застилом из толстой рыхлой уточной нити со слабой круткой (фланель, бумазея, байка, вельветон, сукно и др.). Для ворсования используют специальные ворсовальные машины, оснащенные игольчатым барабаном. Иглы вытаскивают из пряжи концы волоконца на поверхность ткани, образуется пушистый ворс. Ткань пропускают через ворсовальную машину 4–16 раз в зависимости от того, какую густоту ворса надо получить (бумазею – 4 раза, фланель – 8 раз, байку – 16 раз).

Ратинирование. Проводится на ратинирмашинах для некоторых ворсовых шерстяных суконных тканей с целью фигурного расположения ворса на их поверхности (в виде рисунка или орнамента).

Мокрая декатировка – обработка гребенных и тонкосуконных тканей горячим паром и водой с целью устранения внутренних напряжений и предупреждения образования заломов при дальнейшей обработке.

Оживление. Проводится для тканей из натурального шелка слабыми растворами органических кислот (уксусной, молочной, муравьиной) в течение непродолжительного времени. Такая обработка придает полотну характерный блеск и хруст.

Утяжеление – обработка отваренного шелка некоторыми минералами (солями железа, олова, свинца, цинка и др.) и органическими соединениями (дубящими веществами). После такой обработки ткани приобретают повышенную массу (на 20 %), плотность, улучшается их драпируемость, но снижается прочность и увеличивается хрупкость и ломкость. «Утяжеленный» шелк используют для пошива штор, костюмов, платьев.

Термофиксация. Проводится для тканей из синтетических волокон. Заключается в нагревании и быстром охлаждении в расправленном состоянии с целью снятия внутренних напряжений и улучшения ряда свойств. Нагревание может быть выполнено кипящей водой, насыщенным водяным паром, контактным способом, горячим воздухом, инфракрасными лучами и другими способами. Ткани, прошедшие термофиксацию, практически безусадочны и устойчивы к сминанию, образованию заломов и складок.

Колористическая отделка предполагает крашение и узорчатое расцвечивание тканей (печать) и направлена на повышение их декоративных свойств.

Крашение – процесс взаимодействия красителя с полимерным веществом волокна, для придания необходимой окраски. При крашении краситель окрашивает волокна ткани по всей толщине, в результате чего материал приобретает ровную однотонную окраску. Такие ткани называются гладкокрашеными. Крашение осуществляется в специальных ваннах пропиткой ткани красящим веществом по всей толщине.

При *печатании* краситель наносится на ткань с лицевой стороны, и окрашивание происходит только на определенных участках ткани. Такие ткани называются набивными. Химические процессы, протекающие между красителем и волокном при крашении и печатании, различаются незначительно, однако для нанесения красителей способом печати требуются особые условия и специальное и более сложное оборудование.

Процесс крашения состоит из трех фаз: адсорбции молекул красителя на внешней поверхности волокон; диффузии красителя внутрь волокна; фиксации красителя на внутренней поверхности волокон.

Взаимодействие красителя с волокном может осуществляться:

- за счет сил Ван-дер-Ваальса, возникающих между полярными и неполярными молекулами красителя и волокна (физическая сорбция);
- за счёт образования химических связей красителя с волокном (химическая сорбция): ковалентных или ионных. Ковалентная связь является самой прочной, и обеспечивает высокую устойчивость окраски к мокрым обработкам. Ионная связь также прочная, но в водной среде она диссоциирует, что приводит к снижению устойчивости окрасок к мокрым обработкам;
- за счет образования водородной связи, возникающей между положительно заряженным атомом водорода и отрицательно заряженными атомами кислорода, азота или серы.

Скорость процесса окрашивания и его стойкость зависят от величины молекул красителя: чем меньше размер частиц красителя и чем больше набухает волокно, тем скорее частицы красителя проникают в структуру волокна. Важное значение также имеет температура процесса крашения.

Для окраски полотен используют красители следующих групп и классов (рис. 1.51):

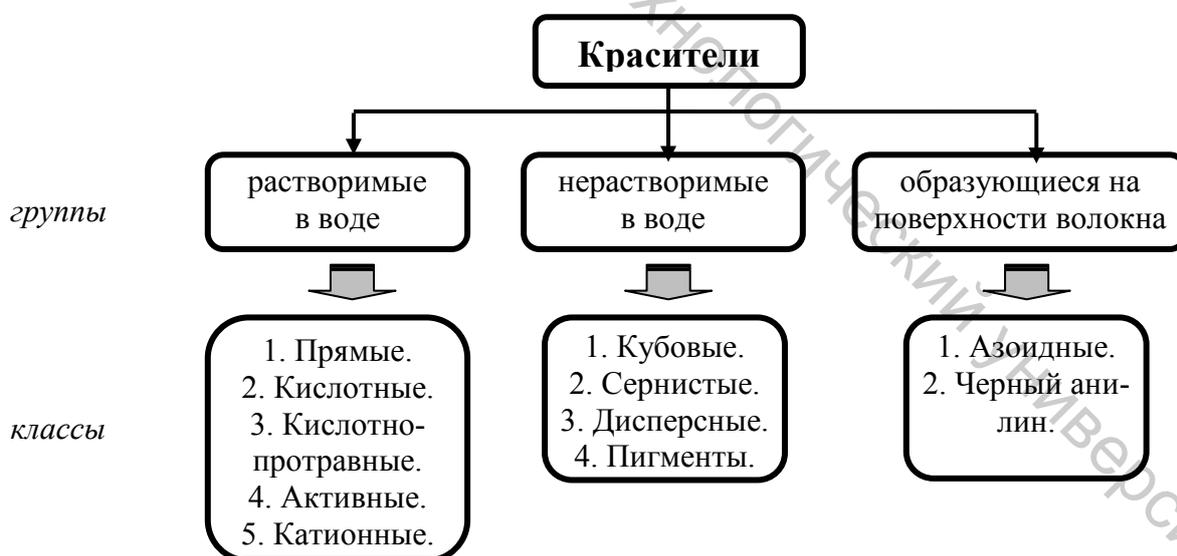


Рисунок 1.51 – Группы и классы красителей

Вид применяемого красителя зависит от сырьевого состава волокон ткани.

Прямые красители по своему химическому строению являются натриевыми солями органических сульфокислот $Kp-SO_3Na$ (Kp – хро-

моформная часть красителя, определяющая его цвет, SO_3Na – сульфогруппа, придающая растворимость). Они легко растворяются в воде и из водного раствора переходят на волокно, не меняя своего химического состава. После крашения ткань промывают холодной водой, отжимают и высушивают. Применяются в основном для целлюлозных волокон и пряжи, реже для шерсти, натурального шелка и полиамидных волокон. Обеспечивают яркую, сочную, но неустойчивую к мокрым обработкам и свету окраску. Для повышения устойчивости окраски применяется обработка закрепителями в кислой среде.

Кислотные красители окрашивают белковые и полиамидные волокна. По химическому строению кислотные красители, как и прямые, являются натриевыми солями органических сульфокислот, но они не имеют линейного плоскостного строения, поэтому не обладают сродством к целлюлозному волокну. Окрашивание происходит в кислой среде, в которой белковое волокно приобретает положительный заряд и образует ионную связь с анионами красителя. Чем ниже pH, тем больше электростатическое взаимодействие между красителем и волокном, тем быстрее происходит окрашивание. Однако быстрое окрашивание волокна вызывает неровноту окраски, поэтому процесс крашения регулируют, т. е. подбирают соответствующую кислоту (серную, уксусную). Эти красители обеспечивают яркую, сочную, но неустойчивую к свету, стирке и трению окраску.

Кислотно-протравные (хромовые) красители – относятся к кислотным, но в отличие от первых для усиления прочности окраски производят хромирование тканей раствором хромпика до крашения, в момент крашения, а чаще всего после крашения. Обеспечивают более высокую устойчивость получаемой окраски, чем кислотные, но прочность волокон при этом немного снижается.

Активные красители содержат активные группы (например, Cl или F), обладающие способностью вступать в химическое взаимодействие с волокнообразующим полимером и образовывать прочные химические (ковалентные) связи. Окрашивают целлюлозные, белковые, полиамидные волокна. Окраска яркая и устойчивая к мокрым обработкам, трению и свету.

Катионные (основные) красители применяют для крашения полиакрилонитрильных волокон. Окраска прочная, яркой и широкой цветовой гаммы.

Кубовые красители путем восстановления переводят в водорастворимые натриевые соли лейкосоединений, которые хорошо усваиваются волокном, а затем под действием кислорода воздуха или другого окислителя непосредственно на волокне переходят обратно в исходный нерастворимый краситель. Восстановление красителей проводится в сильнощелочной среде, что ограничивает область применения кубовых

красителей только для целлюлозных волокон. Получаемые окраски устойчивые, яркие, широкой гаммы цветов и оттенков.

Сернистые красители в исходной форме, как и кубовые, нерастворимы в воде, но под действием восстановителя в щелочной среде переходят в водорастворимую форму, которая проникает в волокно, сорбируется там, а после окисления на волокне вновь переходят в нерастворимое исходное состояние. Применяют для окрашивания целлюлозных волокон. Характеризуются низкой стоимостью и простотой технологии крашения. Недостатки: качество окраски значительно хуже, чем при крашении активными или кубовыми красителями, окраска имеет невысокую яркость и меньшую устойчивость, гамма цветов значительно уже. Серьёзный недостаток этого класса – использование в технологии в качестве восстановителя сульфида натрия (Na_2S), который, попадая со сточными водами на станции биологической очистки, подавляет рост бактерий и отравляет активный ил. Кроме того, в рабочую зону красильных цехов выделяется токсичный сероводород (H_2S).

При использовании дисперсных красителей крашение производится суспензиями или дисперсиями. Краситель диффундирует в структуру волокон, где удерживается силами межмолекулярного взаимодействия. Применяются для окрашивания полиамидных, полиэфирных и ацетатных волокон. Получаемые окраски яркие, ровные, широкой цветовой гаммы, однако недостаточно устойчивы к мокрым обработкам на ацетатных и полиамидных волокнах (на полиэфирных окраски отличаются высокой прочностью).

Пигменты – это нерастворимые в воде окрашенные неорганические и органические вещества (ультрамарин, берлинская лазурь и др.), используемые в сочетании со связующими веществами (синтетическими смолами) для окрашивания тканей в различные цвета и оттенки при высокой стойкости окраски к свету. Они не имеют сродства к волокну, не проникают в его внутреннюю структуру, а фиксируются за счёт приклеивания к внешней поверхности элементарных волокон с помощью специального связующего вещества полимера, образующего прочную плёнку на стадии термофиксации. Степень фиксации пигментов близка к 100 %, поэтому исключается промывка, что упрощает технологический процесс и повышает его экологичность с точки зрения отсутствия сточных вод. К недостаткам пигментного крашения следует отнести: недостаточную устойчивость окрасок к трению; повышенную жёсткость материала; содержание формальдегида на ткани.

Окрашивание азокрасителями производят синтезом красителя непосредственно на волокне из двух полупродуктов: азосоставляющих (азотолов, нафтолов) и диазосоставляющих (аминов), которые, вступив в химическую реакцию, образуют окрашенные соединения. В зависимости от взятого в сочетании азо- и диазосоединения получают окраски различных цветов и прочности. Азокрасители применяют для окраши-

вания целлюлозных волокон и ограничено – для крашения ацетатных и полиэфирных волокон. Наиболее часто этими красителями окрашивают ткани в яркие красные и синие цвета, устойчивые к стирке, но не устойчивые к действию трения и света (однако ряд красителей дает окраску, стойкую и к действию света). Кроме того, ими окрашивают ткани в черный цвет.

Черный анилин образуется на волокне окислением солянокислого анилина. Черным анилином окрашивают высококачественные одежные и платьевые ткани. Окраска отличается глубоким черным цветом и высокой стойкостью ко всяким воздействиям, но при этом наблюдается некоторое (на 8–12 %) понижение разрывной нагрузки ткани вследствие применения окислителей, которые вызывают образование окси- и гидроцеллюлозы. Однако такое снижение прочности ткани заметного влияния на ее носкость не оказывает.

После крашения при использовании ряда красителей окрашенные ткани обрабатывают специальными химическими веществами, которые способствуют закреплению красителя на волокне.

Печатание (набивка) – нанесение на белую или окрашенную ткань различных рисунков специальными красочными составами с последующим закреплением красителей на волокне.

Отличительной особенностью печатания является использование загущенных печатных красок вместо жидких красильных составов. Это необходимо для создания четкого контура рисунка, наносимого на материал. Загущение создается введением в печатную краску загустителя, в качестве которого используют природные (крахмал, альгинат натрия), искусственные (эферы крахмала и целлюлозы) или синтетические (поливиниловый спирт, полиакрилоамид и т. д.) полимеры.

Различают следующие виды печати:

– прямая печать – рисунок наносится непосредственно на отбеленную или окрашенную в светлые тона ткань;

– вытравная печать – ткань предварительно окрашивают в один цвет гладким крашением, затем печатными валами по определенному рисунку на окрашенную ткань наносят загущенные химически действующие составы (вытравку), которые обесцвечивают краситель в этих местах, появляются белые узоры – бель. При добавлении в печатный состав красителя, устойчивого к вытравке, проявившиеся белые участки окрашиваются;

– резервная печать – на неокрашенную ткань наносят особый защитный состав-резерв, который препятствует закреплению красителя на тех местах, где он был нанесен. Обработанную таким образом ткань красят гладким крашением. При этом резервные места не окрашиваются и получают белые (белый горох, белое кольцо и др.) или закрашенные в другой цвет места по окрашенному фону.

Печать рисунка может осуществляться следующими способами:

1. Ручная набивка – осуществляется с помощью деревянных форм с рельефными рисунками. Она применяется только для набивки штучных изделий, так как малопроизводительна и дорога.

2. Аэрографный способ – основан на нанесении красителя на ткань с помощью пульверизатора (аэрографа) через накладные шаблоны-трафареты с вырезанными узорами. Данный способ тоже малопроизводительный и дорогой и применяется для художественной печати на штучных изделиях или тканях с разрезным ворсом.

3. Сетчатыми шаблонами (способ фотофильмпечати) – рисунки получают с помощью шаблонов, которые представляют собой металлическую прямоугольную раму с натянутой на нее ситовой тканью из капрона. Поверхность сетки покрывают пленкой, оставляя свободные участки в виде определенного рисунка. Рамку шаблона кладут на окрашиваемую ткань, наливают краску и при помощи резиновой пластины (ракли) протирают ее через сетку. Если рисунок многоцветный, то применяют столько шаблонов, сколько цветов в рисунке. Этот способ печатания трудоемкий, но позволяет получать сложные рисунки с фотографической точностью.

4. Полихроматический способ – основан на разбрызгивании из специальных сопел тонких струй слегка загущенных растворов красителей различных цветов на движущуюся ткань по всей ее ширине. Способ прост, исключает надобность в печатных машинах и обеспечивает практически безграничное разнообразие расцветок.

5. Способ термопечати (сублистатик) – заключается в переносе узора с бумаги на текстильные материалы при кратковременном термомоменте. Предварительно на бумажную основу с помощью печатных валов наносят печатную краску, способную к сублимации. Затем на увлажненную ткань накладывается бумажная подложка с напечатанными рисунками и прижимается нагретым прессом. Испаряющийся с поверхности бумаги краситель переходит на ткань. В основном этот способ печати применяется для тканей из полиэфирных волокон.

6. Машинное печатание – осуществляется на печатных машинах. Важнейшей частью печатной машины является печатный вал, который представляет собой медный полый цилиндр, на поверхности которого выгравирован углубленный штрихами узор. Машины могут быть одновальными, если ткань окрашивается одной краской, или многовальными, если ткань окрашивается в несколько цветов (число цветов в рисунке соответствует числу печатных валов машины, так как каждый вал печатает только одним цветом определенную часть рисунка).

Специальная отделка применяется для придания ткани особых свойств, увеличения срока службы и улучшения эстетических и гигиенических свойств.

К наиболее широко применяемым специальным видам отделки тканей относятся:

Антистатическая отделка – обработка тканей из синтетических волокон поверхностно-активными веществами, снижающими поверхностное электрическое сопротивление.

Водоотталкивающая отделка – покрытие плащевых, зонтичных тканей гидрофобными эмульсиями (силиконы, хромолан и др.), в результате чего улучшаются водоотталкивающие свойства при сохранении паро- и воздухопроницаемости.

Водонепроницаемая отделка – нанесение на брезентовые ткани и ткани для спецодежды синтетических смол, битумов, резины для придания материалу водонепроницаемости.

Грязеотталкивающая отделка – обработка одежных, декоративных, обивочных, специального назначения тканей препаратами, обладающими одновременно водоупорностью и маслостойкостью (фторорганические соединения).

Металлизация – нанесение металлизированного слоя путём распыления металлической краски, состоящей из металлических частиц, плёнкообразующего вещества и растворителя, или путём осаждения в вакууме. Применяется для увеличения устойчивости материала к высоким температурам и улучшения электропроводности.

Противомолевая отделка – обработка шерстяных полотен растворами фтористых солей, для защиты от моли.

Антимикробная обработка применяется для палаточных тканей, подложки линолеума, рыболовных сетей. Обработка салициловой кислотой, фенолами и солями меди защищает ткань от гниения.

Огнеупорная отделка – обработка тканей солями кремниевой, борной и фосфорной кислот. Такая отделка незаменима при производстве спецодежды для пожарных.

Противосминаемая отделка – пропитка тканей растворами на основе карбомола, метазина, карбазона. Такие ткани после стирки при малых механических воздействиях можно не гладить.

Противоусадочная отделка – механическая отделка тканей на усадочной машине, в которую ткань в увлажненном состоянии подается с некоторой слабиной (напуском), в результате чего и происходит её усадка; либо химическая обработка тканей в результате которой снижается набухаемость волокон и, следовательно, их усадка.

Для улучшения декоративных свойств тканей применяют следующие специальные отделки:

Стойкое тиснение – получение рельефного рисунка с помощью тиснильного каландра на ткани, предварительно пропитанной раствором предконденсата. Недостаток – потеря прочности ткани в мокром состоянии на 20–40 %.

Устойчивый блеск – придание повышенного блеска. Аналогична стойкому тиснению, но наносится с помощью гладкого каландра.

Гофрирование – получение выпуклостей путём местной обработки раствором, вызывающим усадку отдельных участков ткани.

Заключительная отделка. Включает в себя ряд процессов, которые улучшают внешний вид, структуру и свойства тканей:

Спиртовка тканей – это процесс легкого отбеливания не окрашенных участков набивных тканей.

Аппретирование заключается в пропитывание тканей специальными составами – аппретами (например, производные крахмала, синтетические смолы, простые эфиры целлюлозы) для придания им гладкости, плотности и необходимой жесткости.

Ширение (выравнивание утка) – процесс придания тканям стандартной ширины и устранения перекосов. Перед ширением ткань увлажняют.

Каландрование – осуществляется с целью разглаживания и уплотнения тканей, придания ей гладкой глянцевой поверхности, блеска и др. Выполняется на каландровых машинах с помощью нагретых металлических валов. При слабом прижатии валов получают эффект разглаживания. С увеличением степени прижатия валов на ткани появляется блеск.

Подворсовка проводится для хлопчатобумажных и шерстяных тканей на ворсовальных машинах с целью поднятия ворса, примятого в процессе отделочных операций.

Стрижка и чистка для шерстяных тканей проводятся на стригальных машинах для удаления с лицевой поверхности торчащих концов волокон или выравнивания по высоте начесного ворса.

Заключительная декатировка – это обработка шерстяных тканей горячим паром с целью предотвращения усадки, снятия внутренних напряжений, устранения блеска.

Фиксация – ткани из синтетических нитей проходят вторичную стабилизацию (фиксацию) путем термической обработки в натянутом состоянии.

1.4 Трикотажные полотна

1.4.1 Классификация и строение трикотажных полотен

Трикотаж – текстильный материал, полученный из текстильных нитей в результате образования петель и их взаимного соединения.

Основным элементарным звеном, образующим трикотажное полотно, является петля, состоящая из остова 1–2–3–4 (рис. 1.52 а) соединительной протяжки 4–5. Остов в свою очередь состоит из палочек 1–2 и 3–4 и игольной дуги 2–3.

Петли бывают открытого (рис. 1.52 а, б) и закрытого (рис. 1.52 в)

типов. У петель закрытого типа протяжки перекрещиваются. Петли, расположенные по горизонтали, образуют петельные ряды, а петли, расположенные по вертикали, – петельные столбики.

Помимо петель структура трикотажа может содержать элементарные звенья прямолинейной или изогнутой формы, которые служат для соединения других элементарных звеньев, образования начеса, снижения растяжимости трикотажа и т. п.

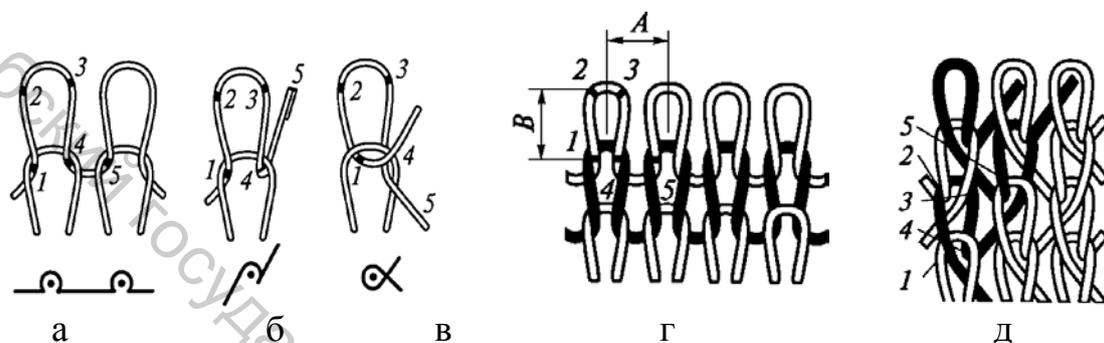


Рисунок 1.52 – Схема строения петель (а, б, в), поперечно-вязаного (г) и основовязаного (д) трикотажа

По виду сырья трикотажные полотна бывают однородными и неоднородными. Однородные вырабатывают из пряжи из натуральных волокон (хлопок, шерсть и др.), пряжи или нитей из искусственных волокон (вискозных, ацетатных и др.), пряжи или нитей из синтетических волокон (капроновых, нитроновых и др.). Неоднородные вырабатываются из пряжи из натуральных волокон в смеси с химическими волокнами или в сочетании с пряжей или нитями из химических волокон.

По способу производства различают поперечновязанные (кулирные) и основовязанные полотна. В поперечновязаном трикотаже (рис. 1.52 г) все петли одного ряда образованы одной нитью, в основовязаном трикотаже (рис. 1.52 д) каждая петля ряда образована из отдельной нити, поэтому для получения петельного ряда требуется столько нитей, сколько петель в ряду.

Поперечновязанные трикотажные полотна получают на одно- и двухфонтурных кругловязальных и плосковязальных машинах.

Однофонтурные вязальные машины отличаются от двухфонтурных количеством игольниц. На однофонтурных машинах расположена одна игольница и изготавливают *одинарный* трикотаж, а на двухфонтурных – две игольницы и изготавливают *двойной* трикотаж.

На плосковязальных машинах изготавливают плоское полотно, детали или готовые изделия. На кругловязальных машинах изготавливают полотно цилиндрической формы.

Одной из основных структурных характеристик трикотажных полотен является *вид переплетения*, определяющий внешний вид и физи-

ко-механические свойства трикотажного полотна.

Все трикотажные переплетения подразделяются на главные, производные, комбинированные и рисунчатые (узорные) (рис. 1.53).

Главные переплетения имеют элементарные звенья одинаковой формы в виде петель. К ним относятся гладь, ластик, цепочка, трико, атлас, ластичное трико, ластичный атлас и др.

В полотнах переплетения *гладь* петли расположены так, что лицевая сторона образуется петельными палочками, перекрывающими игольные дуги и протяжки (рис. 1.54 а). Поэтому лицевая сторона трикотажа гладкая, ровная, с четко выраженными петельными столбиками. Изнаночную сторону трикотажа образуют игольные дуги и протяжки, что создает на её поверхности поперечные полосы. Трикотажное полотно переплетения *гладь* легко распускается и закручивается по краям.

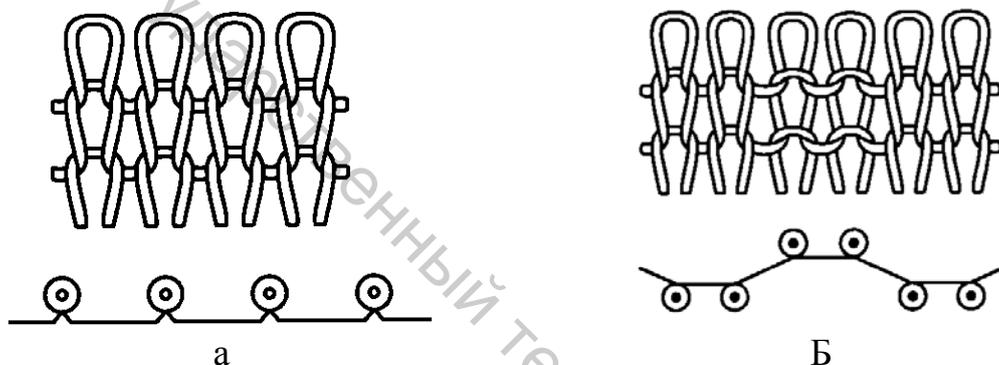


Рисунок 1.53 – Строение и графическая запись поперечновязанных переплетений главного класса: а – гладь, б – ластик

Для полотен, выработанных переплетением *ластик*, характерно чередование в ряду лицевых и изнаночных петель (рис. 1.53 б). В связи с перекручиванием соединительных протяжек изнаночные петельные столбики заходят за лицевые, в результате чего лицевая и изнаночная стороны полотна кажутся образованными лицевыми столбиками. Порядок чередования лицевых и изнаночных петельных столбиков в полотнах может быть различным: один лицевой и один изнаночный (ластик 1+1), два лицевых и два изнаночных (ластик 2+2), два лицевых и один изнаночный (ластик 2+1) и т.д. Ластик имеет большую толщину, прочность, хорошую формоустойчивость и упругость по ширине, распускается труднее, чем гладь, и по краям не закручивается.

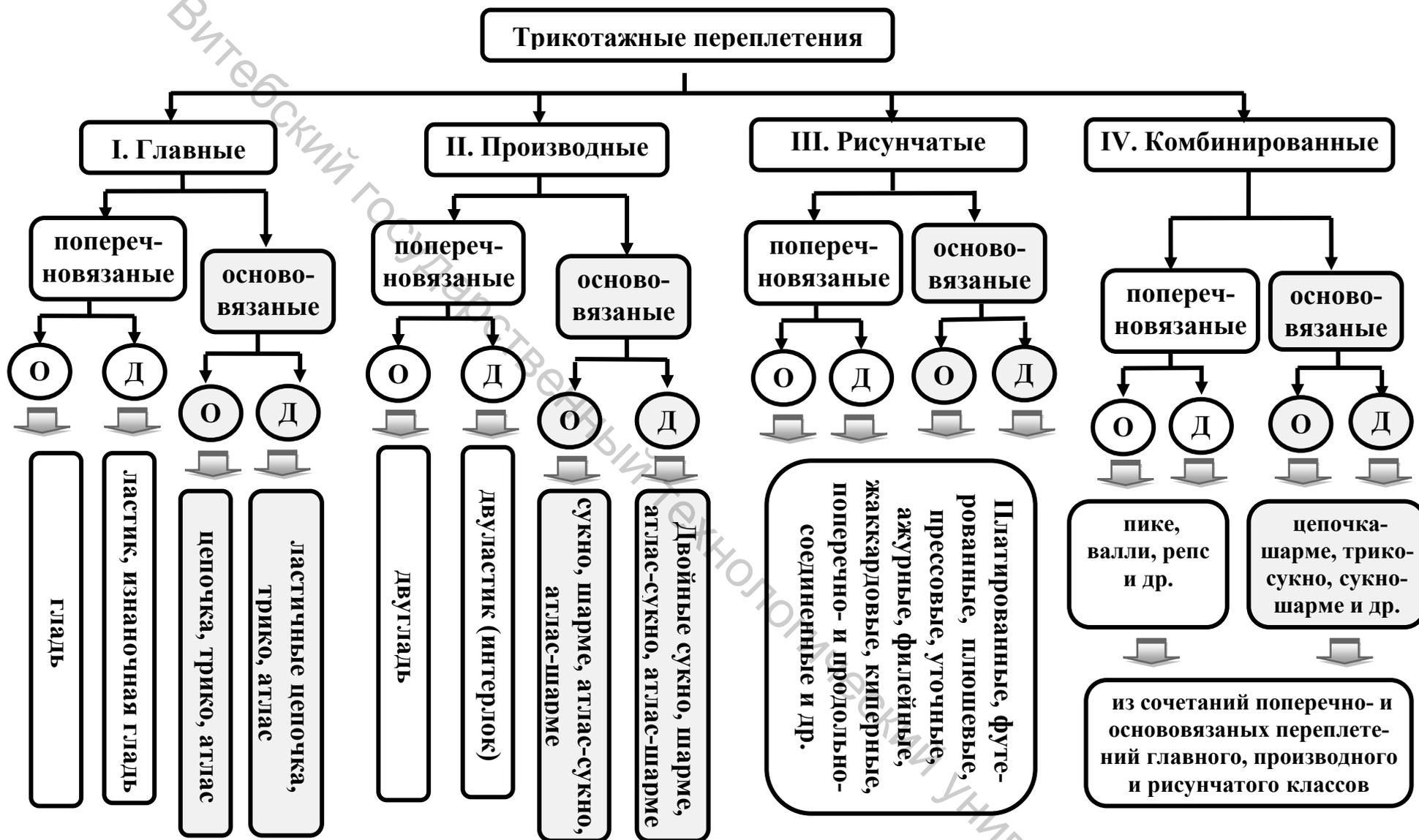


Рисунок 1.54 – Классификация трикотажных переплетений: О – одинарные, Д – двойные

В переплетении *изнаночная гладь* ряды лицевых петель чередуются с рядами изнаночных петель, в результате чего ряды игольных дуг и протяжек выходят попеременно то на лицевую, то на изнаночную сторону полотна. Поэтому обе стороны имеют одинаковый внешний вид, похожий на изнаночную сторону полотна переплетения гладь. Трикотаж переплетения изнаночная гладь не закручивается по краям и легко распускается в направлении, обратном вязанию.

Простейший вид основовязанных одинарных переплетений – *цепочка*, в котором петельный столбик образуется одной нитью; этот столбик не соединяется с соседними столбиками (рис. 1.55 а). При вязании полотен цепочка используется только в комбинации с другими переплетениями.

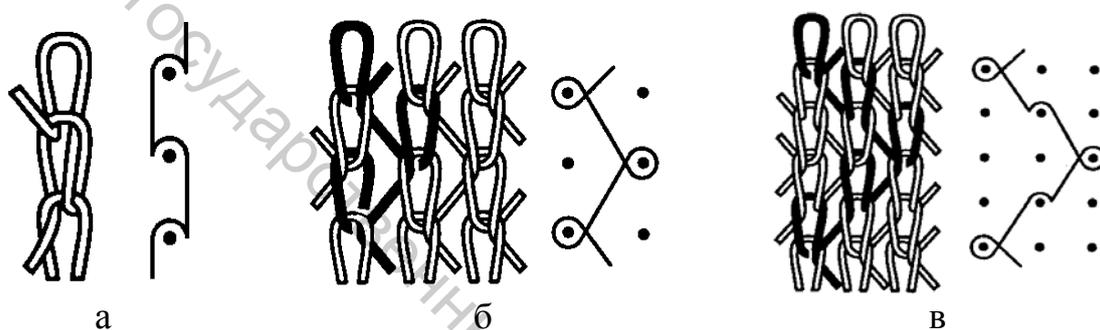


Рисунок 1.55 – Строение и графическая запись основовязанных переплетений: а – цепочка, б – трико, в – атлас

Трико – переплетение, в котором петли, образованные одной нитью, располагаются поочередно в двух смежных столбиках и соединяются протяжкой (рис. 1.55 б). Одинарное трико имеет зигзагообразное строение петельных столбиков, вследствие чего легко растягивается по длине и ширине, а также легко распускается по направлению петельных столбиков.

Атлас характеризуется тем, что в нем каждая нить последовательно образует во многих петельных столбиках (не менее трех) петли с одно- и двухсторонними протяжками сначала в одну сторону, затем в обратную со сдвигом на один петельный шаг (рис. 1.55 в). Поворотные петли имеют односторонние протяжки, промежуточные петли – двухсторонние протяжки. Если поворотные петли располагаются через одинаковое число петельных столбиков, то получается трикотаж переплетения простой атлас; если же они размещаются через разное число петельных столбиков, то образуется трикотаж переплетения сложный атлас.

Полотна переплетений *ластичное трико* и *ластичный атлас* отличаются соответственно от полотен переплетений трико и атлас порядком чередования лицевых и изнаночных столбиков.

Производные переплетения образуются на базе главных переплетений путем соединения элементарных звеньев в виде петель с удлиненными протяжками через один, два и более петельных столбика. Петельные столбики в трикотажных полотнах производных переплетений располагаются с большей плотностью, чем в полотнах главных переплетений, вследствие чего полотна обладают большей прочностью, меньшей растяжимостью в поперечном направлении, повышенной сопротивляемостью к распусканию петель при обрыве нитей.

К производным кулирным переплетениям относятся: одинарное – производная гладь и двойное – интерлочное.

Производная гладь (двугладь) (рис. 1.56 а) – в этом переплетении в промежутки между столбиками одной глади ввязаны столбики другой глади. Такие полотна характеризуются высокой плотностью, малой растяжимостью и распускаемостью, повышенной закручиваемостью по сравнению с полотнами переплетения «гладь». Толщина производной глади равна двум толщинам нитей, из которых она выработана. Производная гладь имеет меньшее количество сквозных пор, является менее воздухо- и паропроницаемой, распускается труднее, чем кулирная гладь. Применяется для изготовления верхнего трикотажа.

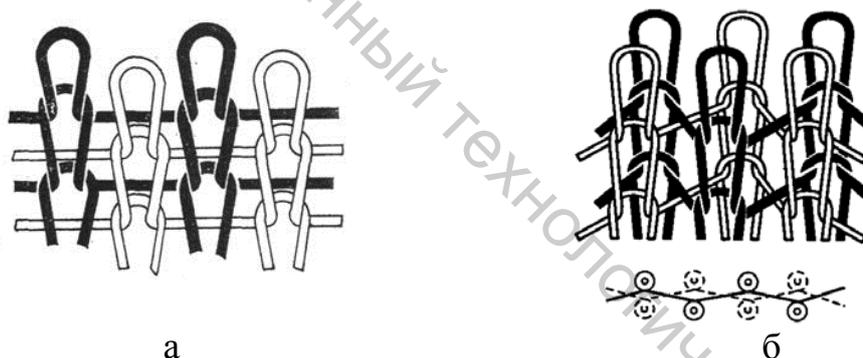


Рисунок 1.56 – Строение и графическая запись производных переплетений: а – двугладь, б – интерлок

Интерлок (двуластик) представляет собой сочетание двух ластиков, протяжки которых перекрещиваются между собой (рис. 1.56 б). Петельные столбики одного из «ластиков» располагаются против петельных столбиков другого «ластика» изнаночной стороной внутрь, в результате чего изнаночная и лицевая стороны трикотажа одинаковы и образованы лицевыми столбиками. В отличие от ластика при растяжении интерлочного полотна по горизонтали между петельными столбиками не видно петельных дуг. Интерлочное полотно имеет красивый внешний вид, равномерную поверхность, обладает высокой плотностью, прочностью и устойчивостью к истиранию, малой растяжимостью и повышенной упругостью, высокими теплозащитными свойствами и малой распускаемостью, края трикотажа не закручиваются. Используется для изготовления бельевых и верхних изделий, перчаток и варежек.

К производным основовязаным переплетениям относятся одинарные – сукно, шарме, атлас-сукно, атлас-шарме, и двойные – интерлочная цепочка, трико, атлас.

Сукно (двутрико) и *шарме* (тритрико) (рис. 1.57 а, б) и *атлас-сукно* и *атлас-шарме* (производные атласа) (рис. 1.57 в, г). В этих переплетениях каждая нить образует петли не в соседнем петельном столбике, а через один или два петельных столбика соответственно. Поэтому такие полотна имеют длинные протяжки, образующие на изнаночной стороне так называемые ложные поперечные столбики. Чем длиннее протяжки и заметнее их наклон, тем больше поверхностная плотность полотна, меньше его растяжимость в поперечном направлении, больше блеск. Полотна обладают меньшей распускаемостью и более красивым внешним видом. Применяются для выработки верхнего трикотажа, белья и перчаточных изделий.

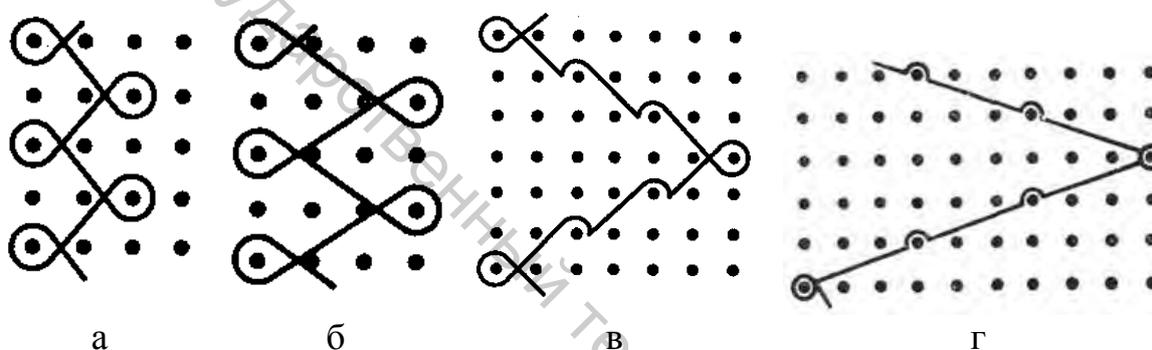


Рисунок 1.57 – Графическая запись производных трикотажных переплетений: а – сукно, б – шарме, в – атлас-сукно, г – атлас-шарме

Производные двойных основовязаных переплетений (*интерлочное трико* и *интерлочный атлас*) – вырабатывают на двухфонтурных основовязальных машинах. При вязании полотна петли сбрасываются на обе стороны, поэтому лицевая и изнаночная стороны формируются из петельных полочек, а петельные дуги и протяжки оказываются внутри полотна. Полотна упругие, формоустойчивые, менее растяжимые, не распускаются. Используются для изготовления верхних трикотажных изделий – костюмов, платьев, джемперов и др.).

Рисунчатые переплетения вырабатывают на основе главных и производных, изменяя их структуру ввязыванием дополнительных нитей, набросков (незамкнутые петли). К ним относят футерованные, плюшевые, ажурные, жаккардовые переплетения и др.

Ажурное (рис. 1.58 а) – переплетение с рисунками из ажурных отверстий, различных по форме и величине, полученными переносом отдельных петель из одних петельных столбиков в другие. Ажурный трикотаж легче гладкого, меньше распускается, имеет хорошую воздухопроницаемость.

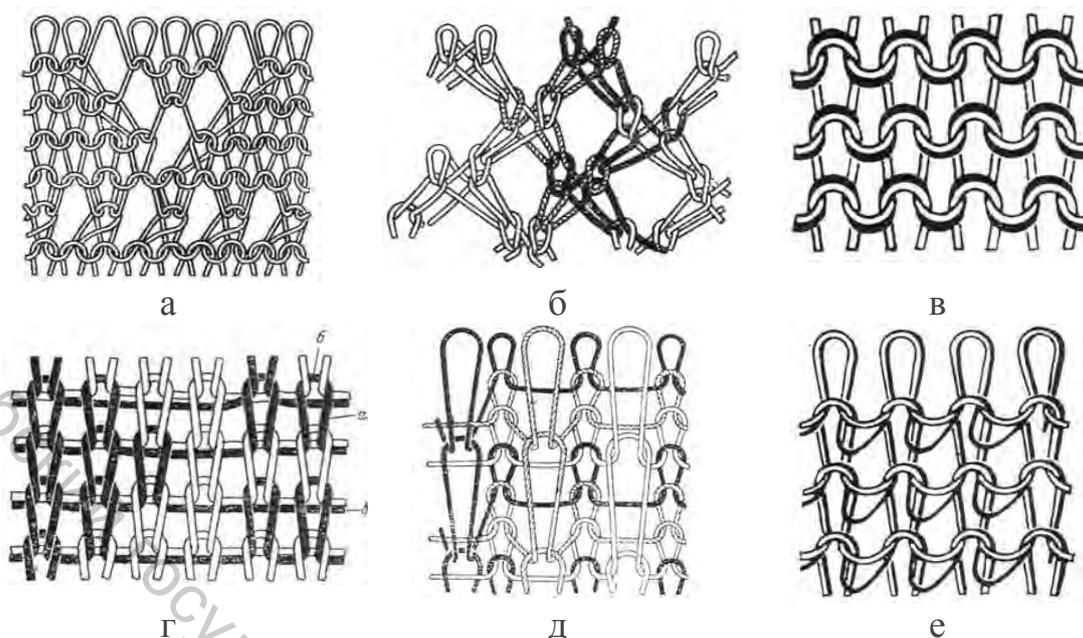


Рисунок 1.58 – Строение трикотажа рисунчатых переплетений: а – ажурный, б – филейный, в – платированный, г – жаккардовый одинарный, д – жаккардовый двойной, е – плюшевый

Филейное (рис. 1.58 б) – основовязаное переплетение, в котором отсутствует связь между некоторыми соседними петельными столбиками в одном или нескольких рядах, в результате получают отверстия различной формы и размеров. Таким переплетением вырабатывают полотна с разнообразными рельефными, одно- и многоцветными рисунками.

Жаккардовое переплетение (рис. 1.58 г, д) – характеризуется тем, что при образовании сложных рисунков каждая цветная нить прокладывается только на те иглы, где этого требует рисунок, а грунт образован за счет другой нити. Может быть одинарным и двойным, основовязанным и поперечновязанным, гладким и рельефным, регулярным и нерегулярным. В регулярном трикотаже все петли одинакового размера, в нерегулярном – имеют различную высоту.

У одинарного жаккардового трикотажа фактура лицевой и изнаночной сторон неодинакова. На лицевой стороне обычно имеется мелкий двух- или трехцветный рисунок, а на изнаночной отчетливо видны большие протяжки из цветных нитей, соединяющие одноцветные петли в одном горизонтальном ряду.

Двойной жаккардовый трикотаж отличается тем, что на отдельных его участках вывязываются параллельно два слоя, соединенных между собой по контуру рисунка. В результате образуется рельефный рисунок, а благодаря воздушным прослойкам между слоями эти полотна обладают высокими теплозащитными свойствами. Жаккардовый трикотаж применяется в основном для верхнего трикотажа.

Платированное (покровное) переплетение образуется при прокладывании на иглы одновременно двух или трех нитей, различающихся волокнистым составом или цветом (рис. 1.58 в). При образовании петель одна из нитей располагается на лицевой стороне, другая – на изнаночной, поэтому лицевая и изнаночная стороны трикотажа платированного переплетения различаются не только по внешнему виду, но и по некоторым физико-механическим свойствам. Например, на лицевую сторону выводится вискозная нить, а на изнанку – хлопчатобумажная пряжа, что придает полотну высокие гигиенические свойства, устойчивость к истиранию. Такой трикотаж может быть кулирным и основовязанным, одинарным и двойным, гладким и рисунчатым. Такой трикотаж имеет более красивую лицевую поверхность, большую прочность, лучшие теплозащитные свойства, меньше распускается. Используется для изготовления бельевых и спортивных изделий, реже – для верхних и чулочно-носочных изделий.

Плюшевое переплетение (рис. 1.58 е) вырабатывается из двух нитей, одна из которых образует грунт полотна (короткие петли), а другая – плюшевый застил (длинные петли). Плюшевый трикотаж может быть кулирным и основовязанным, одинарным и двойным, гладким и рисунчатым, с разрезными и неразрезными петлями. Имеет низкую теплопроводность, значительную толщину, высокие теплозащитные свойства, мягкость, хорошее водопоглощение, красивый внешний вид, например «под бархат».

Неполные переплетения (рис. 1.59 а) получают исключением некоторых игл из работы при вязании полотна. В результате на некоторых участках оказываются пропущенными столбики или петли, что создает в одинарных полотнах ажурный эффект в виде полос, клеток, а в двойных полотнах – эффект плиссе.

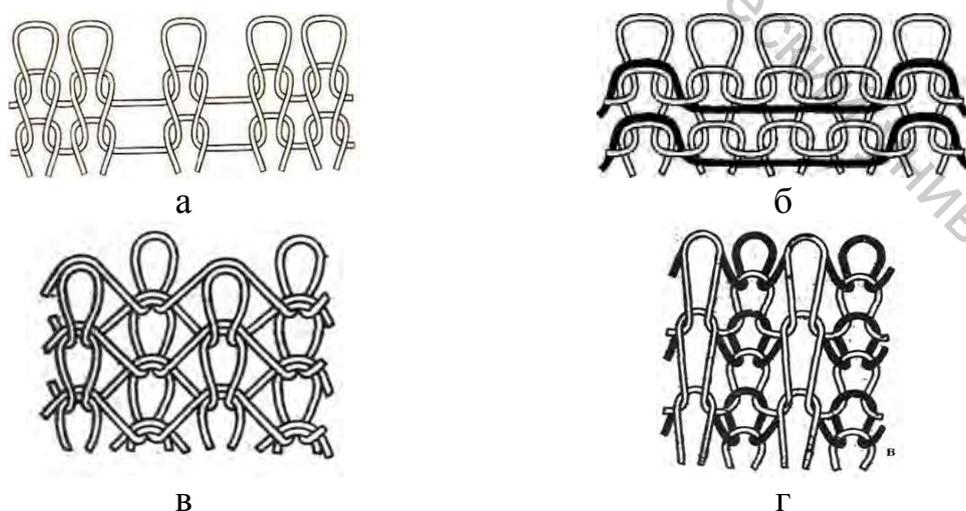


Рисунок 1.59 – Строение трикотажа рисунчатых переплетений:
 а – неполный, б – футерованные, в – прессовый фанг,
 г – прессовый полуфанг

Начесное (футерованное) – переплетение, в котором на базе грунтового переплетения проложены футерные (подкладочные) нити, служащие для начеса (рис. 1.59 б). Они располагаются в виде протяжек на изнанке трикотажа и висят на платинных дугах грунта в виде набросков. Трикотаж с начесом по сравнению с гладью характеризуется повышенными мягкостью, прочностью, массой, толщиной, повышенными теплозащитными свойствами, меньшей растяжимостью в ширину и меньшей распускаемостью, закручиваемостью в тех направлениях по рядам или петельным столбикам, где проложена футерная нить. Футерованные переплетения позволяют получать разнообразные эффекты поверхности: букле, твид, плюш, рельефную полосатость и т. д.

Прессовые переплетения получают при условии, что нити на иглы прокладываются постоянно, а ранее образованные (старые) петли сбрасываются в зависимости от рисунка. В результате в структуре полотна образуются прессовые петли, отличающиеся от обычных большей высотой и имеющие наброски. Если в полотне все петли прессовые, то переплетение носит название фанг (рис. 1.59 в), если прессовые петли чередуются с обычными петлями, то переплетение называют полуфанг (рис. 1.59 г).

Основные особенности фанга – большая толщина, повышенная застилистость полотна, высокие теплозащитные свойства. Полуфанг по сравнению с фангом более растяжимый, менее плотный и тяжелый. Переплетения фанг и полуфанг из-за набросков на петлях толще ластика, имеют большую массу и прочность, но меньшие растяжимость и распускаемость. Края полотна фанга и полуфанга не закручиваются.

В *поперечносоединенном (рингель)* трикотаже петельные ряды образованы из различных по видам, свойствам или цвету нитей (например, полотно для тельняшек).

В *продольносоединенном (сплит)* трикотаже петельные столбики образованы из различных по видам, свойствам или цвету нитей.

В **комбинированных** переплетениях сочетаются переплетения различных видов. Используются сочетания двух и более переплетений главного, производного и рисунчатого классов по рядам и столбикам, поперечновязанных переплетений с основовязаными. Такой трикотаж имеет хороший внешний вид, мало распускается, мало растягивается, формоустойчив, используется для изготовления верхнего трикотажа. К комбинированным переплетениям относят переплетения репс, пике, трико-трико, трико-сукно, цепочка-шарме и др.

Переплетения трикотажа характеризуются *раппортом* – наименьшим числом рядов (раппорт по длине) или петельных столбиков (раппорт по ширине), после которых порядок чередования элементарных звеньев повторяется.

К основным характеристикам структуры трикотажа относятся:

1. **Плотность** – число петель, приходящихся на 50 мм петельного

ряда (плотность по горизонтали Π_2) и на 50 мм петельного столбика (плотность по вертикали Π_6).

2. **Петельный шаг, A** , мм – расстояние между двумя соседними петельными столбиками (рис. 1.52 г).

3. **Высота петельного ряда, B** , мм – расстояние между двумя соседними петельными рядами (рис. 1.52 г).

Рассчитываются исходя из плотности участка по формулам

$$A = \frac{100}{\Pi_2}, \quad B = \frac{100}{\Pi_6}. \quad (1.37)$$

4. **Длина нити в петле l_n** , мм, определяется суммой длин нитей остова и протяжки.

5. **Линейное заполнение E** , % – показывает, какая часть прямолинейного горизонтального E_T или вертикального E_B участка трикотажа занята нитями диаметра d

$$E_z = \frac{100 \cdot 2d}{A} = 2d\Pi_2, \quad E_6 = \frac{100 \cdot d}{B} = d\Pi_6. \quad (1.38)$$

6. **Поверхностное заполнение E_s** , % – показывает какую часть площади, занимаемой петлей, составляет площадь проекции нити в петле

$$E_s = \frac{l_n \cdot d - 4d^2}{A \cdot B} \cdot 100. \quad (1.39)$$

7. **Объемное заполнение E_v** , %, характеризует отношение объема нитей ко всему объему трикотажа. Определяется по формуле

$$E_v = \frac{\pi d^2 l_n 100}{4hAB}, \quad (1.40)$$

где h – толщина трикотажа, мм.

8. **Линейный модуль m** – показывает, какое число диаметров нити укладывается в длине нити петли

$$m = \frac{l_n}{d}. \quad (1.41)$$

9. **Поверхностный модуль m_n** – показывает отношение площади одной петли в трикотаже к площади, занимаемой нитью петли

$$m_n = \frac{A \cdot B}{l_n \cdot d}. \quad (1.42)$$

Чем меньше модуль петли трикотажа, тем выше степень его заполнения, меньше пористость и больше объемная масса.

1.4.2 Основы трикотажного производства

Технологический процесс изготовления трикотажа состоит из подготовительного, основного процессов (вязания) и отделки.

1. Подготовка текстильных нитей.

При производстве трикотажа применяют текстильные нити разного вида: пряжу (в одно и два сложения) однородную и смешанную из натуральных и химических волокон, комплексные нити разного химического состава, высокообъемную пряжу, текстурированные нити.

К текстильным нитям, применяемым для изготовления трикотажа, предъявляют более высокие требования, чем к нитям для изготовления тканей. Нити должны быть равномерными по крутке и толщине, прочности и удлинению при растяжении, не иметь дефектов на поверхности, таких как утолщения, узлы, соринки и другие, иначе может произойти поломка игл вязальных машин и возникнуть дефекты на полотне.

Подготовка текстильных нитей к вязанию включает следующие технологические операции:

- *перематывание* нитей на мотальных машинах с прядильных початков в бобины для увеличения длины нити и создания одинаковой плотности намотки. Параллельно проверяется качество нитей;
- *увлажнение* для улучшения вязальных свойств;
- *запаривание* применяется для искусственного шелка повышенных круток с целью снятия внутренних напряжений;
- *парафинирование* или *замасливание* в зависимости от вида волокон. Парафинируют хлопчатобумажную и шерстяную пряжу во время перемотки для придания ей гладкой поверхности, ровноты и снижения обрывности. Замасливанию специальными эмульсиями подвергаются смешанная пряжа и комплексные нити с целью снижения их электризуемости и придания гладкости. После изготовления трикотажа парафин и эмульсия должны быть полностью удалены из волокна, иначе это отразится на равномерном окрашивании трикотажа;
- *снование* осуществляется при производстве основовязаного трикотажа.

2. Вязание.

По способу вязания трикотажные полотна делят на поперечновязанные и основовязанные.

Процесс петлеобразования осуществляется на вязальных машинах с помощью вязальных *игл, платин, нитеводов* и *прессов*.

Наиболее распространены иглы следующих конструкций:

- *язычковые* (рис. 1.60 а) используются для изготовления поперечновязаного трикотажа;
- *крючковые* (рис. 1.60 б) – для изготовления основовязаного трикотажа.

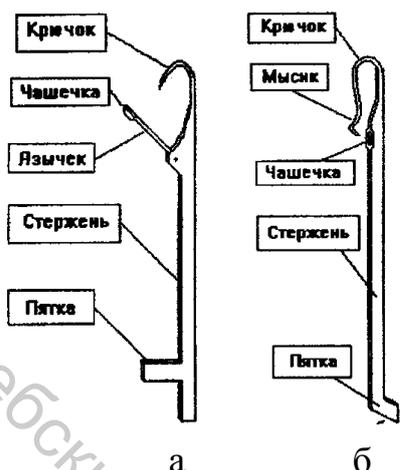


Рисунок 1.60 –
Вязальные иглы:
а – язычковые,
б – крючковые

Игла, имеет следующие элементы:

- стержень;
- крючок служит для захвата нити и вытягивания вновь образованной петли;
- язычок (у крючковой иглы роль язычка выполняет удлиненный пружинящий крючок) удерживает проложенную нить и облегчает соскальзывание старой петли с иглы;
- пятка предназначена для закрепления или перемещения иглы в пазах игольницы машины;
- чаша стержня имеется только на крючковых иглах и служит для помещения кончика крючка иглы во время петлеобразования.

Нитеводитель прокладывает нити на иглу. Представляет собой стальной плоский стержень с отверстием, через которое проходит нить. *Пластины* служат для изгибания нити в петлю, перемещения петель по стержню, сбрасывания и оттягивания готовых петель. Это тонкие стальные пластинки фигурной формы, расположенные между иглами. *Пресс* закрывает крючок иглы (в машинах с крючковыми иглами). Прессы различной формы устанавливают над иглами или перед ними.

Процесс петлеобразования (вязания) трикотажа состоит из следующих этапов:

- *заключение* – перемещение ранее образованных петель из-под крючков на стержни игл (рис. 1.61 а, б) при движении игл вверх;
- *прокладывание нити* на стержни игл с помощью нитеводителя для образования новых петель (рис. 1.61 в), осуществляется в момент перехода иглы из движения вверх (вперед) к движению вниз (назад);
- *вынесение* – перемещение нити со стержня игл под крючки;
- *прессование* – закрытие входа под крючки игл; при вязании язычковыми иглами это достигается тем, что при движении иглы вниз язычок иглы закрывается старой петлей; закрытие крючковой иглы осуществляется прессами (металлическая пластинка), в которые упирается «мысик» иглы (рис. 1.61 г);
- *нанесение* – операция перемещения старых петель на закрытые крючки игл (рис. 1.61 г);
- *соединение* – соприкосновение старых петель с нитями, расположенными под крючками;
- *кулирование* – изгибание нитей, находящихся под крючками игл, происходит под действием старых петель, сбрасываемых с крючков;
- *сбрасывание* – соскальзывание старых петель с крючков игл;

– *формирование* новых петель из нитей путем протягивания их через старые петли (рис. 1.61 д);

– *оттягивание* – заключается в повороте новых петель перпендикулярно стержням игл для того, чтобы они не мешали дальнейшему процессу петлеобразования.

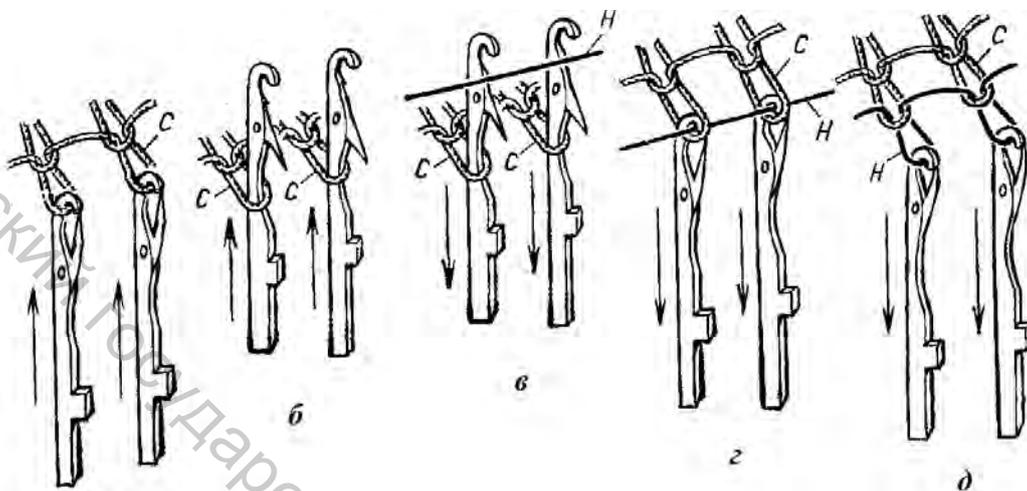


Рисунок 1.61 – Процесс петлеобразования поперечновязаного трикотажа: *Н* – новая нить, *С* – старая нить

Последовательность операций петлеобразования может отличаться: операция кулирования нити может выполняться после прокладывания нити при помощи платины (*трикотажный способ* петлеобразования) или перед сбрасыванием (*вязальный способ* петлеобразования). При вязальном способе петлеобразования операции сбрасывания, кулирования и формирования протекают одновременно. При трикотажном способе предварительное изгибание нити в петлю требует значительно времени (в некоторых случаях оно составляет половину цикла петлеобразования), при вязальном способе новая нить полностью изгибается при формировании. Длительность цикла петлеобразования сокращается. Вязальный способ как более производительный по сравнению с трикотажным получил широкое распространение.

Таким образом при формировании одного ряда петель при получении поперечновязаного трикотажа требуется одна нить, которая прокладывается на все крючки игл, установленных в игольнице машины.

При получении основовязаного трикотажа петлеобразование осуществляется по той же схеме, однако нить прокладывается нитеводителем на ограниченное количество игл, соблюдая очередность. Вначале на одну иглу, а затем, после образования петли, на другую иглу, расположенную в соседнем ряду. Затем нитеводитель возвращается и прокладывает нить на исходную иглу и так далее. Поэтому для того, чтобы получить основовязанный трикотаж требуемой ширины, уже необходима не одна нить, а столько, сколько петель уложится по ширине трикотажа.

3. Отделка.

Снятые с трикотажных машин полотна отделявают для улучшения их внешнего вида, придания им комплекса необходимых свойств.

Перед отделочными операциями полотно при необходимости подвергают *штопке*.

Полный цикл отделки включает следующие операции: замачивание, промывание, отваривание, беление, стабилизацию, крашение, печатание, аппретирование, ширение, декатировку, а также формование (готовых регулярных изделий). Отделочные процессы в трикотажном производстве аналогичны отделке тканей. Однако специфические свойства трикотажа (повышенная растяжимость, распускаемость и др.), обуславливают и особенности отделочных процессов. Отделочные операции обычно проводят при минимальных натяжениях трикотажа; желательно также обрабатывать полотна не жгутом, а в расправленном виде для предотвращения образования заломов и морщин. Внутренняя поверхность отделочного оборудования должна быть гладкой, чтобы не образовывались затяжки, обрывы нитей и спуски петель.

При предварительной отделке трикотажа – в процессах отваривания (бельевые полотна) или промывания (пестровязанные, полотна для верхних изделий) – с поверхности нитей удаляются замасливающие и парафинирующие составы, происходит релаксация напряжений, полученных нитями в процессе вязания. В результате тепловых, влажностных, химических и других воздействий нити в петлях приходят в равновесное состояние, происходят выравнивание петельной структуры полотна и его усадка.

Трикотажные полотна из синтетических нитей подвергают стабилизации, воздействуя на них горячим воздухом или насыщенным паром под давлением при температурах, близких к температуре плавления полимера. При такой обработке благодаря термопластичности волокон фиксируются форма петель и линейные размеры полотна, снимаются внутренние напряжения волокон, уменьшается сминаемость трикотажа и повышается его способность к окрашиванию.

Отделка ворсовых полотен, помимо беления, крашения, печатания, сушки, ворсования, включает такие операции, как стрижка для выравнивания длины ворса, полирование поверхности ворсового слоя, его выпрямление. При полировании ворсовый покров полотна приобретает блеск, объемность, ориентацию в определенном направлении.

Полотна из текстурированных нитей отделяют для придания им высокой объемности, эластичности, формоустойчивости, несминаемости. С этой целью их запаривают (что придает им объемность), промывают, сушат, стабилизируют, а потом красят. Для придания высокой стойкости к стирке и химчистке полотна аппретуют, а также проводят антистатическую обработку.

Полотна для защиты от атмосферной влаги, подвергают различным видам гидрофобной отделки; для несвойлачиваемой отделки шерстяных полотен используют специальные препараты, покрывающие чешуйчатую поверхность волокна пленкой.

Возможности трикотажного производства позволяют получать на вязальных машинах, кроме метражных полотен, и готовые изделия (чулочно-носочные, перчатки, варежки, береты, шарфы, платки и др.), кругловязанные трикотажные купоны, а также готовые детали изделий. После соединения (сшивания) этих деталей получают готовые изделия. Готовые или сшитые изделия подвергают дополнительной отделке – формованию, стабилизации, а некоторые из них – промывке, валке, печатанию и др. В каждом случае используют специальное оборудование, обеспечивающее получение в изделии необходимой формы с определенными свойствами. Окончательная влажно-тепловая обработка и формование готовых трикотажных изделий проводятся на паровоздушных манекенах, а также на специальных металлических формах, выполненных в соответствии с требуемой конфигурацией изделия и соответствующих по размерам стандартным величинам.

1.4.3 Вязанотканые полотна

Вязанотканые полотна получают сочетанием ткачества и трикотажного вязания. Такие полотна состоят из полосок ткани, между которыми располагаются петельные столбики, образованные нитями утка и соединяющие полоски ткани в единое полотно (рис. 1.62).

В связи с особенностями прокладывания нитей утка их расположение в структуре тканых полосок попарное. Так как значительную часть (76–85 %) вырабатываемого вязанотканого полотна составляет ткань, то оно обладает в основном свойствами тканей. Однако наличие петельных столбиков в структуре полотна повышает его растяжимость в поперечном направлении, улучшает проницаемость, придает мягкость и драпируемость.

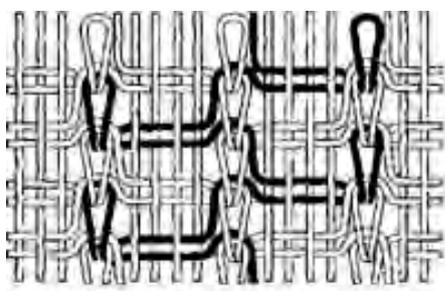


Рисунок 1.62 – Схема переплетения вязанотканого полотна

Характерная особенность внешнего вида вязанотканых полотен –

продольный рубчик, это несколько ограничивает ассортимент получаемых материалов.

1.5 Строение и производство нетканых полотен

1.5.1 Классификация и способы получения нетканых полотен

Неткаными полотнами называются текстильные материалы, структурные элементы которых скреплены различными способами.

В качестве структурных элементов, составляющих основу нетканого полотна, могут быть: волокна (натуральные и химические), текстильные нити, редкая ткань или трикотажное полотно. Возможно также использование не текстильных материалов, например полимерных пленок и сеток.

Нетканые полотна классифицируются:

1. **По способу получения** на полотна:

- механических способов производства (вязально-прошивного, иглопробивного, валяльного и др.);
- физико-химических способов производства (скрепление волокон клеями, термоскрепление, фильерный);
- комбинированных способов производства.

2. **По составу исходного сырья** на: однородные и смешанные.

3. **По сочетанию структурных элементов** на: однослойные, состоящие из одного материала (волокнистый холст, система нитей) и многослойные, состоящие из нескольких материалов (волокнистый холст+ткань, волокнистый холст + система нитей, система нитей + ткань и др.)

4. **По степени ориентации структурных элементов:**

- с хаотичной ориентацией (основа – волокнистый холст разных методов получения, способы скрепления – механический, физико-химические и комбинированные);
- частично-ориентированные (основа – волокнистый холст, полученный с кардочесальной машины, способы скрепления – механический, физико-химические и комбинированные);
- ориентированные (основа – нити, ткань, трикотаж, способ скрепления – механические, комбинированные).

Вырабатываются нетканые полотна толщиной 0,25–4,0 мм, шириной от 80 до 180 см, поверхностной плотностью от 200 до 800 г/м².

Свойства нетканых материалов зависят в основном от волокнистого состава и способа производства. Наибольшей прочностью характеризуются иглопробивные каркасные материалы. Прошивные нетканые материалы характеризуются большой анизотропией прочности и удлинений (по длине указанные показатели в 1–5 раз выше, чем по ширине). Клеевые нетканые материалы имеют более высокую разрывную

нагрузку, чем прошивные полотна, но более низкое сопротивление раздиру, особенно в увлажненном состоянии. Наибольшее сопротивление истиранию имеют клееные материалы. Усадка нетканых материалов составляет 4–7 %. Гигиенические свойства нетканых материалов зависят от способа производства и гидрофильности волокон. Худшими гигиеническими свойствами обладают клееные материалы.

Производство нетканых материалов складывается из трех этапов: подготовки основы (холста, системы нитей, ткани и т. п.), скрепления структурных элементов нетканого полотна, отделки.

1. Подготовительные операции.

Если основу нетканого материала составляет волокнистый холст, то его подготовка заключается в подборе смеси волокон и нитей, разрыхлении, смешивании, очистке и прочесывании волокнистой массы и формирования холста.

Применяют следующие способы формирования холста:

Механический. Холст формируется из прочеса после чесальных машин с помощью механических устройств. Кипы волокон разрыхляют, очищают от примесей, смешивают и подвергают чесанию волокон на кардочесальных машинах, получая ватку-прочес. Затем несколько элементарных холстов наслаивают друг на друга до определенной толщины для последующего их соединения. В зависимости от направления укладки прочесов различают холсты с разной ориентацией в них волокон: продольной, продольно-поперечной, диагональной. Все холсты с ориентированным расположением волокон имеют слоистую структуру.

Фильтрный способ. Расплав полимера продавливается через систему фильер. Полученные бесконечные волокна укладываются под вакуумом в хаотичном состоянии на решетчатый движущийся конвейер.

Аэродинамический. При данном способе волокна разрыхляются и перемешиваются струей воздуха в зоне холстообразования и осаждаются на поверхности перфорированного металлического барабана (конденсера) или транспортирующей ленты. Образовавшийся волокнистый холст затем упрессовывается валами до определенной толщины.

Гидравлический. Холст формируется из водной суспензии волокон. Волокна помещаются в воду, в которую добавляют клеящие вещества, в результате образуется суспензия требуемой концентрации. Под действием потоков воды, циркулирующей в ванне, волокна перемешиваются и оседают на специальную осадительную сетку. При достижении требуемой концентрации волокна и толщины холста на сетке её поднимают и снимают волокнистый холст для дальнейшей переработки. Процесс образования холста на сетке может быть как прерывистый, так и непрерывный.

Электростатический заключается в придании волокнам электрического заряда и притягивании их к поверхности зарядом противо-

положительного знака. Для этого волокна помещают в специальный металлический приемник (ящик), имеющий на дне отверстие. Под ящиком движется транспортерная лента конвейера. Между ящиком с волокном и транспортером создают электростатическое поле. Ящик заряжают (+) зарядом, а ленту конвейера (-) зарядом. Ящик с волокном приводят в движение – создают вибрацию. Волокна, заряжаясь (+) зарядом и под действием гравитационной и кулоновской силы, высыпаясь через отверстие и двигаясь вдоль силовых линий электростатического поля, оседают на транспортерной ленте до определенной толщины. Полученный холст прессуют и подвергают дальнейшей обработке.

При аэродинамическом, гидравлическом и электростатическом способах формирования получают бесслойные холсты с неориентированным, хаотическим расположением волокон. Характер расположения волокон в холсте определяет степень анизотропии физико-механических свойств нетканых полотен.

Если для производства, кроме волокон, применяют текстильные нити, ткани и трикотаж, то в этом случае их подготовка для производства нетканых полотен, направлена на то, чтобы придать им определенные технологические свойства: ткани очищают от сора, могут подвергать крашению, глажению, термоусадке и т. п.

2. Способы скрепления структурных элементов.

Для скрепления структурных элементов применяют механические, физико-химические и комбинированные способы (рис. 1.63).

Механические способы скрепления основаны на воздействии рабочих органов оборудования на обрабатываемый волокнистый материал. К механическим способам относятся вязально-прошивной, иглопробивной, газо- или гидроструйные, валяльные способы.

Волокнистый холст после его формирования представляет собой рыхлый материал с высокой пористостью, низкими средней поверхностной плотностью и прочностью при растяжении и сжатии. Это связано с тем, что расстояние между волокнами велико, а число механических связей (контактов) мало. Поэтому основная цель механического способа соединения волокон состоит в том, чтобы увеличить число связей между волокнами. Сближение волокон увеличивает число и площадь контактов, а также число механических связей между волокнами. Вследствие этого возрастает прочность волокнистого нетканого материала при его растяжении и сжатии. В результате сближения волокон уменьшается толщина и пористость, но увеличивается средняя плотность и поверхностная плотность материала.

Вязально-прошивной способ заключается в прошивании или провязывании волокнистой основы с помощью соединительных текстильных ниток на вязально-прошивной машине. Для провязывания основы нетканых полотен используют переплетения цепочка, трико, сукно, шарме, филейные, плюшевые, комбинированные.

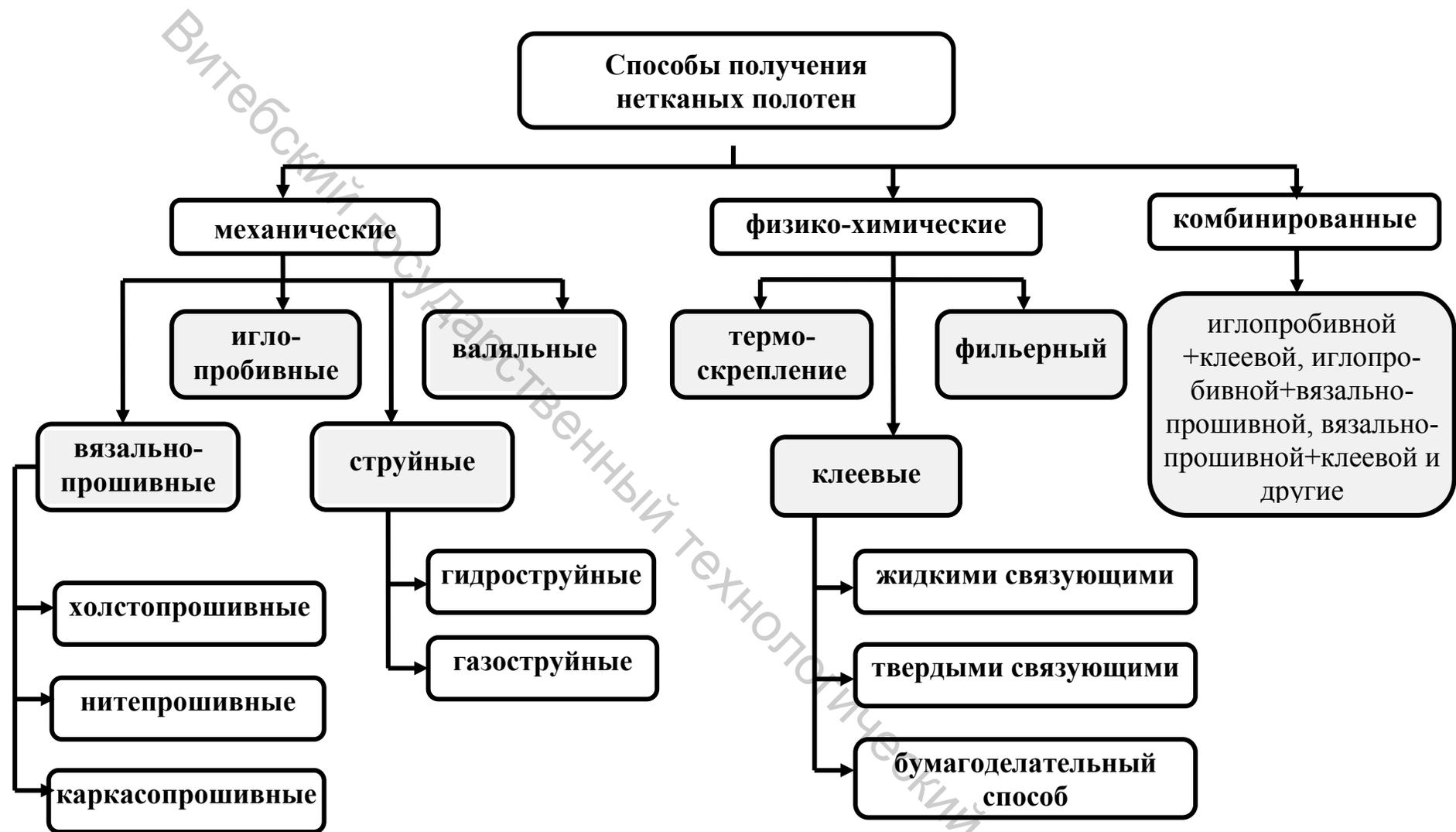


Рисунок 1.63 – Способы получения нетканых полотен

В зависимости от вида провязываемой основы различают холстопрошивные, нитепрошивные и каркасoproшивные полотна.

В *холстопрошивных* нетканых полотнах основой является волокнистый холст. Скрепление волокон в холсте происходит благодаря силам натяжения в соединительных швах при образовании стежка или петли. Чем выше сила натяжения, тем больше площадь контакта между волокнами.

Схема получения нетканого холстопрошивного полотна представлена на рисунке 1.64. Волокнистый холст 1 с помощью транспортера 7 подается в зону вязания. Пазовые иглы 5 прокалывают волокнистый холст снизу вверх и захватывают провязывающие нити 3 (преимущественно капроновые или хлопчатобумажные), которые подают проушины 4. Нити сматываются с навоя 2. При обратном ходе пазовые иглы протягивают нити через холст, образуя основовязаное переплетение. Готовое полотно наматывается на товарный валик 6.

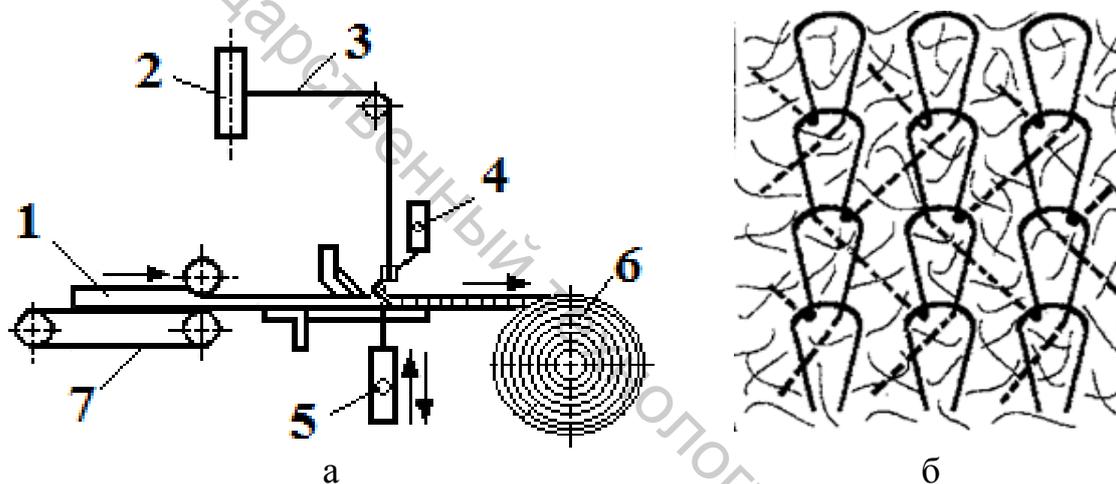


Рисунок 1.64 – Схема получения холстопрошивного нетканого материала (а) и его внешний вид (б)

Холстопрошивное полотно представляет собой холст, заключенный внутри редкого трикотажного переплетения, на лицевой стороне которого располагаются петельные столбики, а на изнаночной – зигзагообразные протяжки.

Структурным элементом *нитепрошивных* нетканых материалов является текстильная нить. Соединение систем нитей (поперечных 1 и продольных 2), уложенных параллельно или перпендикулярно друг другу (без их взаимного переплетения), происходит путем прошивания или провязывания соединительной нитью 3 с использованием переплетений трико, атлас и др.

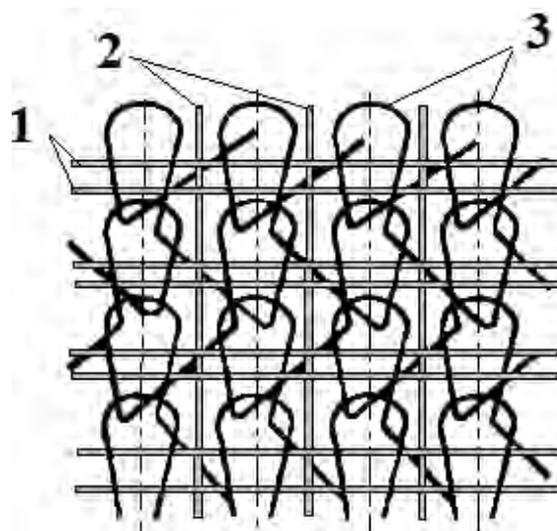


Рисунок 1.65 – Нитепрошивное нетканое полотно

Структурным элементом *тканепрошивных* нетканых материалов является редкая ткань или трикотаж, которые подвергаются дополнительному прошиванию (протягиванию) для придания им нужных свойств.

Иглопробивной способ получения нетканых материалов состоит в том, что сформированный волокнистый холст прокалывается (пробивается) специальными иглами, имеющими трехгранную, квадратную или ромбовидную форму лезвия, на ребрах которого расположены зазубрины. Волокнистый холст (рис. 1.66) подается с помощью транспортирующей ленты в зону иглопробивания между подвижной игольницей и неподвижной решеткой. Решетка имеет отверстия для прохождения игл и фиксирования положения холста при прокалывании. Иглы закреплены вертикально на игольной доске, совершающей движение вверх и вниз. Длина игл колеблется от 55 до 120 мм.

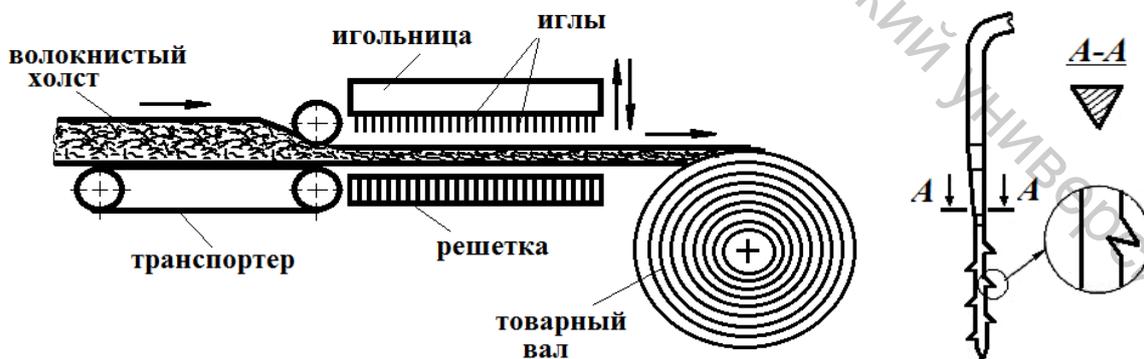


Рисунок 1.66 – Схема получения иглопробивного нетканого материала

При прокалывании холста иглы своими зазубринами захватывают пучки волокон, протаскивают их через толщину холста и перепутывают волокна в холсте между собой, тем самым осуществляя их скрепление.

Число проколов регулируется числом игл, приходящимся на единицу площади игольницы, скоростью движения холста и частотой колебания игольницы. Чем больше число проколов на единицу площади, тем выше степень сцепления волокон, тем плотнее и прочнее получается полотно.

Для улучшения свойств иглопробивные нетканые материалы подвергают специальной обработке (пропитке латексами, термообработке полотен, содержащих высокоусадочные или легкоплавкие волокна) или перед иглопрокалыванием холст дублируют с армирующим материалом (например, с тканью, пленкой, трикотажем и др.).

Модификациями иглопробивания являются *газо-* и *гидроструйные* способы, в которых сближение и перепутывание волокон происходит в результате действия на холст, расположенный на сетке конвейера, тонких воздушных или водных струй диаметром 0,25 мм. Сопла, через которые подается воздух или вода, расположены по ширине холста на расстоянии 3–4 мм друг от друга. Давление газа или жидкости в струе составляет 2–50 Мпа, скорость струй 15–30 м/с.

Способ *иглопротягивания* основан на соединении волокнистого холста самими волокнами. Это достигается благодаря применению язычковых игл, используемых при изготовлении трикотажа. Иглы закреплены в игольнице по всей ширине холста на определенном расстоянии друг от друга. Игольница расположена внизу холста и совершает в вертикальной плоскости возвратно-поступательные движения. При движении игольницы вверх каждая игла прокалывает холст по всей толщине, при движении вниз крючок иглы захватывает пучок волокон и язычок иглы закрывается. Игла протаскивает пучок волокон через холст и вытягивает его на определенную высоту, образуя петлю. Так как холст перемещается с определенной скоростью, при очередном движении игольницы вверх иглы прокалывают волокнистый холст в новом месте, при этом язычок иглы открывается образованной петлей. При движении игольницы вниз крючки игл захватывают новые пучки волокон, которые протягиваются во вновь образованные петли и вытягиваются, а образованная ранее петля сбрасывается в крючка иглы и т. д. На поверхности образуется переплетение типа глади.

Применение способов иглопробивания и иглопротягивания возможно в том случае, если длина волокон больше толщины волокнистого холста и при деформации волокон они не разрушаются.

Валяльный способ применяется для получения войлока и фетра. Он заключается в уплотнении волокнистой массы при совместном действии влаги, тепла и механической нагрузки.

Производство данных материалов основано на особенностях строения шерстяных волокон – чешуйчатой поверхности и извитости, что обеспечивает их способность к свойлачиванию. Имея чешуйчатую поверхность, шерсть может двигаться в волокнистой массе только в одном направлении. Учитывая это, сформированный волокнистый холст с

двух сторон обкладывают мокрой тканью и помещают между металлическими плитами, в которых имеются отверстия для подачи пара. Верхняя плита совершает возвратно-поступательные движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что приводит в движение волокна шерсти в холсте, а действие пара облегчает их перемещение и прессование (рис. 1.67).

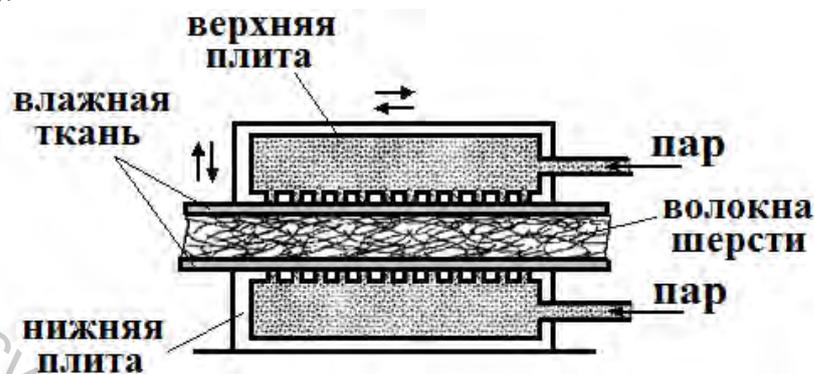


Рисунок 1.67 – Схема получения войлока

При производстве войлока к шерсти допускается добавлять не более 15 % химических волокон для повышения его эксплуатационных свойств. Более высокое содержание химических волокон приводит к их миграции из объема холста при эксплуатации войлочных изделий из-за низкого коэффициента трения химических волокон. При производстве фетра применяют тонкие пуховые и переходные шерстяные волокна, а при производстве войлока – грубые шерстяные волокна, в т. ч. шерсть, полученную после операций обезволаживания при производстве кож.

К **физико-химическим методам** скрепления структурных элементов относятся адгезионный и аутогезионный способы скрепления.

При **адгезионном (клеевом)** скреплении волокон используется химическое взаимодействие связующего (клеящего) вещества с активными группами полимерного вещества волокна.

В качестве связующих веществ используют полимеры: термопластичные (полиэтилен, поливинилацетат, полипропилен, полиуретан, производные целлюлозы и др.), терморезистивные (фенолформальдегидные, эпоксидные полиэфирные смолы) и на основе каучуков.

Различают склеивание жидкими и твердыми связующими.

Склеивание жидкими связующими заключается в пропитывании волокнистой массы с последующей просушкой холста и его термообработкой. Выделяют следующие способы пропитки холста:

- полное погружение холста в клеящий раствор с последующим отжимом – при этом связующее равномерно распределяется по всей основе с образованием максимального количества склеек между волокнами, что придает материалам повышенную жесткость (рис. 1.68);

- плюсование – холст пропускается между двумя валами машины, куда подается жидкое или вспененное связующее, что придает готовому

полотну повышенную упругость, пористость, воздухопроницаемость и уменьшает его поверхностную плотность;

– распыление связующего над движущимся холстом, с использованием вакуумного отсоса для более глубокого проникания его в структуру – этот способ обеспечивает уменьшение количества склеек и получение более мягкого полотна;

– печать – локальное нанесение загущенного связующего на холст по определенному рисунку в виде точек, колец, петель, ромбов и т. п., метод используют преимущественно для изготовления нетканых материалов малой поверхностной плотности порядка 20–40 г/м².

Выбор клеящего вещества для пропитки волокнистой массы определяется волокнистым составом холста и его назначением. Для получения нетканых полотен повышенной жесткости применяются клеи на основе поливинилацетата, фенолформальдегидных смол, для получения полотен малой жесткости применяют клеевые пропитки на основе натуральных и синтетических латексов.

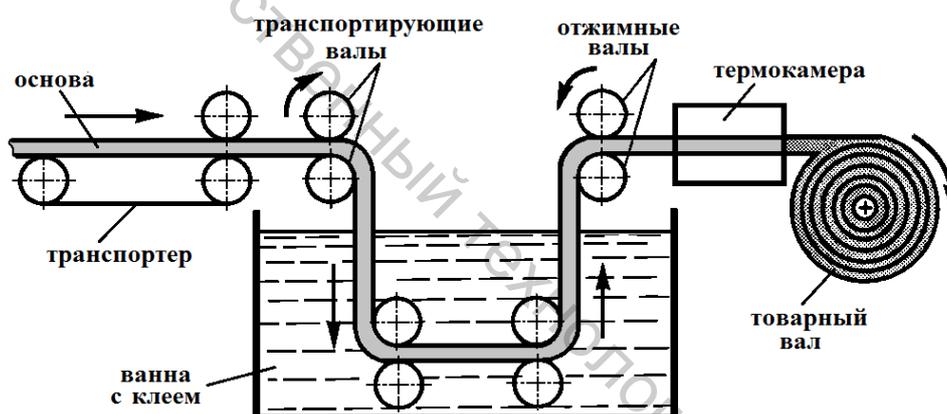


Рисунок 1.68 – Схема получения клеевых нетканых материалов

Склеивание твердыми связующими основано на скреплении волокон основы нетканого полотна термопластическими связующими при нагревании, которые вводятся в структуру основы на этапе подготовки волокнистой массы в виде порошка, легкоплавких волокон, комбинированных и бикомпонентных волокон, при формовании холста – в виде каркасных элементов (пленок, сеток, легкоплавких нитей).

Нагревание осуществляется по всей площади материала путем термопрессования или термоконтактной сварки, либо в отдельных местах материала с использованием электродов или гравировальных валов. При нагревании связующие полимеры расплавляются и образуют склейки между волокнами холста.

Бумагоделательный способ получения нетканых полотен основан на формовании волокнистого холста гидродинамическим способом из суспензии волокон, содержащей связующее. Технологический процесс состоит из операций подготовки суспензии волокон, отливки полотна на

бумагоделательной машине, обезвоживания, сушки и термообработки. Этот способ весьма перспективный, так как позволяет использовать любое сырье, короткие волокна (2–6 мм) и высокопроизводительное оборудование.

Аутогезионное соединение волокон и нитей в местах контактов происходит в условиях, обеспечивающих размягчение поверхностного слоя волокон и их слипание (сварку).

Осуществляется нагревом волокон и нитей в термокамерах или методом ТВЧ. При этом методе в состав волокнистого холста обязательно должны входить термопластичные волокна. При нагревании термопластичные волокна дают существенную усадку (термоусадку) по длине. Это приводит к тому, что нетканое полотно уплотняется, сокращается ширина полотна и уменьшается его толщина.

При переходе полимерного вещества волокна в вязкотекучее состояние в местах контакта между однородными термопластичными волокнами образуется аутогезионная связь, а между разнородными волокнами адгезионная связь.

Свойства нетканых полотен, полученных аутогезионным свойством, зависят от вида термопластичных волокон, их концентрации и равномерности распределения в холсте.

Наиболее перспективным физико-химическим способом получения нетканых материалов является *фильерный* способ – основан на скреплении химических волокон или нитей сразу после их формования из расплавов или растворов полимеров

Тонкие струйки полимера поступают из отверстий фильеры в обдувочную шахту, где при воздействии потока воздуха происходят вытягивание и затвердевание нитей. Из шахты нити подаются на транспортирующую ленту, где формуется волокнистый холст. Возможны два варианта формования холста: горячий и холодный. При горячем режиме нити в момент укладывания размягчены настолько, что в местах контактов возможно образование склеек вследствие аутогезии без введения связующего. Однако в этом случае механические свойства нитей весьма низкие, так как из-за слабой вытяжки и происходящей релаксации при укладывании структура волокон слабо ориентирована. При холодном формовании холста нити к моменту укладывания полностью затвердевают, поэтому для их скрепления вводят связующее, а затем проводят термофиксацию.

Комбинированные методы получения нетканых материалов сочетают в себе механические и физико-химические способы соединения структурных элементов: иглопробивной + клеевой, иглопробивной + вязально-прошивной и т. д.

К комбинированному способу можно отнести струйную обработку холста, содержащего легкоплавкие волокна или бикомпонентные волокна, горячим воздухом или водой. При этом происходит не только

перепутывание волокон холста, но и их термоскрепление.

3. **Отделка** нетканых материалов состоит в очистке, крашении, ворсовании, прессовании, каландровании, тиснении и других операциях, предназначенных для придания материалам соответствующих технологических и потребительских свойств.

1.5.2 Характеристики структуры нетканых полотен

Структура нетканых полотен характеризуется параметрами строения их основы (волокнистого холста, систем нитей, ткани, трикотажа и т. д.) и параметрами элементов скрепления (прошивок, склеек).

Структура волокнистого холста определяется:

1. Линейной плотностью волокон и нитей.
2. Степенью распрямленности и ориентации волокон и нитей в холсте (рис. 1.69).
3. Числом слоев прочесов.

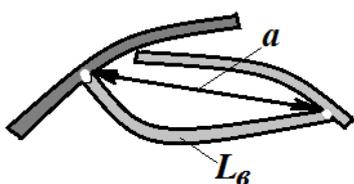


Рисунок 1.69 – Схема расположения волокон в холсте

Степень распрямленности волокон в холсте характеризуется коэффициентом изогнутости C , который представляет собой отношение истинной длины L_v волокна к расстоянию a между точками скрепления волокна или его концами

$$C = \frac{L_v}{a}. \quad (1.43)$$

Чем выше коэффициент изогнутости, тем больше деформационные свойства волокнистого нетканого полотна и наоборот.

Ориентация волокон в холсте оценивается углом наклона β волокна к продольному направлению холста. Волокнистый холст, сформированный с помощью кардочесальных машин, может иметь продольную, продольно-поперечную и диагональную ориентацию волокон и отличается анизотропией механических свойств. Для волокнистого холста, сформированного аэродинамическим, фильерным, частично гидравлическим способами, характерна хаотическая ориентация волокон и равномерность свойств.

Если в качестве основы нетканого полотна служат системы параллельных нитей, ткань или трикотаж, то характеристиками структуры этого полотна являются число нитей по длине и ширине, а также общепринятые характеристики структуры ткани и трикотажа.

Существенное влияние на характер структуры нетканого полотна оказывает способ скрепления элементов его основы.

При вязально-прошивном способе скрепления характеристики структуры прошивки аналогичны характеристикам структуры трикотажа:

– число петель по длине Π_d и ширине $\Pi_{ш}$ полотна на условной длине 50 мм;

– длина нити в петле l_n ;

– длина прошивной нити L , мм, на 1 м^2 полотна

$$L = 0,4 \Pi_d \cdot \Pi_{ш} \cdot l_n; \quad (1.44)$$

– уработка нити Y , %

$$Y = 100(L_1 - L_2) / L_2, \quad (1.45)$$

где L_1 – длина выпрямленной нити, мм; L_2 – длина участка полотна, из которого вынута нить, мм.

Структура иглопробивного полотна характеризуется числом проколов, приходящихся на 1 см^2 . Число проколов может колебаться в пределах 9–200 на 1 см^2 . Чем больше число проколов, тем ниже пористость и выше средняя плотность нетканого материала.

Структура нетканых полотен, полученных физико-химическими способами скрепления волокон в волокнистом холсте, характеризуется:

– числом склеек в объеме полотна;

– типом склейки;

– долей связующего в общей массе полотна;

– коэффициентом использования связующего.

Различают следующие типы склеек:

– контактные склейки (рис. 1.70 а) образуются прослойкой связующего между волокнами в местах их контакта. Характеризуются минимальными размерами и небольшой прочностью; возникают преимущественно при использовании в качестве связующего комбинированных и бикомпонентных волокон и при горячем формовании фильерного холста;

– склейки-муфты (рис. 1.70 б) образуют более прочное соединение, но менее подвижное, чем контактные, так как пленка связующего обволакивает волокна в местах пересечения. Эти склейки возникают при скреплении холстов жидкими и твердыми связующими;

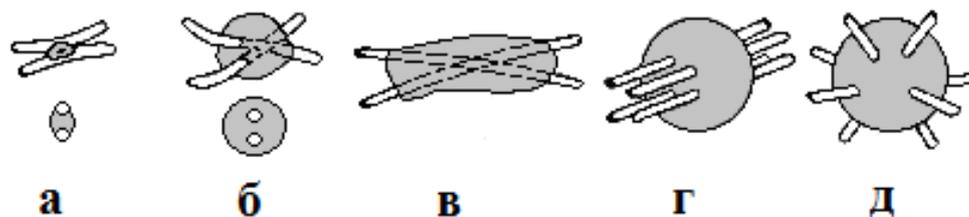


Рисунок 1.70 – Основные типы склеек: *а* – контактная, *б* – склейка-муфта, *в* – ламельная, *г*, *д* – агрегатная

– ламельные склейки в виде пластин (рис. 1.70 *в*) являются как бы увеличенными по длине волокон муфтами, они резко ограничивают подвижность волокон в соединении. Возникают преимущественно при использовании в качестве связующего латексов;

– агрегатные склейки скрепляют более двух волокон, расположенных параллельно (рис. 1.70 *г*) или хаотически (рис. 1.70 *д*). При параллельном расположении волокон конструкция склейки сочетает в себе контактную склейку и муфту, такая склейка обладает максимальной прочностью и минимальной подвижностью. При хаотическом расположении волокон прочность склейки немного ниже.

В нетканых полотнах могут встречаться одновременно склейки различных типов, доленое соотношение которых зависит от вида волокон, структуры холста, вида связующего и условий изготовления полотна. В зависимости от этого выделяют три основных типа структуры нетканых клееных материалов:

1. *Сегментная*, в которой основную долю составляют агрегатные и ламельные склейки, имеющие тенденцию к образованию непрерывной трехмерной сетчатой структуры внутри материала. В материалах сегментной структуры свойства определяются в большей степени свойствами связующего, чем свойствами волокон, подвижность которых крайне мала. Материалы отличаются жесткостью и малой проницаемостью.

2. *Агломератная* характеризуется наличием преимущественно склеек-муфт, а также случайными скоплениями связующего различной формы. По сравнению с сегментной структурой она более подвижная и менее жесткая.

3. *Точечная* содержит контактные склейки и склейки-муфты. В ней наиболее рационально распределяется связующее. Свойства нетканого полотна точечной структуры определяются свойствами составляющих волокон, характером их расположения и прочностью склеек. Такие полотна отличаются мягкостью, подвижностью, хорошей проницаемостью.

Содержание связующего в общей массе полотна определяется по формуле

$$M_{св} = \frac{m_{св}}{m} \cdot 100, \quad (1.46)$$

где $m_{св}$ – масса связующего; m – масса полотна.

Коэффициент использования связующего $K_{св}$ определяется как отношение массы $m_{скл}$ или объема $V_{скл}$ связующего в склейках к общей массе $m_{св}$ или объему $V_{св}$ связующего в полотне

$$K_{св} = \frac{m_{скл}}{m_{св}} = \frac{V_{скл}}{V_{св}}. \quad (1.47)$$

1.6 Искусственный мех

Искусственный мех – это текстильное изделие, которое по внешнему виду и свойствам напоминает натуральный мех.

В отличие от натурального меха имеет следующие преимущества:

- высокая устойчивость к свету, в т. ч. ультрафиолетовым лучам;
- низкая себестоимость;
- простота раскроя и пошива изделий.

Недостатки искусственного меха:

- скатываемость ворса;
- электризуемость, и, как следствие, быстрая загрязняемость;
- более низкие теплозащитные свойства в сравнении с натуральным мехом;
- невысокие гигиенические свойства.

Искусственный мех состоит из ворса и грунта.

Грунт является основой искусственного меха, в котором закрепляется различными способами ворс.

Ворс – волокнистый покров, который в зависимости от способа изготовления, вида применяемых волокон и нитей, назначения меха может быть однородным и неоднородным по длине и толщине волокон, по густоте их расположения. Высота ворса искусственного меха колеблется от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров.

В зависимости от структуры ворса различают искусственный мех:

- длинноворсовый (15–50 мм) с равномерным или неравномерным распределением ворса по поверхности;
- коротковорсовый (до 15 мм) с равномерным распределением ворса по всей поверхности, с ворсом однородной или неоднородной структуры (ость и подпушек разной длины);
- коротковорсовый с укладкой или тиснением ворса.

По способу получения различают искусственный мех: тканый, трикотажный, клеевой (накладной) и тканепрошивной (тафтинговый).

Тканый искусственный мех получают на ткацких станках, применяя два способа: двухполотенный саморезный и прутковый.

При двухполотенном способе ткуют одновременно два полотна (то есть используются две системы нитей основы и утка) полотняного или репсового переплетения, соединенных между собой уточной ворсовой нитью (рис. 1.71 а). На выходе из ткацкого станка ворсовая нить разрезается ножом, установленном на равном расстоянии от верхнего и нижнего полотна, образуя на поверхности ткани (грунта) ворсовую поверхность, которая затем расчесывается. В результате получается два полотна искусственного меха.

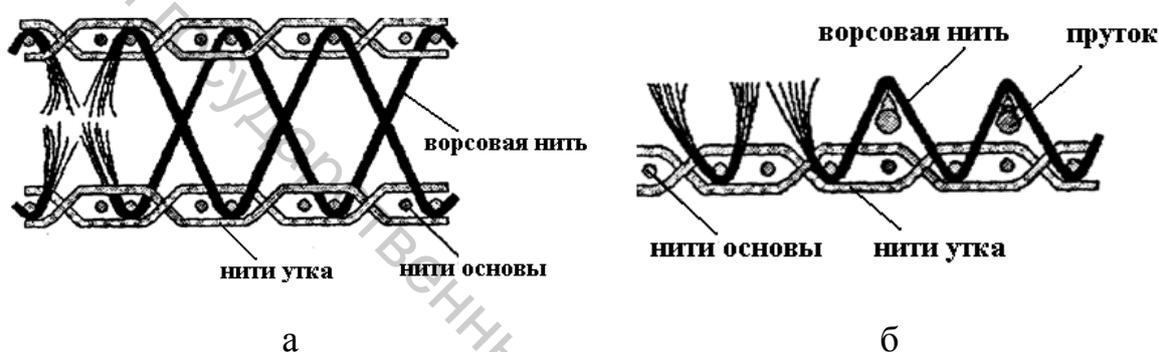


Рисунок 1.71 – Способы получения тканого искусственного меха: а – двухполотенный, б – прутковый

При прутковом способе получения используется одна система нитей основы и утка и ворсовая нить (рис. 1.71 б). При работе ткацкого станка в ткацкий зев пробрасываются металлические прутки, которые на концах заканчиваются режущей кромкой. Ворсовая нить, огибая пруток, образует петли, которые при обратном движении прутка разрезаются. После расчесывания эти нити образуют ворс.

Для получения грунта тканого меха применяют хлопчатобумажную крученую пряжу. В качестве ворсовой нити используют шерстяную пряжу или комплексные вискозные, капроновые, лавсановые, ацетатные нити, пряжу, содержащую волокна лавсана, нитрона, профилированные нити из разноусадочных волокон и др.

Тканый мех вырабатывается с высотой ворса 4–22 мм, поверхностной плотностью – 300–600 г/м². Выпускают его гладкокрашеным, напечатанным, с аэрографным крашением кончиков ворса, с устойчивой укладкой ворса, с водоотталкивающей отделкой. Для лучшего закрепления ворса грунт с изнаночной стороны покрывают тонким слоем латекса. Некоторые виды тканого меха дублируют поролоном.

Нетканый искусственный мех изготавливают в основном тканепрошивным способом и клеевым (накладным).

При изготовлении *тканепрошивного* (тафтингового) меха грунт

прошивают ворсовой нитью на тафтинг-машинах, с помощью крючка формируют петли требуемой длины с одновременным их разрезанием и последующим расчесыванием (рис.1.72 а).

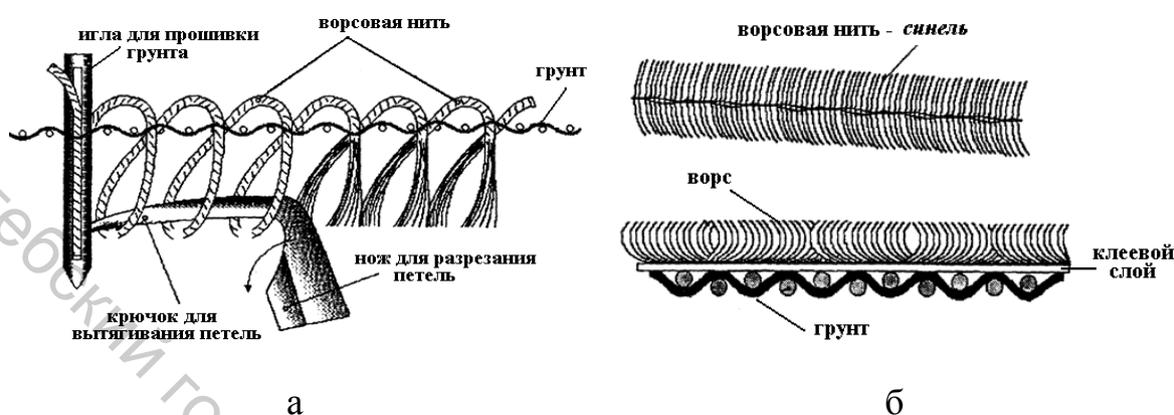


Рисунок 1.72 – Способы получения нетканого меха:
а – тканепрошивной, б – клеевой

В качестве ворсовой основы применяют натуральные, химические волокна, нити, пряжу и их смеси, в качестве каркаса – ткани и нетканые полотна из натуральных, химических волокон и нитей и их смесей с разрывной нагрузкой не менее 30 даН. Ворсовая нить с изнаночной стороны может быть закреплена латексными клеями.

Клеевой (накладной) искусственный мех с накладным ворсом, имитирующим каракуль или смушку, получают путем приклеивания ворсовой нити (синели) к грунту (хлопчатобумажной ткани) (рис. 1.72 б). Синель представляет собой пряжу, состоящую из двух хлопчатобумажных стержневых нитей, между которыми закреплена нагонная нить (капроновая, вискозная, лавсановая и др.) в виде отрезков определенной длины (10–22 мм). Перед выработкой искусственного меха синель завивают на завивочной машине, где в специальных трубах при высокой температуре (210 °С для капроновых, 280–300 °С для вискозных) синель получает извитую форму. На грунт наносят полиизобутиленовый клей. На специальной каракулеукладочной машине завитая синель в виде вальков размещается на укладочном столе, а затем перемещается и накладывается на ткань, покрытую полиизобутиленовым клеем. Таким образом получают искусственный каракуль.

Искусственный каракуль отличается плотными, упругими и нераскрывающимися вальками, уложенными по определенному рисунку, напоминающему рисунок натурального каракуля.

Смушка в отличие от каракуля вырабатывается из синели, не содержащей стержневых нитей. Перед укладыванием синели на проклеенную поверхность ткани её разрезают на небольшие отрезки и из отрезков удаляют стержневые нити. Извитые волокна, оставшиеся от нагонной нити синели, непосредственно приклеивают к грунту. В ре-

зультате смушка имеет рыхлый, мягкий волокнистый покров, состоящий из извитых волокон, без чёткого рисунка.

Искусственный каракуль и смушку вырабатывают серыми или окрашенными в чёрный или коричневый цвет. Поверхностная плотность составляет: смушки – 850 г/м², каракуля – 1100 г/м².

В настоящее время разработана технология производства искусственного меха с применением натуральных шерстяных волокон, полученных в результате стрижки овец, лам или коз. После стрижки руно предварительно обрабатывают (очистка, крашение и пр.), а затем приклеивают к грунту. В этом случае в качестве грунта могут использоваться не только текстильные материалы, но и кожа, полученная из шкур крупного и мелкого рогатого скота.

Трикотажный искусственный мех получают на кругловязальных машинах. Ворсовый покров может образовываться тремя способами:

- вязыванием в петли грунта пучка волокон из чесаной ленты (рис. 1.73 а);
- вязанием из нити на изнаночной стороне грунта удлиненных плюшевых петель, которые затем разрезают и расчесывают (рис. 1.73 б);
- с одновременным вязанием трикотажных полотен и последующим начесом ворса.

Первый способ является наиболее производительным.

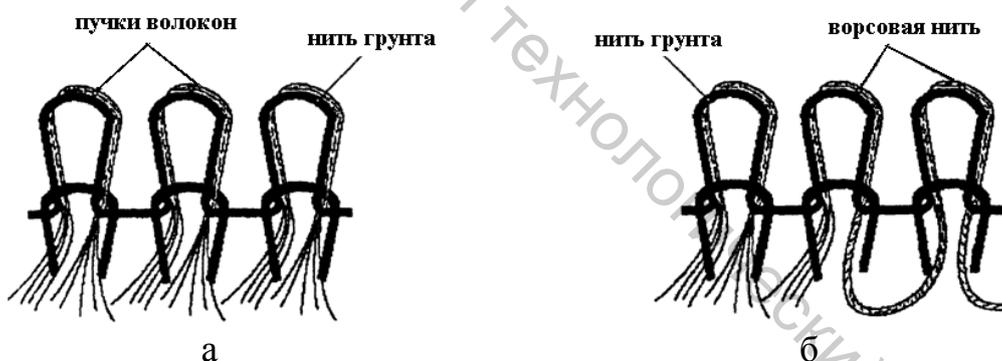


Рисунок 1.73 – Способы получения трикотажного меха:

а – вязыванием пучка волокон, б – вязанием из нити плюшевых петель

Трикотажный искусственный мех в основном имеет грунт из полиэфирных нитей, вырабатываемый переpleтением кулиарная гладь, и лавсановый ворс. Используется также искусственный мех с ворсом из шерстяных волокон и грунтом из хлопка, вискозы и лавсана. Для лучшего закрепления ворса меха грунт покрывают с изнаночной стороны тонким слоем латексной пленки.

Для лучшей имитации натурального меха в смесях для ворса применяют разноусадочные волокна (промытые и непромытые капроновые, нитроновые и вискозные волокна, волокна дайнель с орлоном и верелом и др.). При термической обработке одни волокна усаживаются в боль-

шей степени и образуют подпушек, другие почти не усаживаются, образуя ость. Для пуховой части ворса обычно используют тонкие волокна, для остевой – более толстые. Чтобы получить искусственный мех с однородной структурой ворса (типа котика), используют разноусадочные волокна одинаковой длины, а с неоднородной структурой ворса (типа норки, лисицы) – волокна, резко различающиеся по длине, толщине и цвету.

Рисунчатый мех получают на кругловязальных однофонтурных машинах с жаккардовым устройством. Жаккардовый механизм позволяет получать двух- и трёхцветные рисунки различной формы и вертикальные полосы с равномерной или различной плотностью ворса (мех под ягуара, под леопарда и др.).

Ворс несколько раз стригут на стригальной машине. Электрополировку ворса проводят для распрямления и полировки кончиков волокон и придания им устойчивости в вертикальном положении.

Свойства искусственного меха определяют большим числом показателей, относящихся отдельно к грунту, ворсу и ко всему материалу в целом.

Строение искусственного меха характеризуют следующими показателями:

1. **Высота ворса** – это разница между общей толщиной меха и толщиной грунта. От толщины меха зависят теплозащитные свойства меха. Угол наклона ворса колеблется от 20 до 85° и влияет на внешний вид, сминаемость и сваливаемость меха.

2. **Густота ворса** – количество ворса, приходящееся на 1 см² грунта. От густоты ворса зависят его сопротивление истиранию, сминаемость и теплозащитные свойства меха.

Густота ворса искусственного меха зависит от способа его получения. Наиболее густой ворс отмечается у меха, полученного двухполотенным и прутковым способами, наименьший – накладным способом.

На густоту влияет число элементарных волокон, входящих в ворсовую нить. Чем меньше толщина элементарного волокна, составляющего ворсовую нить, тем выше густота искусственного меха.

Для грунта определяют такие показатели, как плотность, толщина, разрывная нагрузка, удлинение и прочие. Толщина искусственного меха определяется видом грунта и колеблется от 0,5 до 1,5 мм.

Для ворса оценивают показатели сваливаемости и устойчивости ворса к истиранию на приборах для истирания тканей. Устойчивость меха к истиранию зависит от его волокнистого состава и прочности закрепления ворса в грунте.

С точки зрения экономичности и эксплуатационных свойств наиболее предпочтительным является искусственный мех на трикотажной основе. Трудоемкость производства тканого меха в 10 раз выше, чем нетканого, и в 4,8 раза выше, чем трикотажного. По теплозащитным

свойствам трикотажный мех превосходит тканый на 30 % и нетканый – в 2,5 раза. По устойчивости к истиранию трикотажный мех превосходит тканый в 3 раза, нетканый – в 10 раз.

В последние годы наиболее популярной разновидностью трикотажного меха является так называемый «шерстяной» мех.

Шерстяной мех – это мех с высоким содержанием натуральной овечьей шерсти. Для обувного меха оптимальным составом является 70–80 % шерсти и 20–30 % синтетических волокон, наличие которых позволяет сохранить все преимущества натурального волокна и сделать материал более износостойким. Шерстяной мех характеризуется высокими теплозащитными свойствами, долговечностью, обладает достаточной воздухо- и паропроницаемостью, при этом стопа «дышит» и в тоже время не происходит значительной потери тепла, не создает парникового эффекта в отличие от искусственного меха, имеет высокие показатели влагопоглощения и износостойкости. Сочетание синтетических и натуральных волокон не нарушает процессы терморегуляции человеческого организма, практически исключает накопление статического электричества и обеспечивает хорошую формоустойчивость в процессе носки.

2 ИСКУССТВЕННЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ КОЖИ, ПЛЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

2.1 Классификация и строение искусственных и синтетических мягких кож, пленочных материалов

Искусственные и синтетические мягкие кожи – это мягкие и тонкие кожеподобные композиционные полимерные материалы, применяемые вместо натуральной кожи для изготовления обуви, одежды, галантерейных и технических изделий.

В большинстве случаев представляют собой многослойную структуру, состоящую из волокнистой основы, полимерных синтетических пропиток и пленкообразующих покрытий. Поверхностная декоративная обработка позволяет наносить различные рисунки, узоры или тиснения и окрашивать в любой цвет. По внешнему виду кожзаменители могут копировать любые виды натуральных кож.

В отличие от натуральной кожи искусственные и синтетические кожи имеют ряд преимуществ:

- недифицитность сырья и невысокая стоимость;
- равномерность и стабильность свойств, что обеспечивает возможность автоматизации технологического процесса производства изделий, сокращения трудоемкости раскроя материалов и сборки деталей изделия;
- возможность применения перспективных способов обработки и сборки деталей (тепловой или высокочастотный нагрев, тиснение, сваривание и др.).

К недостаткам искусственных и синтетических кож относят не всегда удовлетворительный уровень механических свойств и в большинстве случаев низкие гигиенические свойства.

Искусственные и синтетические мягкие кожи классифицируют:

1. *По назначению* на: обувные, одежные, галантерейные, обивочные, технические, переплетные, столовую клеенку.
2. *По структуре* на: однослойные и многослойные.
3. *По типу основы* на: тканевой, трикотажной, нетканой, комбинированной основах.
4. *По типу полимерного покрытия* с: каучуковым, полиуретановым, поливинилхлоридным, полиамидным, нитроцеллюлозным, комбинированным покрытием.
5. *По условиям эксплуатации* на: обычные, морозостойкие, огнестойкие, кислото- и щелочестойкие, водостойкие, жиро- и маслостойкие, озоностойкие, бензостойкие, термостойкие и раздиростойкие, виброгасящие, шумозащитные, электропроводящие, антистатические и др.
6. *По фактуре лицевого слоя* искусственные кожи могут выпуск-

каться с гладкой, замшевидной, матовой, лакированной, тисненой, ко-
жеподобной и печатной поверхностью.

7. **По цвету** на: черные и цветные.

По строению искусственные и синтетические кожи подразделя-
ются на многослойные и однослойные (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Классификация искусственных и синтетических кож по структуре

Однослойные искусственные и синтетические кожи изготавливают из полимера с добавками различных веществ, в том числе волокон, либо из текстильного полотна с его последующей пропиткой полимерными веществами. В качестве наполнителя могут использоваться коллагеновые, целлюлозные и другие натуральные и химические волокна.

Структура однослойной искусственной кожи может быть:

- монолитная (пленочные материалы);
- пористая (полимерные материалы с системой замкнутых или взаимосвязанных пор);
- пористо-монолитная;
- волокнисто-наполненная (полимер+ волокно);
- волокнистая (нетканое полотно иглопробивного или вязально-прошивного способа получения с полимерной пропиткой);
- волокнисто-сетчатая (ткань, трикотаж с последующей пропиткой полимером).

Многослойные искусственные и синтетические кожи состоят из полимерного покрытия и основы. Основа обеспечивает необходимую прочность и растяжимость материала, а покрытие – его внешний вид и гигиенические свойства. Основа и покрытие также в свою очередь могут быть одно- и многослойными. Увеличение слоев кожи повышает ее прочность и жесткость, снижает растяжимость.

Сочетание полимерных покрытий различных типов и основ разных видов позволяет изготавливать многослойные искусственные кожи с разным строением.

В качестве основ искусственных и синтетических кож применяются:

- ткани;
- трикотаж;
- нетканые материалы;
- комбинированные материалы.

Большинство искусственных кож имеет основу из *тканей*. Чаще всего применяют хлопчатобумажные ткани, они обеспечивают высокую адгезию покрытия к основе, прочность, износостойкость и малую усадку. Существенными недостатками тканей как основ искусственных кож являются анизотропия их тягучести и малое удлинение по основе. Это затрудняет формование деталей из искусственных кож, а также снижает их устойчивость к многократному изгибу.

Большую роль играет способ переплетения и плотность ткани, от которых зависит гладкость ее поверхности. При недостаточно гладкой поверхности ткани необходимо наносить толстый слой покрытия, чтобы закрыть рисунок переплетения, а это приводит к излишнему расходу материала и снижению гигиенических свойств искусственной кожи.

В отличие от тканей *трикотаж* имеет высокие показатели растяжимости и упругости, способен легко формоваться. Однако формоустойчивость трикотажа недостаточна. Поэтому, искусственные кожи на трикотажной основе применяют для производства одежды, перчаток, нарядных сумок, поясов, эластичных голенищ сапожек.

Нетканые основы более растяжимы, чем ткани, имеют меньшую стоимость, широкое разнообразие видов. Некоторые виды нетканых материалов обладают меньшей анизотропностью, чем ткани.

В качестве основ применяют клеевые, нитепрошивные и иглопробивные нетканые полотна.

Клеевые нетканые полотна характеризуются высокой прочностью, эластичностью, не разломачиваются по краям в отличие от тканей. Однако, из-за повышенной жесткости, отсутствия воздухо- и паропроницаемости, низких сорбционных свойств сфера их применения ограничена отдельными видами искусственных кож для внутренних деталей обуви и кожгалантерейных изделий.

Нитепрошивные нетканые полотна по внешнему виду похожи на ткани, но имеют меньшую плотность и лучшие теплозащитные свойства. Их широко применяют при производстве кожгалантерейных искусственных кож.

Наиболее распространены в качестве основ нетканые иглопробивные полотна. Их можно вырабатывать, комбинируя различные виды натуральных, синтетических и искусственных волокон, что позволяет в широких пределах изменять физико-механические свойства материалов.

Применяют в основном вискозные, полиамидные, полиэфирные и пропиленовые волокна линейной плотностью 0,12–0,25 текс. Использование для получения основ тонких химических волокон, способных усаживаться при тепловом воздействии, позволяет получить основу с высокими показателями прочности и сопротивления многократному изгибу благодаря сравнительно высокой подвижности структурных элементов относительно друг друга.

Перспективно производство синтетические кожи на нетканой волокнистой основе, состоящей из смеси коллагеновых и небольшого количества химических волокон, проклеенных полиэфиуретановыми композициями или бутадиенстирольными и акрилонитрильными латексами. По своим физико-механическим свойствам такие искусственные кожи максимально приближены к натуральным кожам.

Комбинированные текстильные основы получают путем дублирования различных по строению текстильных материалов (например, нетканых полотен с тонкой тканью или трикотажем), применяя клеевой и иглопробивной способы соединения, что уменьшает растяжимость и увеличивает жесткость основ.

Пропитку основы и нанесение на нее полимерного покрытия осуществляют для придания искусственной коже кожеподобности, повышения прочности, эластичности и сопротивления многократному изгибу в результате более прочного соединения волокон. Для достижения требуемого уровня гигиенических свойств необходимо, чтобы полимер заполнил межволоконное пространство лишь частично, чтобы волокна могли взаимно перемещаться и пропускать пары воды. Такое частичное связывание волокон обеспечивает более высокую устойчивость к многократному изгибу и лучшие гигиенические свойства основы, чем сплошная сквозная пропитка.

По структуре полимерные покрытия могут быть монолитными, пористо-монолитными (лицевая пленка монолитная, промежуточная пористая) и пористыми (поры сообщающиеся и несообщающиеся).

Для покрытия или пропитки искусственных и синтетических мягких кож наиболее часто применяют растворы, водные дисперсии, пасты или пленки следующих полимеров:

- поливинилхлорида (ПВХ);
- полиамида (ПА);
- каучуков;
- полиуретана (ПУ).

Полиуретановые пропитки и покрытия обладают высокими показателями прочности, стойкости к многократным деформациям, сопротивления истиранию и раздиру, характеризуются хорошей адгезией к различным основам, высокой водо- и маслостойкостью, устойчивостью к действию растворителей и истиранию, отличными электроизоляционными свойствами и устойчивостью к атмосферным воздействиям.

Поливинилхлоридные покрытия и пропитки обладают высокой механической прочностью, химической стойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами, дешевы. В условиях эксплуатации ПВХ не обладает высокоэластическими свойствами и поэтому в таком состоянии при производстве искусственных кож не применяется. Способность к высокоэластическим деформациям ПВХ приобретает при добавлении к нему специальных низкомолекулярных веществ (пластификаторов), которые одновременно увеличивают пластичность полимера – образуются ПВХ-пластикаты и ПВХ пасты. Однако следует учитывать, что молекулы пластика могут мигрировать к поверхности материала и, тем самым, снижать его адгезию к некоторым видам клеев при клеевой сборке деталей. ПВХ не стоек к действию пониженных температур, поэтому добавление пластификаторов повышает его морозостойкость.

Растворами *полиамидов* пропитывают основы подкладочных искусственных кож и готовят из них отделочные покрытия. Пленки полиамидов отличаются высокой прочностью к истиранию и разрыву, эластичностью, устойчивы против плесени, бактерий, растительных и минеральных масел. К недостаткам смешанных полиамидов следует отнести малую устойчивость к действию света и неудовлетворительную адгезию к ПВХ и каучукам. Водно-спиртовые растворы смешанных полиамидов применяют для получения пористой искусственной кожи, обладающей повышенными гигиеническими свойствами (паро- и воздухопроницаемостью).

Каучуки и смеси каучуков со смолами применяют в качестве пленкообразующих лицевых покрытий для придания искусственным козам высокой морозо-, термостойкости и мягкости.

Помимо основного полимера в полимерные композиции для покрытий дополнительно вводятся:

– *пластификаторы* или *растворители* – вещества, которые взаимодействуя с полимером переводят его в состояние, удобное для проведения технологического процесса производства искусственных и синтетических кож – пасты и растворы. Пластификаторы имеют более высокую температуру кипения, чем растворители, и поэтому не удаляются из полимерной композиции после изготовления искусственной кожи. Растворители, имея низкую температуру кипения, после изготовления искусственных кож удаляются из полимерной композиции;

– *стабилизаторы* и *антистарители*, предназначенные для придания полимерному веществу требуемых технологических свойств при получении полимерного покрытия или пропитки, а также долговечности при эксплуатации искусственных и синтетических кож;

– *порообразователи* – твердые вещества (порошок марки ЧХЗ-18, ЧХЗ-24), которые в ходе технологической переработки при повышенных температурах разлагаются с выделением газа, образуя в структуре полимерного покрытия замкнутые или сообщающиеся поры;

- *мягчители* – вещества, снижающие температуру текучести полимера и облегчающие его переработку;
- *наполнители* – твердые, жидкие или газообразные вещества, применяемые для придания полимеру специальных свойств;
- *пигменты* и *красители* используются для придания материалу определенного цвета;
- другие ингредиенты, улучшающие свойства материалов.

Искусственные и синтетические кожи покрываются отделочными композициями. На лицевую поверхность полимерного покрытия наносится тонкий отделочный прозрачный или матовый пигментированный слой из полимерных материалов. Он непосредственно контактирует с внешней средой и должен обеспечить высокие эстетические свойства материала, быть водо- и термостойким, иметь высокую адгезию к лицевому покрытию, хорошо сопротивляться многократному изгибу.

Наиболее широко для отделочных покрытий применяют акрилаты – полимеры и сополимеры акриловой и метакриловой кислот, обычно в смеси с раствором ПВХ в циклогексаноне или полиметилметакрилата в этилацетате.

Для отделки искусственных кож с поливинилхлоридным покрытием используют спиртовые или спиртоводные полиамидные лаки.

Наиболее универсальны для создания отделочных композиций полиуретаны, имеющие высокую адгезию ко всем основным типам полимеров, используемых для покрытий. Полиуретановые лаки изменяют поверхностные свойства поливинилхлоридных и каучуковых покрытий, придают им большую кожеподобность, атмосферостойкость, лучшую ошупь (гриф). Использование полиэфируретанов для покрытий позволяет получить искусственную кожу очень прочную, стойкую к истиранию, многократному изгибу, эластичную при низких (до -50°C) температурах, устойчивую к действию растворителей и масел.

Полимерные пленки представляют собой тонкие гибкие слои полимерного вещества с толщиной до 0,5 мм. Характеризуются резкой разницей между массой и площадью.

Пленочные материалы получают из расплавов и растворов различных природных и синтетических полимеров, чаще всего из поливинилхлорида и полиэтилена. Используют в производстве обуви, кожгалантерейных изделий, одежды и изделий технического назначения взамен искусственной, натуральной кож и текстильных материалов.

Пленки характеризуются высокой гибкостью, эластичностью, практически не меняют свои линейные размеры в любых климатических условиях. В зависимости от вида полимера пленки могут быть влагостойкими, газонепроницаемыми, тепло- и химостойкими.

Материал пленок часто характеризуется высокой степенью кристалличности и ориентацией молекул в направлении вытяжки в процессе производства. Это придает плёночным материалам в направлении

вытяжки высокую прочность (на 50–300 % большую, чем у аморфных материалов на основе тех же полимеров). Такие анизотропные пленки при высоком пределе прочности на растяжение весьма чувствительны к поперечным надрывам. Образовавшаяся на краю пленки трещина легко распространяется дальше. Во избежание этого под пленочные материалы подклеивают иногда тканевые подложки, применяют также двухстороннее растяжение листа в перпендикулярных направлениях и дублирование, то есть склеивание пленки из ориентированных в разных направлениях листов. Ориентированные пленки проявляют нередко, особенно при нагреве, усадку и релаксируют, то есть частично или полностью переходят в аморфное состояние.

Полимерные пленки, как правило, хорошо свариваются, склеиваются, окрашиваются в различные цвета введением красителя на стадии синтеза полимера или переработки его в пленку. Пленки выпускаются гладкими, тисненными, с печатным рисунком. При тиснении часто получают имитацию поверхности ткани или кожи.

Характеристики строения искусственных кож и пленочных материалов. Основными характеристиками строения пленочных материалов, однослойных и многослойных искусственных и синтетических кож являются:

1. **Пористость, R , %.**

Пористость пленочных материалов колеблется от 0 до 95 %.

Пористость искусственных кож определяется видом полимерного покрытия и пропитки, строением полимерного покрытия и видом основы и изменяется в пределах 40–80 %.

2. **Средняя плотность, ρ , г/см³.**

Средняя плотность пленочных материалов зависит от вида полимера и состава ингредиентов полимерной смеси и изменяется в пределах от 0,02–1,4 г/см³. Средняя плотность искусственных кож колеблется в пределах 0,4–1 г/см³.

Для многослойных искусственных кож важное значение имеют:

– характеристики пористого полимерного покрытия – общая пористость, площадь удельной поверхности пор, размер пор, их конфигурация, структура пор (замкнутая или сообщающаяся);

– характеристики строения текстильной основы – линейная плотность, показатели заполнения.

Ориентация структурных элементов в мягких искусственных кожах зависит от вида основы, строения и способа получения полимерного покрытия.

2.2 Производство мягких искусственных и синтетических кож, пленочных материалов

В производстве искусственных (ИК) и синтетических (СК) кож выделяют три группы процессов:

- подготовку волокнистых основ, пропиточных и отделочных композиций;
- пропитку основ и нанесение лицевого покрытия;
- отделку материалов.

1. Подготовительный этап.

Подготовка основы состоит из операций стрижки, чистки, крашения, термоусадки (сушки) (в зависимости от вида текстильной основы и ее волокнистого состава) и аппретирования основы полимерными веществами для придания ей требуемых технологических (адгезионных) и потребительских свойств.

Подготовка полимерного вещества состоит в переводе его из твердого состояния в вязкотекучее в основном путем растворения или нагрева, а иногда в пасту – путем смешения с пластификатором, с последующим добавлением красителей, пигментов, наполнителей и других ингредиентов, придающих полимерному веществу требуемые технологические свойства. Полученная полимерная смесь тщательно перемешивается до однородной консистенции с целью равномерного распределения введенных ингредиентов по всему объему. Процесс перемешивания проводят с использованием специальных агрегатов – вальцы, мешалки, экструдеры и другие устройства.

В ряде случаев при изготовлении многослойных мягких искусственных кож предварительное получение полимерного покрытия также относится к подготовительным операциям.

2. Способы получения искусственных кож.

Мягкие искусственные и синтетические кожи получают обработкой текстильных основ полимерными композициями – расплавами, пластизолями (или пастами – дисперсиями полимеров в пластификаторах), растворами, дисперсиями. Полимерная композиция может проникать на всю толщину основы или образовывать только поверхностный слой.

Основными технологическими операциями производства многослойных искусственных кож являются соединение полимерного покрытия с основой и вспенивание полимерного слоя. Последнюю операцию осуществляют при формировании пористого покрытия или одного из слоев (внутреннего) многослойного пористо-монолитного покрытия.

Применяют следующие *способы порообразования*: механическое вспенивание, химическое вспенивание путем термического разложения порообразователя, вымывание водорастворимых солей, фазовое разделение растворов полимеров, спекание порошкообразных полимеров,

перфорирование. В зависимости от выбранного способа порообразования может быть получена различная структура пор: замкнутая – ячеистая с закрытой системой пор, губчатая – с открытыми сообщающимися порами, и сочетающая в себе закрытые и открытые поры различных форм, размеров и т. п.

Порообразование полимерного покрытия проводят, как правило, после соединения с волокнистой основой во избежание коробления полимерной пленки при термообработке, а также повреждения пористой структуры пленки при её дублировании с основой под давлением.

Классификация основных методов получения искусственных кож в зависимости от их строения, вида применяемого полимерного покрытия и пропитки, представлена на рисунке 2.2. К ним относятся: каландровый, наносной, каширования, ламинирования, пропитки.

Кроме того, широко применяют методы, сочетающие сквозное пропитывание с нанесением поверхностного полимерного слоя, методы, представляющие комбинацию основных, например, каландрового с наносным и др.

Каландровый способ используется в производстве искусственных кож на тканевой основе с ПВХ покрытием в виде пленки.

Состоит в том, что полимерная масса, предварительно подготовленная и разогретая, поступает на каландры, представляющие собой параллельно расположенные и вращающиеся навстречу друг другу металлические валы, нагретые до температуры 140–190 °С, на которых происходит процесс пленкообразования полимерного покрытия. Полученная пленка, определенной ширины и толщины, дублируется с текстильной основой между нижним валком каландра и прижимным валком при давлении 0,3–0,5 МПа (рис. 2.2).

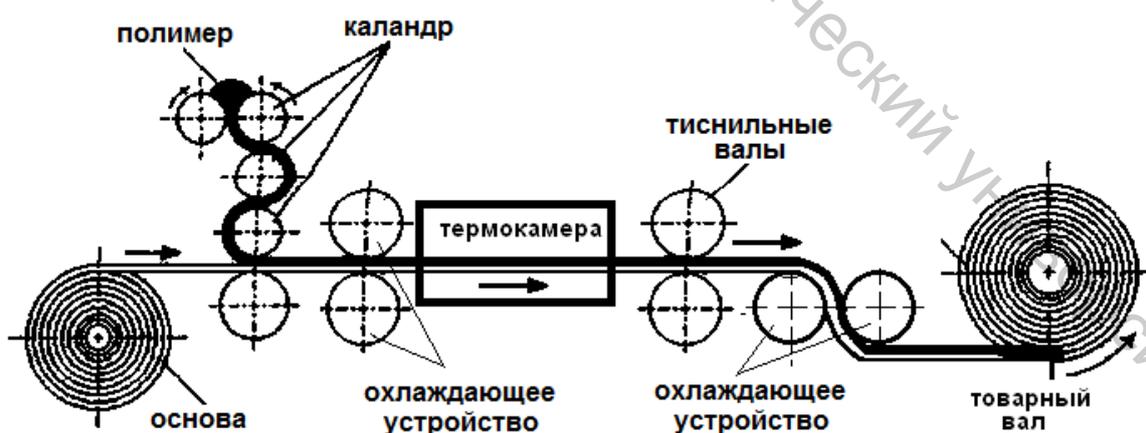


Рисунок 2.2 – Схема производства искусственной кожи каландровым способом

Расположение валков на каландре может быть: вертикальным, горизонтальным, S-, Г- или L-образным. Число валков – от 3 до 5.

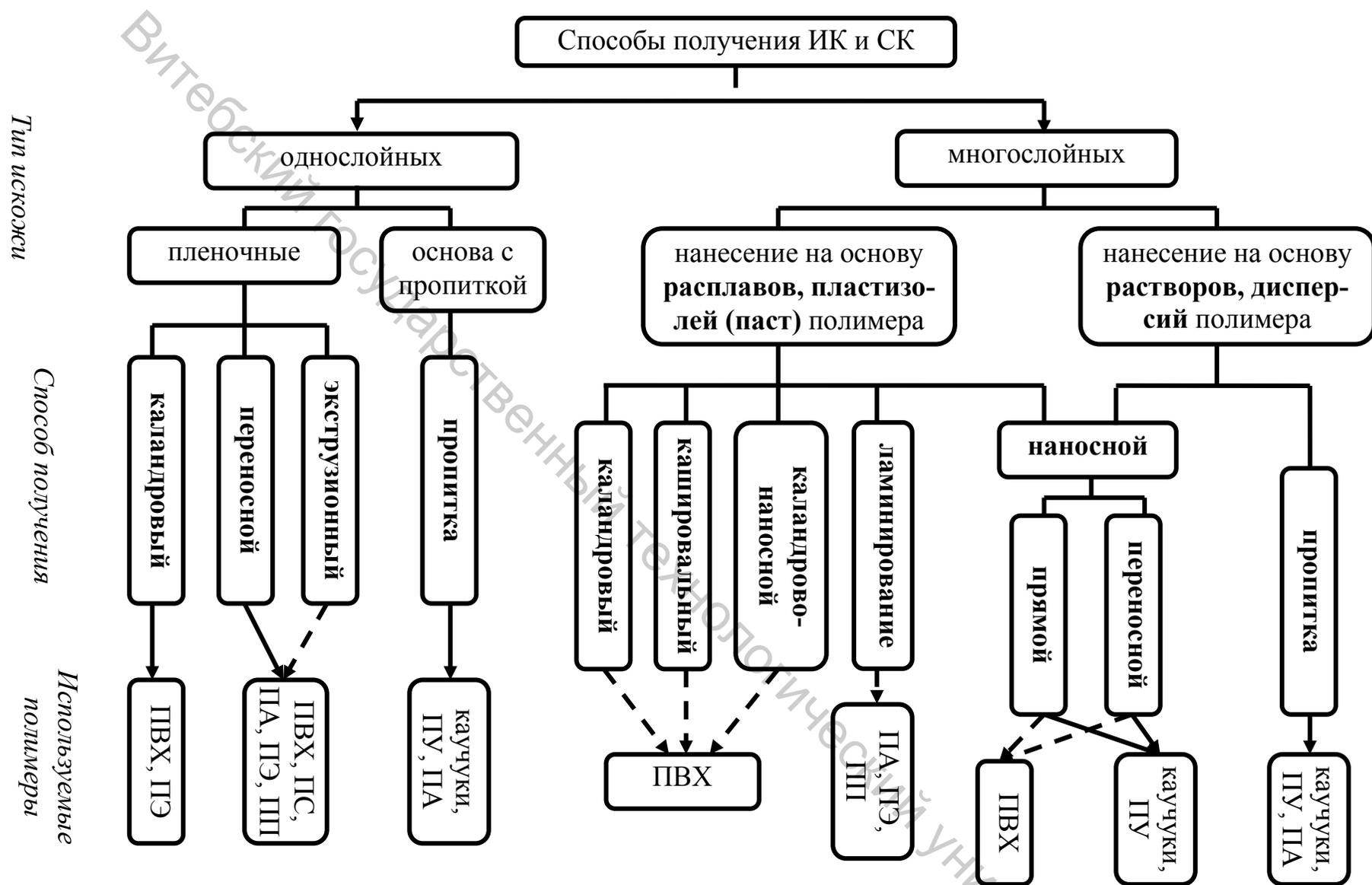


Рисунок 2.3 – Классификация способов получения мягких искусственных и синтетических кож

Температура валков каландра и частота их вращения зависят от состава полимерной композиции.

Каландры могут работать с разной или одинаковой скоростью вращения валков. При одинаковой частоте вращения среднего и нижнего валков каландра основа обкладывается пластикатом – смесь накладывается на ткань и слегка вдавливаются в нее. В этом случае сцепление пленки с тканью недостаточно, при изгибах пленка может растрескиваться и отслаиваться. Таким методом получают лишь галантерейные и одежные искусственные кожи. При разной скорости вращения валков (средний вращается быстрее) происходит сильное втирание смеси в ткань и хорошее сцепление пленки с тканью. Но параллельно происходит сильная вытяжка и разрежение ткани.

Полученный материал проходит узел охлаждения и намоточное устройство, затем подается на конвейер многозональной термокамеры, где температура возрастает от 50 до 250 °С и происходит желирование (образование из смеси пластификатора и порошкообразного ПВХ пластифицированного материала – пластика) и порообразование, тиснится, охлаждается и сматывается в рулон.

При **кашировальном** способе (рис. 2.4) искусственную кожу получают на кашировальной машине, представляющей собой многовалковый агрегат с двумя или тремя валками, имеющими, в отличие от каландров, различный диаметр. Полимерная композиция поступает между плавильными валками, имеющими одинаковую температуру (160–190 °С), но разную частоту вращения, где формируется в виде пленки, а затем дублируется с основой между плавильным и прижимным валками. Основное преимущество кашировального способа по сравнению с каландровым – получение малоориентированных полимерных покрытий с лучшими механическими свойствами. Этим способом получают в основном искусственные кожи с монолитным полимерным слоем: прокладочные и некоторые виды одежных искусственных кож с ПВХ покрытием.



Рисунок 2.4 – Схема производства искусственной кожи кашировальным способом

При производстве искусственных кож каландровым и кашировальным способами используются тканевые основы с высокими значениями поверхностного заполнения (E_s). При малых значениях данного показателя (30–60 %) может возникнуть вылегание рисунка основы на лицевой стороне искусственной кожи. Если текстильные основы имеют малые значения E_s для избежания указанного дефекта увеличивают толщину полимерного покрытия или увеличивают вязкость пластиката.

Наносной способ используется для получения на основах покрытий из ПВХ-паст (пластизолей), водных (латексных) дисперсий, растворов каучуков (эластоискож) и т. п.

Подразделяется на прямой и обратный (переносной) способы.

При **прямом наносном** способе полимерное покрытие в виде пасты или раствора наносится непосредственно на основу при помощи специального наносного устройства (чаще всего ракеля, или вращающегося вала), определяющего толщину полимерного покрытия (рис. 2.5).

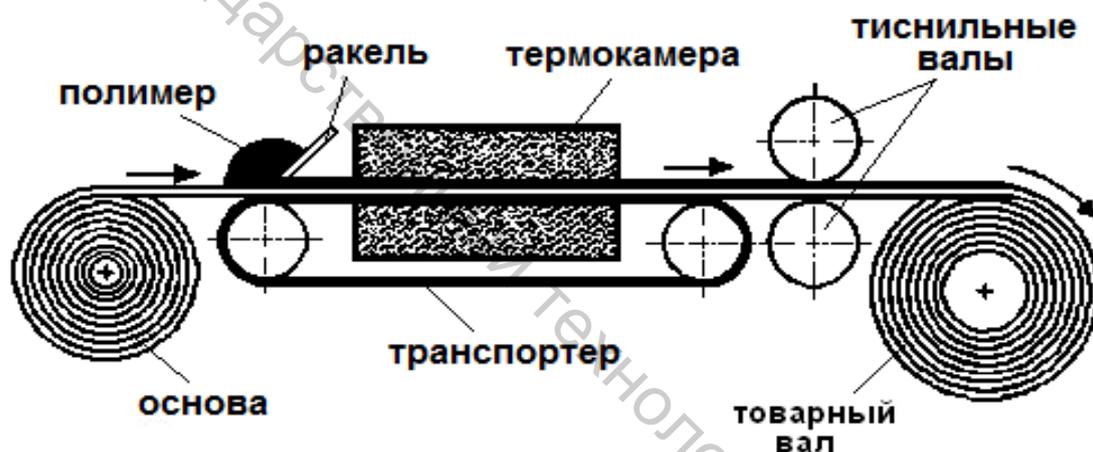


Рисунок 2.5 – Схема производства искусственной кожи прямым наносным способом

Основа помещается на конвейер, над которым на всю ширину установлен стальной нож (ракель), угол наклона которого и зазор между ним и основой регулируются. Наносимая масса непрерывно подается на основу перед ракелем. Во время прохождения основы под ракелем на ней остается слой массы определенной толщины.

Процесс пленкообразования полимерного покрытия происходит непосредственно на основе при прохождении ею термокамеры.

Если необходимо получить пористо-монолитное покрытие, то вначале на основу наносят слой полимера с порообразователями, в термокамере проводят частичное желирование пасты при небольшом порообразовании, затем наносят монолитный слой покрытия и во второй термокамере при более высоких температурах осуществляют полное желирование обоих слоев и завершение процесса порообразования в первом слое. Затем материал тиснят, охлаждают и сматывают в рулон.

Как и при каландровом способе если в качестве основы выступает ткань, то материал должен иметь достаточно высокие значения E_s , иначе полимерное вещество может проникнуть через структурные элементы материала, пропитывая его по всей толщине, и выходить на изнаночную сторону искусственной кожи, что снижает качество и внешний вид материала.

При **переносном (обратном)** способе полимерное покрытие требуемого состава и строения предварительно получают на специальной подложке (бумажной, тканевой или металлической ленте), а затем дублируют его с основой. Образованное покрытие сохраняет высокую пористость, почти не проникает в основу и обеспечивает мягкость материала. В качестве подложки наиболее часто применяют бумагу с одно- или двусторонней пропиткой гидрофильными веществами с лицевой пленкой из силикона, играющей роль разделительной поверхности. Бумага для подложки может иметь гладкую или тисненную поверхность. Наличие на поверхности подложки рельефного тиснения, дающего отпечаток на лицевой стороне покрытия, позволяет отказаться от процесса тиснения.

При получении пористо-монолитного покрытия составляющие слои покрытия наносят в обратном порядке – вначале непористый слой, а затем пористый. Поэтому переносной способ и называют обратным.

Данный способ широко применяется для получения искусственных и синтетических кож, у которых основа отличается высокими деформационными свойствами и имеет малые значения E_s – трикотажные и нетканые полотна. По сравнению с каландровым способом переносной менее энергоемок, требует более дешевого оборудования и позволяет производить более мягкие материалы.

Способ **ламинирования** используют для производства искусственных кож на текстильной основе с полимерными покрытиями на основе термопластов. Осуществляется на экструзионно-ламинирующих установках (рис. 2.6).

Ламинатор представляет собой два вала, один из которых большего диаметра, металлический полированный, а второй – обрешиненный прижимной. Валки охлаждаются изнутри проточной водой. Резиновая поверхность прижимного вала охлаждается холодным контактным валом.

При работе установки из экструдера через щелевую головку на основу поступает расплав полимера в виде непрерывной и откалиброванной по толщине и ширине пленки. Пленка дублируется с основой в зазоре металлического и обрешиненного валков ламинатора, после чего материал сматывается в рулон.



Рисунок 2.6 – Схема производства искусственной кожи способом ламинирования

Каландрово-наносной способ применяют для получения искусственных кож на тканевой основе с пористо-монокристаллическим ПВХ-покрытием. В этом случае при формировании составляющих слоев полимерного покрытия используют разное оборудование: слой, содержащий порообразователь, наносят на основу на каландре, а монокристаллический слой – наносным способом. По показателям физико-механических свойств искусственные кожи, полученные таким способом, приближаются к материалам, полученным путем каландрования.

Способ пропитки применяется в тех случаях, когда искусственная кожа представляет собой текстильное полотно, пропитанное полимером. В качестве пропитывающих композиций применяют растворы полиэфируретанов, полиамидов, каучуков, а также латексы.

Сквозную пропитку текстильных материалов производят с помощью металлической ванны, заполненной полимерным раствором или водными дисперсиями проклеивающих веществ (латексов) (рис. 2.7).

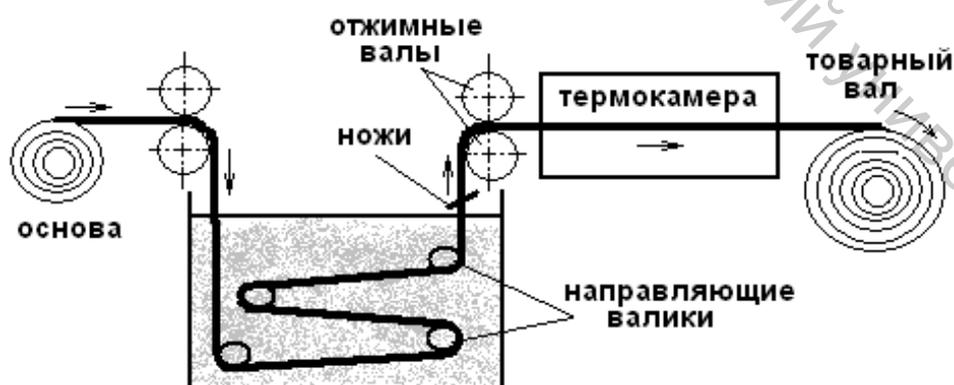


Рисунок 2.7 – Схема производства искусственных кож методом пропитки

При выходе из пропитывающего раствора с поверхности текстильного материала ножами снимается избыток нанесенного раствора. Пропитанная ткань отжимается на валиках и направляется для сушки при повышенной температуре.

Эффект, достигаемый при сквозной пропитке, определяется глубиной проникания пропиточного раствора в ткань и количеством поглощенных тканью пропитывающих веществ. Степень пропитки зависит от концентрации, вязкости и температуры пропиточного раствора, продолжительности пропитки, плотности ткани и других факторов.

Пропитка или промазка основ искусственных кож растворами или пастами полимерных композиций может являться также одним из этапов производства многослойных мягких искусственных кож.

Для изготовления пленочных материалов и однослойных искусственных кож, представляющих собой полимерную матрицу с добавлением волокон, применяют каландровый и переносной способы, а также способ *экструзии*.

Экструзионными методами перерабатывают термопластичные полимеры, которые при нагревании переходят в вязкотекучее состояние и у которых температурный интервал между температурами плавления и разложения достаточно широк: полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), пластифицированный поливинилхлорид (ПВХ), полистирол (ПС), полиамид (ПА), полиэфиры и др.

Формование полимерных пленок этим методом осуществляется с помощью экструдеров различного типа (чаще всего червячных), в которых загруженный твердый термопластичный материал нагревается, расплавляется и под давлением поступает в формующую головку.

Различают два основных метода экструзии:

- экструзионно-раздувной (рукавный) метод;
- метод плоскощелевой экструзии.

При *экструзионно-раздувном* методе расплав полимера продавливается через кольцевую формующую головку экструдера в виде цилиндра (рис. 2.8). Поступающий в головку экструдера сжатый воздух раздувает цилиндр в рукав до требуемого диаметра и толщины, с его одновременным охлаждением (обычно холодным воздухом). Полученный рукав складывается специальным устройством и транспортируется на товарный вал. Полученный рукав может разрезаться с образованием двух полотен плоской пленки.

Рукавный метод применяется преимущественно для получения пленок из полиэтилена и реже для других полиолефинов.

Преимущества метода: экономичность и высокая производительность, универсальность, возможность простого регулирования толщины и степени ориентации получаемой пленки, отсутствие отходов, получение пленок значительной ширины (до 24 м).

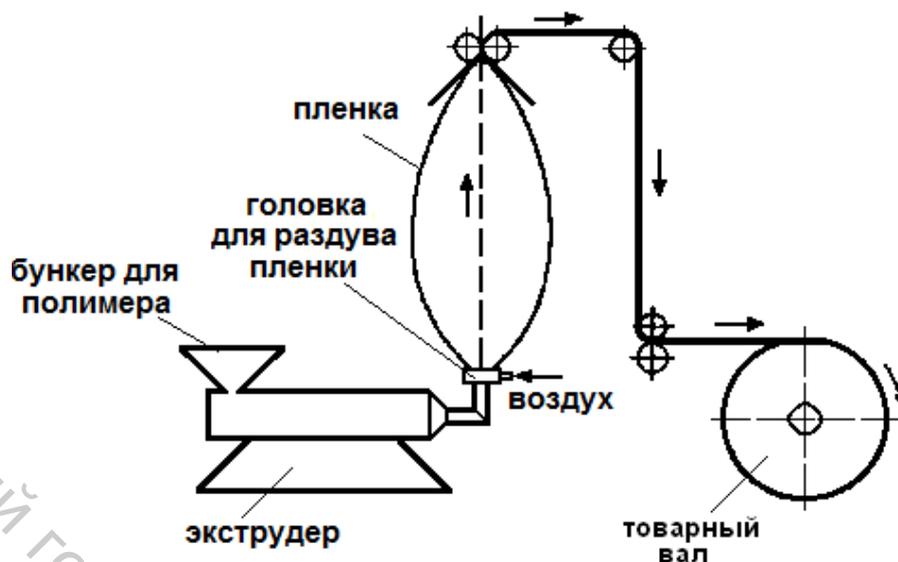


Рисунок 2.8 – Схема получения пленок экструзионно-раздувным методом

Плоские пленки получают методом *плоскощелевой экструзии* путем непрерывного продавливания расплава полимера через широкую плоскую щель формующей головки с последующим быстрым охлаждением полученного непрерывного плоского полотна пленки в ванне с жидкостью, либо на поверхности вращающегося охлаждаемого барабана или валков. Этот метод позволяет получить высококачественные прозрачные и глянцевые пленки. Наиболее применим для получения пленок из ПВХ и полипропилена.

Этим методом можно получить пленки большой толщины (около 0,5 мм), чего не удастся достичь рукавным методом. Однако ширина получаемых материалов не превышает 3 м.

Пористые (газонаполненные) полимерные пленки на основе полиэтилена, полистирола, пластифицированного ПВХ и его смесей с синтетическими каучуками, получают путем обычной экструзии газонаполненных материалов с формированием пленочного полотна в головке экструдера. При этом могут быть получены пленки с различным соотношением открытых и замкнутых пор, что определяется типом используемого порообразователя и режимом переработки.

Полимерную композицию для получения пористых пленок чаще всего готовят непосредственно в экструдере смешиванием гранул (или порошка) матричного полимера с газообразующими добавками. Основным технологическим условием, обеспечивающим получение высококачественных пористых пленок, является необходимость разложения газообразователя после того, как полимер расплавится. При этом давление образующегося газа должно быть ниже максимального давления, развивающегося у входа в формующую головку экструдера. Вспенивание происходит сразу же после выхода расплава из головки и сопро-

вождается резким понижением температуры перерабатываемой массы. Затем осуществляется растяжение полотна по схеме, обычной для получения пленочного рукава.

Способом *соэкструзии* различных полимеров получают *многослойные пленки* – композиты, в которых два или несколько слоев различных пленок настолько плотно контактируют друг с другом, что образуют практически единый материал. Это позволяет эффективно сочетать положительные свойства различных слоев, например один слой обеспечивает высокую прочность материалу, а второй – высокие эстетические характеристики или стойкость к действию агрессивных сред. Процесс соэкструзии одностадийный, совмещение слоев различных полимеров может производиться тремя способами: перед экструзионной формующей головкой, непосредственно в самой головке либо после выхода из головки. Наиболее часто используется способ совмещения слоев путем пластификации каждого материала в своем экструдере с соединением слоев сваркой расплавленных масс в головке по схеме «два экструдера в одну головку». Схема «два экструдера – две головки» предусматривает соединение пленок после выхода из формующих головок на оборудовании валкового типа.

Основными требованиями, предъявляемыми процессом соэкструзии к выбору исходных компонентов являются:

- все компоненты обязательно должны находиться в состоянии расплава;

- компоненты должны быть близки по вязкости, что достигается варьированием температуры или молекулярной массы полимеров;

- температура расплава одного полимера не должна превышать температуру деструкции (разложения) другого.

Часто используются комбинированные способы производства искусственных кож: пропиточно-наносной, наносно-каландровый, наносно-дублировочный и др.

Особенности производства искусственных кож с каучуковыми пропитками и покрытиями.

Производство искусственных кож с каучуковыми пропитками и покрытиями основано на сквозной пропитке тканей и нетканого материала растворами каучука или пропитке, сочетаемой с лицевыми покрытиями (*пропиточно-наносной способ*), с последующей вулканизацией и отделкой полуфабриката.

Так, обувную кирзу (эластоискожу-Т обувную) производят пропиточно-наносным способом. На пропиточно-наносном агрегате раствором каучука в бензине пропитывают ткань – трехслойную кирзу. После сушки на пропитанную основу ракелем наносят лицевой слой, затем после сушки – окрашивающий состав. После тиснения лицевой поверхности проводят вулканизацию покрытия, окончательное окрашивание и сушку материала.

Пропиткой достигается улучшение влагозащитных свойств кирзы, повышение её износостойкости, предохранение краев кирзы от разломачивания в процессе носки обуви. Лицевое покрытие придает кирзе кожеподобный вид, увеличивает ее сопротивление истиранию, уменьшает намокаемость и промокаемость, повышает стойкость.

Особенности производства искусственных кож с ПВХ покрытиями. Производство искусственных кож с ПВХ покрытиями проще и экономичнее, чем с каучуковыми покрытиями. При использовании ПВХ покрытий устраняется необходимость в растворении пленкообразующих веществ; отпадают процессы сушки и вулканизации каучуковых пленок; упрощается отделка, так как ПВХ пленки обеспечивают красивый внешний вид без дополнительной сложной отделки.

Изготавливают винилискожи следующими основными способами:

– путем нанесения на тканевую или нетканую основу ПВХ покрытий в виде пленки (пластикат ПВХ, переработанный путем горячего вальцевания в пластичную пленку) – *каландровый* способ;

– путем нанесения на тканевую или нетканую основу ПВХ покрытий в виде пасты – *наносной* способ;

– комбинированным способом: на лицевую пленку ПВХ пластика наносят слой ПВХ пасты, а затем полученную двухслойную систему соединяют стороной, намазанной пастой, с текстильной основой путем обработки на обогревательном барабане и тиснильном каландре – *каландрово-наносной* способ.

Может быть наоборот: ПВХ пасту наносят на основу, а затем дублируют с ПВХ пленкой.

Перспективен способ получения покрытий путем *спекания* порошкообразных ПВХ композиций. Порошкообразный полимер наносят на основу вибровихревым способом, а затем при нагревании частицы порошка спекаются и образуют пористое покрытие.

Особенности производства искусственных кож с монолитным полиуретановым покрытием.

Искусственные кожи с монолитным полиуретановым покрытием получают путем нанесения на основу одно- или двухкомпонентных полиэфируретановых композиций в виде расплавов, растворов или водных дисперсий.

При формировании покрытия *из расплавов* нельзя получить такие тонкие пленки, как при формировании его из растворов или водных дисперсий, но первый способ высокопроизводителен и не требует применения устройств для удаления жидкой фазы раствора или дисперсии.

Для получения искусственной кожи гранулированный полиуретан проходит между нагретыми плавильными валиками наносного устройства, расплавляется и в виде пленки наносится на основу. Затем основа с ПУ покрытием проходит под отделочным валом с полированной, матовой или тисненной поверхностью, огибает охлаждающий вал и по-

стует на намоточное устройство. В некоторых случаях на основу предварительно наносят тонкий слой полимера для повышения адгезии покрытия и предохранения основы от сквозной пропитки расплавом.

Покрытия *из растворов* полиуретанов наносят на основу наносным прямым или обратным способом. *Прямой* способ применяют для нанесения полиуретановых покрытий на ворсовые ткани. Ткань на конвейере поступает в наносное устройство, в котором с помощью ракеля наносится покрытие определенной толщины. Затем в термокамере удаляется растворитель, что приводит к образованию монолитной ПУ пленки после чего полуфабрикат поступает на отделку. Число наносимых слоев (штрихов) может изменяться. При *переносном* (обратном) способе покрытие наносится на трикотаж или ткань.

Полиуретановые искусственные кожи изготавливают также способом *дублирования*. При этом тканевую, нетканую или другую основу дублируют предварительно изготовленными полиуретановыми пленками толщиной 0,05–0,12 мм. В качестве клеев для дублирования используют растворы или водные дисперсии полиуретанов.

Для изготовления искусственных кож с пористо-монолитным полиуретановым покрытием пленку полиуретана предварительно дублируют тонким слоем пенополиуретана на агрегате для огневого дублирования. Клеевой слой наносят или на основу, или на пленку гравированным или реверсивным валиком. Гравированный валик наносит прерывистый слой, что обеспечивает мягкость материала и меньший расход клея. Реверсивный валик наносит сплошной слой, что обеспечивает высокую прочность склеивания по всей площади. Для дублирования используют дублировочные агрегаты с термокамерами, барабанные и многостадийные барабанные дублировочные агрегаты.

Особенности производства искусственных кож с ворсистой (замшевидной) поверхностью.

Материалы с ворсистой (замшевидной) поверхностью получают следующими способами:

- шлифованием пористого лицевого слоя;
- переносным;
- флокированием в электростатическом поле.

Шлифование пористого лицевого слоя. При данном способе пористое лицевое покрытие искусственных кож получают наносным или каландровым способом. Пористость покрытия образуют путем вспенивания порообразователей при нагревании (для винилискож) или вымывания водорастворимых солей (для эластоискож). Лицевой монолитный слой покрытия толщиной 50–100 мкм спиливают на шлифовальных машинах, обнажая замшевидную поверхность пористого слоя. Затем на лицевую поверхность валками наносят отделочный раствор.

При *переносном* способе используют транспортирующую ленту (подложку) из стеклоткани с замшевидным силиконовым покрытием.

На лицевую пленку переносится рисунок с транспортирующей ленты.

Способ **флокирования в электростатическом поле** состоит в нанесении на тканевую основу клея, его подсушке, напылении волокон (флока) в электростатическом поле, термообработке, охлаждении и последующем удалении неприклеившихся волокон (рис. 2.9).

В качестве флока используют полиамидные или вязкие волокна, которые предварительно штепелируют до требуемой длины и помещают в приемник-распределитель (металлический ящик), на дне которого имеются отверстия требуемого диаметра. К приемнику с волокнами подводят положительный заряд. Транспортер, на котором находится основа с клеевым слоем, заряжают отрицательно. Таким образом, между транспортером и приемником с волокнами образуется электростатическое поле. Приемник-распределитель при движении основы периодически встряхивают, волокна из него выпадают и под действием электростатического поля ориентируются по вертикали, закрепляясь концами в слое непросохшего полиуретанового или перхлорвинилового клея, образуя коротко- или длинноворсовую замшевидную поверхность. Те волокна, которые не вошли в контакт с клеем, удаляются с поверхности и по пневмовоздуховоду направляются в приемник-распределитель.

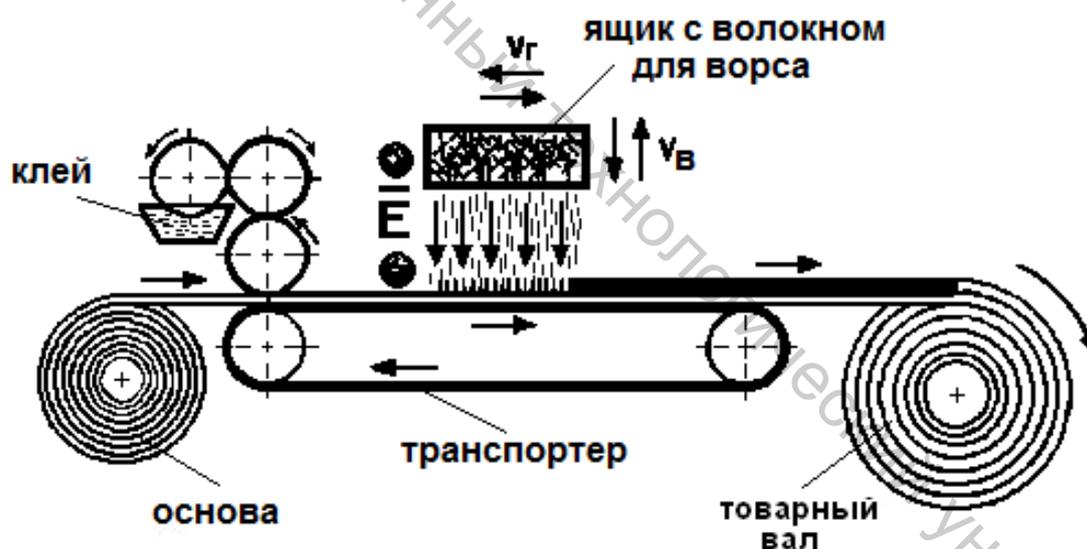


Рисунок 2.9 – Схема производства замшевой искусственной кожи методом электрофлокирования

Особенности производства синтетических кож.

Описанными выше способами получают искусственные кожи с невысокими показателями гигиенических свойств. Для получения синтетических кож с гигиеническими свойствами, близкими к свойствам натуральной кожи, необходимо применять способы пропитки основ и нанесения покрытий, обеспечивающие пористую структуру материала со взаимосвязанными порами.

Синтетические кожи вырабатывают в виде полиуретановой пленки без основы, а также в виде однослойной (нетканый иглопробивной материал) и двухслойной (нетканый иглопробивной материал + ткань) основ, пропитанных и покрытых пористой пленкой из полиуретановых композиций.

Синтетические кожи получают пропиточно-наносным способом.

Формирование микропористой структуры пропиточного и лицевого полимерного слоя обеспечивается методом **конденсационного структурообразования** полимерной пропитки основы и покрытия. Его суть заключается в том, что в раствор полимера вводят жидкость (обычно воду), не растворяющую полимер, но хорошо смешивающуюся с его растворителем. При сушке системы «полимер – растворитель – нерастворитель» в первую очередь удаляется более летучий растворитель. Раствор разделяется на две фазы, внутри эластичного гомогенного студня возникают капельки разбавленного раствора. Возникшие капельки расширяются и, срастаясь друг с другом, образуют систему сквозных каналов, заполненных нерастворителем. При дальнейшей сушке нерастворитель удаляется, пористая система с взаимосвязанными порами фиксируется.

Общая схема производства большинства синтетических кож состоит из следующих технологических процессов:

- приготовление пропитывающего и лицевого растворов;
- пропитка основы раствором полиэфируретана;
- структурообразование пропиточного раствора полиэфируретана методом фазового разделения;
- промывка, сушка, шпальтование и шлифование пропитанной основы;
- нанесение лицевого раствора полиэфируретана на поверхность пропитанной основы;
- структурообразование лицевого раствора полиэфируретана методом фазового разделения;
- промывка, сушка полуфабриката;
- приготовление растворов для отделки, отделка и тиснение синтетической кожи.

Основу пропитывают растворами термопластических полиэфируретанов в диметилформамиде 12–18%-й концентрации и вязкостью не более 0,8 Па·с, чтобы обеспечивалась полная пропитка основы с большой скоростью. После пропитки в ванне основа должна содержать не менее 40–50 % сухого полимера. Затем пропитанную основу помещают в осадительную ванну, заполненную 30–40%-м водным раствором диметилформамида, где в результате диффузионного обогащения пропиточного раствора нерастворителем (водой) происходит процесс конденсационного структурообразования, то есть фазовое разделение раствора с образованием пористой структуры полиэфируретана, заполняющей

межволоконное пространство. Этот процесс завершается за 10–12 мин. Затем основа промывается для удаления растворителя из основы и сушится. После сушки пропитанную основу шпальтуют до нужной толщины, шлифуют для выравнивания и повышения кожеподобности поверхности и устранения дефектов.

На подготовленную таким образом волокнистую основу наносится лицевое микропористое покрытие. Для формирования лицевого покрытия приготавливается раствор в диметилформамиде однокомпонентных полиэфируретанов 18–25%-й концентрации и вязкостью 5,0–15,0 Па·с. На пропитанную волокнистую основу вначале на наносном устройстве наносят тонкий слой (грунт) лицевого раствора, который подвергается непродолжительному структурообразованию в ванне, заполненной 30–40%-м водным раствором диметилформамида, и отжиму на валках. Затем на грунтованную сторону ножевой раклей наносится основной слой лицевого раствора толщиной 0,8–1,4 мм, после чего материал попадает в ванну для структурообразования, заполненную 30%-м водным раствором диметилформамида при температуре 25–50 °С.

Подбирая условия структурообразования и рецепт лицевого слоя, можно в широких пределах регулировать размер и форму пор покрытия. С повышением температуры и уменьшением концентрации диметилформамида в ванне увеличивается размер пор. После завершения процесса структурообразования пористое покрытие становится твердым.

После отжима, промывки и сушки полуфабрикат отделяют композициями на базе растворов ПЭУ, а также акриловыми водными дисперсиями.

Своеобразна технология производства пленочных синтетических кож без основы, которые изготавливают дублированием двух пористых пленок – основной и лицевой. В раствор полиуретана вводят измельченный хлорид натрия и пигментную пасту. Смесь пропускают через винтовой смеситель и наносят на металлическую сетку. Сначала наносят основной слой, а затем лицевой из полиуретана другого типа. Далее сетку опускают в осадительную смесь, которая вымывает хлорид натрия и растворитель. Комбинация способов конденсационного структурообразования и вымывания наполнителей приводит к образованию структуры с мелкими взаимосвязанными порами. Таким образом получают синтетическую кожу «порвэйр».

Особенности производства искусственных кож с полиамидным покрытием.

Искусственные кожи на основе полиамидов, также как и синтетические кожи, получают с микропористым покрытием, формируемым методом фазового разделения растворов. Ключевым вопросом при производстве данного вида искусственных кож является пластификация полиамидов, так как они являются жесткоцепными полимерами и не

обеспечивают высокого сопротивления покрытий многократным деформациям изгиба. Поэтому полиамидные искусственные кожи, несмотря на высокие гигиенические свойства, применяются ограничено, в основном для внутренних деталей обуви. Наиболее широко известны амидоэластоискожа-НТ и подкладочная искусственная кожа «Нистру».

Амидоэластоискожу-НТ выпускают на нетканой иглопробивной основе из синтетических волокон, пропитанной синтетическим латексом, с полиамидокаучуковым покрытием.

После пропитки волокнистой основы в ванне латексной композицией она поступает в сушильную камеру для желатинизации латекса и удаления влаги при температуре 100–130 °С, затем шпальтуется на двояльно-ленточной машине для получения гладкой поверхности и калибрования по толщине в пределах 0,7–0,8 мм.

Полиамидолатексная композиция для лицевого покрытия готовится на основе спирто-водного раствора смешанных полиамидов АК-60/40 и АК-50/50 (полученных поликонденсацией двух или более мономеров) в соотношении от 1:1 до 1:3, в который добавляется латекс в количестве 30 мас. ч. (считая на сухое вещество) на 100 мас. ч. полиамида. Полимер латекса (бутадиен-нитрильный каучук СКН-40) является высокомолекулярным пластификатором и обеспечивает покрытие необходимую эластичность.

Образуется вязкая сметанообразная масса, которую последовательно в три штриха наносят на подготовленную основу ножевой и дважды валковыми раклями. Структурообразование каждого штриха покрытия проводится при погружении полуфабриката в ванну с водой при температуре 30–35 °С, где в течение 60–90 секунд в процессе диффузионного обмена происходит фазовое разделение полиамидного раствора, формирование пористой структуры и вымывание спирта.

Подкладочная искусственная кожа «Нистру» выпускается на лавсано-пропиленовой или вискозной иглопробивной основе, пропитанной спирто-водными растворами полиамидов, без лицевого покрытия. Высокое сопротивление истиранию обеспечивается за счет грунтования основы полиамидной композицией, что повышает плотность поверхностного слоя.

Производство искусственных кож с нитроцеллюлозным покрытием. Основано на формировании на текстильной основе пластифицированной нитропленки из растворов нитроцеллюлозы в этилацетате или его смеси с этиловым спиртом и бутилацетатом путем многократного нанесения нитроцеллюлозных составов на основу с помощью ножевой ракли с промежуточным удалением растворителя в сушильных камерах при температуре 75–90 °С. Для улучшения внешнего вида и повышения сопротивления истиранию последний слой в покрытии наносят из малоластифицированного раствора нитроцеллюлозы или спиртового раствора полиамида.

Искусственные кожи с нитроцеллюлозным покрытием используются для изготовления каркасных деталей обуви и кожгалантерейных изделий и в качестве переплетных материалов.

3. Отделка искусственных и синтетических кож.

Операции отделки искусственных и синтетических кож делятся на физико-механические и физико-химические.

К физико-механическим операциям относятся:

– *тиснение* – образование рисунка на лицевой поверхности кожи.

Осуществляется металлическим валом, на котором механическим способом (гравировкой) нанесен рисунок. Параметры температуры вала и величина давления тиснильного вала на материал зависят от вида полимера и строения полимерного покрытия (монолитное, монолитно-пористое или пористое);

– *шлифование* – осуществляется для получения замшевидной или ворсовой поверхности с помощью вала со шлифовальной шкуркой;

– *перфорирование* – пробивка сквозных отверстий по толщине материала с целью придания определённого рисунка или свойств. Осуществляется на каландрах или прессах, в последние годы – электронно-лучевым пробоем.

При изготовлении искусственных кож с повышенными теплозащитными свойствами текстильная основа с изнаночной стороны подвергается ворсованию.

Для выравнивания ширины пленок и искусственных кож осуществляют обрезку кромок.

Физико-химические операции: печать рисунка, нанесение на лицевой полимерный слой тонких защитных пленок (лакирование, поверхностное крашение).

Нанесения печатного рисунка на искусственные кожи осуществляется методом *глубокой печати*. Краситель наносят на материал медными рифлеными валами, рисунок на которых получен фотомеханическим способом.

Для печатания рисунка на небольших партиях искусственных кож применяют метод *сетчатой печати*. Краску наносят на материал через сетчатый шаблон, который изготавливают фотоспособом или путем нанесения слоя клея на те места сетки, где краска не должна проходить через шаблон. При многоцветной печати для каждого цвета используется свой шаблон.

Перспективно нанесение печатного рисунка методом *переводной печати* (сухой декалькомании).

Лакирование проводят растворами синтетических полимеров – поливинилхлорида и его сополимеров, полиамидов, полиакрилатов, полиуретана или их комбинацией.

Полотно искусственной кожи с рулона направляют на наносное устройство, состоящее из ванночки с лаком и двух или трех валиков,

один из которых является забирающим, другой наносным, а третий натяжным. Сушильная камера снабжена сопловым обдувом. Длина камеры 4–5 м, скорость движения материала около 5–6 м/мин, время сушки 1 минута при температуре в камере 80–120 °С. Готовый материал после охлаждения на барабанах сматывается в рулон.

Внешний вид искусственной кожи в значительной степени зависит от состава и толщины отделочной пленки, которую наносят на искусственную кожу пульверизатором, щеточным валом или методом глубокой печати. Толщина отделочного полимерного слоя составляет от нескольких микрон до 0,01 мм.

2.3 Строение и свойства искусственных материалов для каркасных деталей изделий

Для изготовления подносков, задников обуви и каркасных деталей кожгалантерейных изделий применяются жесткие искусственные кожи следующих основных типов:

- материалы с покрытием, требующие размягчения в растворителях;
- эластичные материалы (для подносков);
- термопластические материалы.

1. Материалы с покрытием, требующие размягчения в растворителях.

Отличительной особенностью технологии применения материалов данной группы является то, что для обеспечения формования подноски вначале окунают в смесь растворителей (этилацетата, ацетона). В результате этого материалы размягчаются, их поверхность становится клейкой, подноски становятся пластичными и легко формуются. После вставки деталей в заготовку верха обуви и придания им формы колодки по мере улетучивания растворителей подноски становятся жесткими и хорошо сохраняют приданную форму.

Типичный представитель этой группы материалов – *нитроискожа-Т обувная (гранитоль)*. Представляет собой ткань, на которую с обеих сторон нанесено покрытие на основе нитроцеллюлозы с минеральными наполнителями.

Достоинствами данного материала являются водостойкость и безусадочность при многократных увлажнении и высушивании; удовлетворительная износостойкость.

Недостатки: значительная жесткость и хрупкость; требует применения токсичных растворителей, ухудшающих условия труда и микроклимат внутриобувного пространства; так как деталь окунается в растворитель, то для его полного улетучивания требуется длительная основная сушка обуви.

Учитывая это, в настоящее время материалы данного типа применяются в ограниченном количестве.

2. Эластичные материалы.

Получают пропитыванием текстильных основ, чаще всего тканей, полимерными композициями: синтетическими латексами, поливинилацетатными эмульсиями, смолами с одно- или двухсторонним нанесением.

В большинстве случаев эластичные подноски приклеивании их в заготовку требуют нанесения клея – латексного, наиритового, поливинилацетатного. Эластичные материалы с покрытием на основе клея ПФЭ-2/10 (метиллополиамидного) обладают способностью склеиваться с заготовкой и без предварительной промазки клеем.

Достоинства материалов: небольшая толщина, высокая гибкость и эластичность. Недостатки: недостаточная формоустойчивость, особенно в обуви с широкой носочной частью. Из-за недостаточной жесткости в некоторых случаях необходимо применять двухслойные подноски, что увеличивает расход материала и снижает производительность труда.

В связи с этим эластические материалы применяются в основном для подносков в текстильной, бесподкладочной обуви и женской повседневной обуви с зауженной носочной частью. Для задников не используются ввиду недостаточной жесткости и формоустойчивости.

3. Термопластические материалы (ТПМ).

Термопластические материалы более технологичны, чем материалы предыдущих двух групп. Они хорошо приклеиваются к верху и подкладке без применения клеев и растворителей, соответственно снижается взрыво- и пожароопасность производства; легко формуются при помощи разогрева и прессования под давлением; их использование позволяет сократить сушку обуви. Детали из термопластических материалов достаточно упруги и хорошо сохраняют форму обуви.

Термопластические подноски и задники вставляют в заготовку, разогревают под действием температуры 120–170 °С (при этом происходит переход полимера из твердого состояния в вязкотекучее) и склеивают с верхом и подкладкой на прессе: время прессования – до 12 секунд, давление – 0,5 МПа, затем формуют. После придания детали требуемой формы её охлаждают.

Основное требование: материалы верха должны обладать высокой теплостойкостью (так как подвод тепла к ТПМ при формовании задника или подноска осуществляется через наружные детали верха).

Термопластические материалы подразделяются на три группы:

1) материалы на текстильной основе с одно- или двусторонним нанесением полимерной композиции в настоящее время находят наибольшее практическое применение;

2) пленочные (безосновные) материалы;

3) пленочные материалы, получаемые нанесением полимеров непосредственно на бахтармянную сторону деталей верха методом литья.

Термопластические материалы (ТПМ) на текстильной основе получают путем нанесения на основу (ткань или нетканый материал) покрытия из термопластичного полимера (полиэтилена, полистирола, полиэфира, сополимера этилена с винилацетатом, трансполиизопрена и др.), обеспечивающего высокие адгезионные свойства при высокой температуре.

Покрытие может наноситься на основу с одной или двух сторон. Из материалов с односторонним покрытием изготавливают каркасные детали для бесподкладочной обуви.

Термопластические материалы изготавливают методами:

– пропитки текстильной основы синтетическими латексами – импрегнированные материалы;

– ко-экструзии – расплавленная термопластичная масса соединяется прямым контактом с текстильной основой с одной или с обеих сторон – экструзионные материалы.

ТПМ на тканевой основе, как правило, применяются для подносков и задников в обуви, где необходимо обеспечить достаточно высокую жесткость носочной и пяточной частей.

ТПМ на нетканой основе в зависимости от особенностей их получения, строения и свойств могут применяться для изготовления:

– жестких и полужестких подносков и задников;

– упруго-эластических подносков (с эффектом «пинг-понг»).

Пленочные термопластические материалы получают экструзией расплава полимера: полиэтилена, полиизопрена, поливинилхлорида, сэвилена. Изготавливают толщиной 0,4–0,6 мм. Пленки имеют малую жесткость и высокую упругость (76–80 %), что обеспечивает сохранение формы носочной части обуви. Они просты в изготовлении, возможно повторное использование отходов, образующихся при раскрое, отсутствует дорогостоящая основа.

Термопластические материалы, наносимые из расплава полимера непосредственно на деталь для образования подноска наиболее перспективны. Композиции для получения подносков изготавливают на основе сэвилена, полиэфиров, полиамидов. Расплав наносится с соблюдением регламентируемых толщин для мужской, женской и детской обуви. Процесс изготовления подноска и соединения его с верхом обуви совмещены, отходы не образуются. Отпадает необходимость разуба деталей, разогрева.

Пока широкого распространения не получили, в связи со сложностями организации технологического процесса, недостаточным уровнем квалификации рабочих, сложностью применяемого оборудования.

3 КАРТОНЫ

3.1 Классификация обувных картонов. Сырье для производства картонов

Картон – материал, состоящий из различных волокон (растительных и кожевенных и их смесей), проклеенных связующими веществами (латексами, полимерами).

Применяются для изготовления стелечно-каркасных деталей обуви и каркасных деталей кожгалантерейных изделий.

Картоны для обуви классифицируют на виды и марки в зависимости от назначения, способа производства, вида сырья и проклеивающих веществ.

Согласно ГОСТ 9542-89 в зависимости от назначения обувной картон изготавливают следующих *видов*:

- З – для задников;
- СО – для основных стелек;
- СВ – для вкладных стелек;
- ПС – для полустелек;
- ПД – для подложек;
- ГЛ – для геленков;
- ПР – для простилок;
- ПЛ – для платформ;
- К – для каркаса.

В зависимости от вида обуви, в которой будет применяться картон, он подразделяется на *марки*:

- М – для модельной обуви;
- П – для повседневной обуви;
- ДШ – для дошкольной обуви;
- Ю – для юфтевой обуви;
- Д – для домашней обуви.

В зависимости от плотности картон делят на модификации с присвоением порядкового номера.

Например, картон марки ЗМ-1 означает – для задников модельной обуви однослойного отлива.

Для производства картонов применяют основные и вспомогательные материалы.

К основным материалам относятся: волокна, клеящие вещества, вода.

Используется следующее *волокнистое сырье*:

– древесная целлюлоза (получают путем химической и механической обработки древесины. Для выделения целлюлозных волокон измельченную древесину отваривают в щелочных растворах, а полученную массу расщепляют на волокна);

- древесная масса (продукт, получаемый механическим истиранием древесины в присутствии воды);
- кожевенные отходы;
- бумажная, картонная макулатура;
- хлопчатобумажные, шерстяные и другие текстильные волокна.

Картон часто изготавливают из волокнистой массы, полученной смешением разных видов волокнистого сырья.

Выбор рецептуры картона зависит от его назначения. Хромовая стружка обеспечивает большую гибкость, эластичность, мокро- и термостойкость, а отходы кож танидного дубления придают картонам жесткость и пластичность.

Проклеивающие вещества предназначены для скрепления волокон. К ним относятся:

- латексы на основе натуральных каучуков (ревертекс) и синтетических каучуков (ДВХБ-70 – бутадиенвинилиденхлоридный, хлоропреновый, СКС-30 – бутадиенстирольный);
- поливинилацетатные эмульсии (ПВА-эмульсии);
- канифольные, битумно-канифольные дисперсии;
- смолы;
- дисперсии талового пека и др.

Канифоль представляет собой хрупкую стекловидную массу желтого цвета, добывается из сосны. По химическому составу канифоль представляет собой смесь смоляных кислот с преобладанием абиетиновой кислоты. Температура размягчения 54–68 °С.

Битумы получают в результате перегонки и крекинга нефти и нефтепродуктов в виде продуктов окисления или осадка темного цвета. Битумы – термопластические вещества с температурой размягчения 45–50 °С, отличающиеся удовлетворительными клеящими свойствами и исключительной водостойкостью. Картон, проклеенный битумами, отличается хорошей водостойкостью, жесткостью и прочностью.

Добавление к битумам канифоли способствует получению проклейки также с высокими клеящими свойствами. Битумно-канифольная проклейка изготавливается путем растворения предварительно сплавленных битума и канифоли в суспензии каолина в воде, которая используется как эмульгатор. К нагретой до 85–90 °С дисперсии добавляют 5%-ный раствор щелочи (каустической соды). Для осаждения ее на волокне применяется глинозем, дающий с канифольным мылом нерастворимые соединения.

Латексная проклейка представляет собой водные дисперсии синтетических латексов. Придает картонам эластичность и водостойкость.

Вид проклеивающего вещества, его количество и распределение проклеивающего вещества в волокнистой массе влияет на свойства получаемого картона. Клеящие материалы, полученные на основе латексов, битумов и талового пека относятся к эластичным клеящим матери-

алам, а на основе канифольных дисперсий и поливинилацетатных эмульсий – к жестким клеящим материалам.

Например, проклеивание латексами придает картонам эластичность, водо-, изгибо- и износостойкость, а проклеивание эмульсией на основе термопластичного ПВА – хорошую формуемость, проклеивание смолами придает картонам жесткость.

Вода в производстве картона выступает в качестве рабочего тела. В воде осуществляется размол волокнистого сырья, смешение волокнистой массы, клеящего вещества и вспомогательных материалов.

К *вспомогательным* материалам относят:

- пигменты и красители;
- стабилизаторы – применяются при разбавлении водой латексов (сульфитно-спиртовая барда);
- дубящие вещества – для додубливания коллагеновых волокон;
- жирующие вещества – для повышения эластичности и водостойкости (стеарин, парафин, таловый пек и др.);
- наполнители – для повышения плотности и белизны, снижения деформации и стоимости (каолин, тальк, мел, оксид титана (II), сульфат бария);
- коагулянты – для более полного осаждения латекса на волокне (серноокислый глинозем, алюмокалиевые квасцы, тальк);
- смягчители – для повышения мягкости и формуемости картона (глицерин, хлорид магния);
- антисептики – предотвращают развитие бактерий (фенол, формалин);
- полимерные вещества для отделки поверхности картона.

Состав и процентное соотношение между количествами основных и вспомогательных материалов при изготовлении картонов определяются видом, назначением и условиями эксплуатации изделия.

3.2 Технологические процессы производства обувных картонов

Производство картонов включает следующие стадии: подготовительные операции, основной технологический процесс производства (отлив), операции отделки и сортировки.

Производство картонов может осуществляться:

- по «мокрой» технологии – в присутствии большого количества воды;
- по «сухой» технологии.

1. Производство картона по «мокрой» технологии.

Сырье, поступившее на производство, подвергается следующим подготовительным операциям:

1. *Сортировка* по виду волокна.

2. *Очистка* от загрязнений – сырье отваривается в растворе кальцинированной соды под давлением 0,15–0,2 МПа в течение 6 часов, в результате чего из него удаляются загрязняющие вещества, красители, жиры и прочие. Кожевенное сырье промывают, обрабатывают химическими растворами и нейтрализуют.

3. *Разруб* на мелкие части для проведения операции размола.

4. *Размол* – разволоknение сырья на волокна. Осуществляется на механических мельницах в присутствии большого количества воды. Длина волокон после размола составляет 2–4 мм.

5. *Дополнительная очистка* – осуществляется для улавливания песчинок, металлических и других примесей, пучков волокон и других крупных волокнистых фракций. Выполняется в специальных устройствах (фильтровальных бассейнах-очистителях, центрифугах и пр.)

Размолотая и очищенная волокнистая масса, состоящая из волокон одного вида, поступает в бассейны-накопители.

6. *Смешивание*. Из бассейнов-накопителей однородная волокнистая масса поступает в композиционный бассейн. В данном бассейне происходит смешивание волокнистых масс разного волокнистого состава и добавление клеящего вещества и других вспомогательных материалов. Температура волокнистой массы не должна превышать 35 °С. Для равномерного проклеивания концентрация волокна в воде должна быть в пределах 1,5–2 %. При этом концентрация клеящего вещества на основе латексов должна быть 5 %. Проклеивание считается законченным, если полученная волокнистая суспензия прозрачна и однородна.

Отлив – основной технологический процесс производства картона, проведение которого формирует волокнистый слой материала.

Формирование волокнистого слоя картона при отливе основано на перепутывании волокон, обезвоживании волокнистой массы, удалении несвязанной избыточной влаги из межволоконного пространства в результате фильтрации воды из водной суспензии волокон через сетку и скреплении волокон между собой клеящим материалом.

Существуют два способа формирования листа картона – однослойный и многослойный отлив.

Однослойный отлив – осуществляют на длинносеточных машинах непрерывного действия и прессах Пашке и Мюллера.

Получение картона на длинносеточных машинах проводят по схеме, представленной на рисунке 3.1. Приготовленная волокнистая масса 1 (концентрацией 1,8–2,2 %) по трубопроводу поступает в напускное устройство 2 и *отливается* на сетку транспортера 3. По краям сетки установлены ограничители, которые определяют ширину картона. Толщина отливаемого слоя волокнистой массы зависит от марки получаемого картона и колеблется в пределах 50–90 мм.

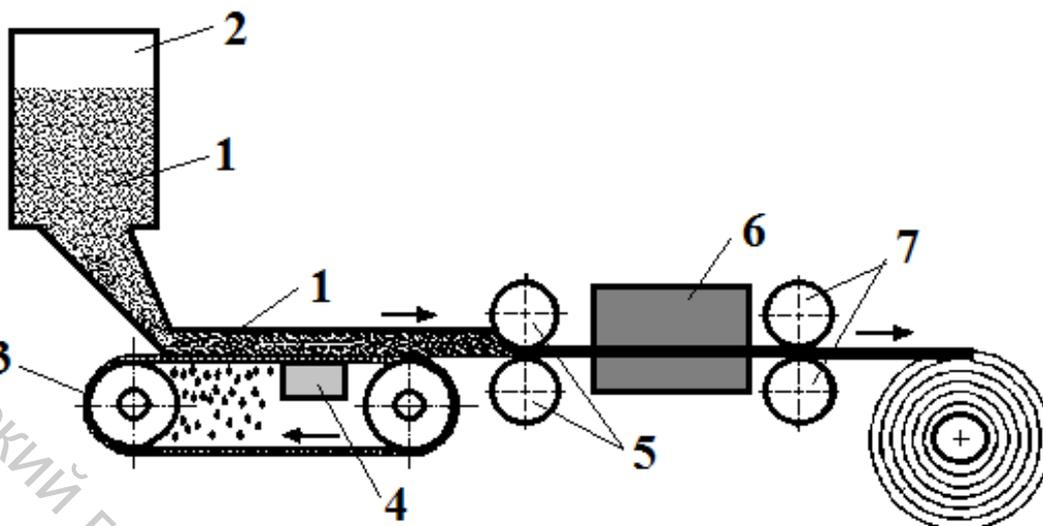


Рисунок 3.1 – Схема получения картона однослойного отлива

По мере продвижения сетки несвязанная вода под действием сил гравитации выходит из волокнистой массы. На конечном участке сетки-транспортера установлены вакуумные агрегаты 4, которые создают пониженное давление воздуха под лентой, что способствует удалению *несвязанной воды* из волокнистой массы, понижая влажность листа около 80 %. После сеточной машины картон *прессуют* на валах 5, тем самым происходит дополнительное удаление влаги из листа картона. Содержание влаги в листе после прессования не более 65 %. Затем лист поступает в термокамеру 6 для сушки.

Сушка картона в термокамере происходит при постепенном повышении температуры. Для этого термокамера разбита на несколько температурных зон от 70 °С до 120 °С. Постепенное повышение температуры прогрева исключает коробление поверхности листа, так как процесс удаления влаги из картона идет более равномерно. Влажность листа на выходе из сушильной камеры в зависимости от волокнистого состава и ингредиентов, колеблется в пределах от 5 до 11 %.

После сушки лист картона *каландрируют*. Каландрование может осуществляться как без увлажнения листа картона, так и после предварительного увлажнения, путем окунания в воду при температуре $T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$. При каландровании повышается средняя плотность картона, выравнивается толщина листа по ширине, наносится на поверхность рисунок. Температура тиснильного вала 7 при каландровании составляет 70–80 °С, сила давления – 100–500 кН.

После каландрирования лист *разрезают* на отдельные листы определенного формата и упаковывают.

Процесс получения картона на прессах Пашке и Мюллера аналогичен, за исключением того, что отлив волокнистой массы осуществляется в специальных формовочных ящиках определённого

размера, то есть процесс циклический, в отличие от непрерывного на длинносеточной машине.

Многослойный отлив – осуществляют на круглосеточных машинах (пап-машины) и на столовосеточных машинах.

Формирование листа картона при многослойном отливе происходит за счет последовательного наложения друг на друга элементарных волокнистых слоев.

При получении картона на круглосеточных машинах (рис. 3.2) элементарный волокнистый слой образуется *осаждением* волокон на сетке вращающегося цилиндра 8, помещенного в ванну с волокнистой суспензией 1. Концентрация волокна в воде составляет 0,2–0,3 %. Формирование элементарного слоя происходит за счёт разности уровней воды в ванне и внутри сетчатого цилиндра. При этом вода переходит из ванны внутрь цилиндра и сливается через полую ось барабана, а волокно вместе с проклейкой задерживается на сетке.

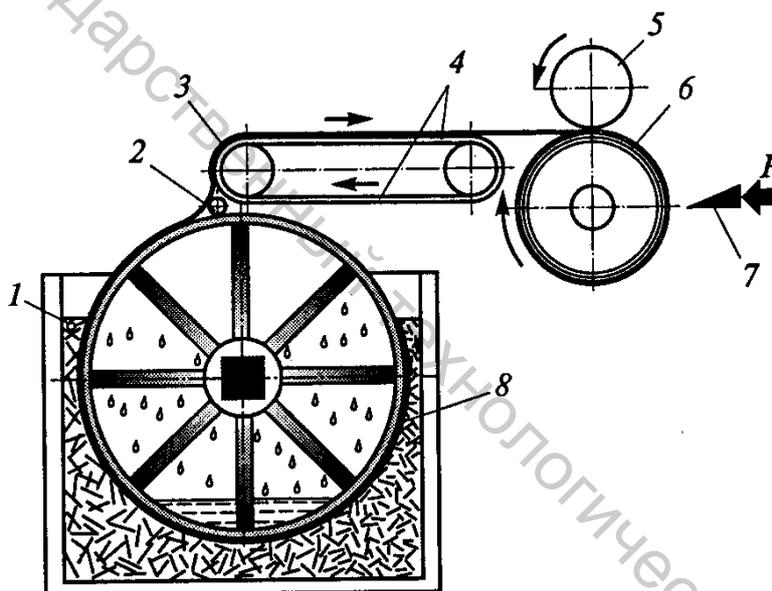


Рисунок 3.2 – Схема получения многослойного картона

Сформированный элементарный волокнистый слой 3 снимается с цилиндра съёмным валиком 2 и подается на транспортёрную ленту. Транспортёрная лента представляет собой ткань с высокой прочностью при разрыве, хорошо впитывающая влагу. Транспортёр подаёт элементарный волокнистый слой на форматный вал 6, на который *наслаиваются* элементарные слои картона с одновременным их *склеиванием* и *уплотнением* с помощью прижимного вала 5. Влажность снимаемого элементарного листа около 70 %, а спрессованного листа картона перед сушкой – не выше 50–55 %, то есть меньше чем у однослойного картона. При достижении требуемой толщины полуфабрикат *разрезают, прессуют, сушат, каландрируют, сортируют и упаковывают.*

Формирования листа картона на столовосеточной машине протекает по сходной технологии, однако, данная машина сочетает принцип длинносеточной машины по способу отлива и круглосеточной машины по способу формирования листа.

2. Производство картона по «сухой» технологии.

При использовании «сухой» технологии применяют несколько способов формирования волокнистой массы картона.

Одна из технологий основана на том, что после сортировки и очистки сырья, используемого при «мокрой» технологии, его *размалывают* «сухим» способом на механических мельницах в среде воздушного потока. В размолотое волокнистое сырье добавляют полимерные волокна, обладающие высокой усадкой при их нагревании, такие как полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП) или поливинилхлорид (ПВХ).

После смешивания натуральных и синтетических волокон *формируют волокнистый холст*, применяя текстильные технологии, аналогичные тем, которые применяют при получении нетканых текстильных материалов.

Получив волокнистый холст, проводят операцию *скрепления* волокон, которые либо пропитывают клеевыми композициями, либо волокнистый холст подвергают иглопробиванию (до 360 проколов на 1 см²). Затем сформированный волокнистый холст подвергают термообработке в термокамере для *термоусадки* и *аутогезионного соединения волокон*. Температура в камерах, в зависимости от вида синтетического волокна, составляет от 10 °С до 140 °С. По мере выхода из термокамеры лист картона *каландрируют* – уплотняют, сообщая ему равную толщину по ширине и длине, наносят необходимый рисунок.

Если в вышеприведенной "сухой" технологии используются волокна, полученные при размолоте готовых материалов с добавлением синтетических волокон, то существуют технологии «сухого» способа получения картонов из химических элементарных нитей непосредственно после их формирования.

Суть этих технологий состоит в том, что сразу после *формования* синтетических элементарных нитей с применением текстильных технологий *формируют* волокнистый холст (фильерный способ получения нетканых полотен). После формирования волокнистого холста проводят операцию скрепления элементарных нитей в холсте. Волокнистый холст *пропитывают* полимерными композициями или *иглопробивают* с последующей обработкой волокнистого холста в термокамере для термоусадки и *аутогезионного* скрепления волокон. Проведя операцию скрепления, материал направляют на операции отделки.

3.3 Строение и свойства картонов

Строение картонов зависит от строения волокон и способа получения листа. Строение волокон определяется видом сырья и степенью его размола. Способ получения листа существенно влияет на характер переплетения волокон, их взаимное расположение, степень ориентации и прочность связи.

Структура картонов однослойного отлива относительно равномерна, свойства по толщине листа существенно не различаются. В картонах многослойного отлива явно выражена слоистая структура и преимущественное расположение волокон в одном направлении, что приводит к существенной анизотропии их механических свойств.

Ориентация структурных элементов в картонах, полученных по «сухой» технологии, во многом сходна с ориентацией структурных элементов в нетканых материалах, полученных на основе волокнистого холста по аналогичным технологиям.

Для характеристики степени ориентации структурных элементов в материалах используется **коэффициент равномерности k_p** , который характеризует изменение свойств материалов по разным направлениям и определяется по формуле

$$k_p = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}, \quad (3.1)$$

где P_{\min} , P_{\max} – минимальное и максимальное значения любого одностипного показателя: прочности (P), относительного удлинения (ε), предела прочности (σ) и др., по направлениям раскроя от 0° до 360° относительно площади материала.

Если $k_p = 0,9-1$, то ориентация волокон равномерна как по площади, так и по объему материала, механические свойства материала в разных направлениях по площади одинаковы. Если $k_p < 0,9$, то материал имеет анизотропную структуру, что приводит к изменению его свойств под различными углами относительно длины материала.

При получении картонов однослойного отлива ориентация волокон более равномерна и $k_p = 0,8-1$, а при изготовлении многослойных картонов $k_p < 0,8$.

У картонов многослойного отлива предел прочности в продольном направлении значительно выше, чем в поперечном. Это объясняется тем, что при производстве картона волокна больше ориентируются вдоль полотна. У картонов однослойного отлива эта разница незначительна. Удлинение при разрыве в поперечном направлении у картонов несколько выше, чем в продольном.

Эти особенности необходимо учитывать при раскрое отдельных

деталей низа обуви из многослойных картонов, например, основные стельки кроют в поперечном направлении, чтобы обеспечить их высокую гибкость в пучковой части, а задники кроют так, чтобы их высота совпала с продольным направлением картона для обеспечения их стойкости к оседанию под действием торцевых усилий.

На свойства картонов оказывает влияние характер распределения связующего. Распределение связующего может быть сегментным, агломератным и точечным (рис. 3.3), и определяется количеством связующего и способом проклеивания волокнистой массы.

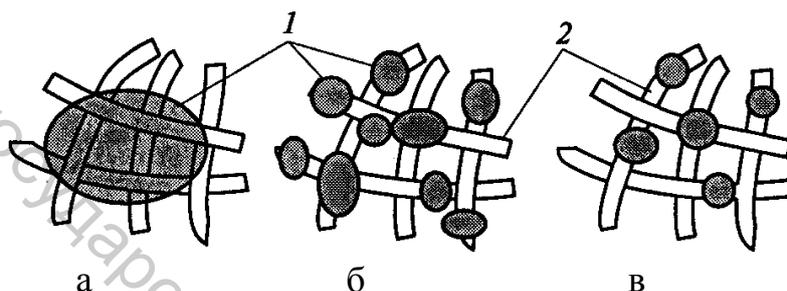


Рисунок 3.3 – Распределение клеящих веществ между волокнами картона: а – сегментное, б – агломератное, в – точечное, 1 – клей, 2 – волокна

При сегментном распределении связующее вещество (клей) располагается на пересечении нескольких волокон (рис. 3.3 а), при агломератном – клей располагается в объеме картона неравномерно и практически не связывает волокна в зонах их пересечения (рис. 3.3 б), при точечном распределении клей располагается в виде отдельных мелких скоплений (рис. 3.3 в). Наименьшая подвижность волокнистой массы отмечается при сегментном распределении связующего, наибольшая – при точечном. При точечном распределении связующего картон имеет более рыхлую структуру и пониженную среднюю плотность.

Для картонов многослойного отлива важной характеристикой механических свойств является *сопротивление расслаиванию*, характеризующее степень уплотнения и прочность сцепления отдельных элементарных слоев картона. Сопротивление расслаиванию определяют по формуле

$$R = \frac{P}{F}, \quad (3.2)$$

где P – нагрузка расслаивания, Н; F – площадь расслаивания, мм².

Толщина обувных картонов зависит от их назначения и составляет от 0,9 до 3,5 мм. Плотность картонов зависит от вида и количества проклеивающего вещества, степени размола волокнистой массы, степени уплотнения слоев при прессовании и каландровании и составляет

0,7–1,1 г/см³. Плотность картона определяется его назначением (например, простилочные картоны имеют небольшую плотность). От плотности в значительной степени зависит жесткость картона, предел прочности, теплопроводность. Излишнее уплотнение картона приводит к его ломкости, жесткости и ухудшению формовочных свойств.

Предел прочности при растяжении и удлинение при разрыве картонов зависят от вида и соотношения проклеивающего вещества и волокнистой массы, а также от степени уплотнения. При повышении влажности картонов их прочность падает, а удлинение возрастает.

Степень изменения прочности картона при растяжении после их увлажнения в воде характеризуется **коэффициентом мокростойкости**. Картоны, обладающие высокой мокростойкостью ($K_m = 0,5–0,7$), обладают хорошими эксплуатационными свойствами даже при сравнительно небольшом пределе прочности при растяжении в сухом состоянии. Применение кожевенных волокон в сочетании с латексной проклейкой увеличивает коэффициент мокростойкости, что приближает свойства картонов к свойствам натуральной кожи.

Жесткость картонов характеризуется нагрузкой, вызывающей их прогиб, зависит от их толщины, волокнистого состава, количества проклеивающего вещества и составляет 5–120 Н.

Истираемость во влажном состоянии картонов зависит от структуры и состава картонов. Картоны многослойного отлива отличаются значительно большей истираемостью, чем картоны однослойного отлива. Это обуславливается слабой взаимосвязью слоёв картона, а также использованием в однослойных картонах латексных проклеек, обеспечивающих более прочную связь волокон, чем канифольно-битумные проклейки.

Для характеристики износостойкости картонов при истирании используется показатель **скатываемости**, определяемый величиной потери толщины образца в мм/мин, в пересчете на толщину сухого картона. Если показатель скатывания картона составляет 2,4–3,0 мм/мин – это характеризует его быстрое истирание в эксплуатации.

Намокаемость зависит от вида и соотношения волокнистой массы и проклеивающего вещества. Намокаемость картонов за 2 часа колеблется от 10 до 55 %. Более стойки к действию влаги картоны из кожевенных волокон с латексной проклейкой. Гигроскопичность картонов составляет 3–8 %. У большинства картонов паро- и воздухопроницаемость близки к нулю.

Изменение линейных размеров после увлажнения и высушивания в зависимости от вида и назначения картона нормируется не более 3 %.

Формоустойчивость картонов зависит от волокнистого состава, способа отлива, типа проклеивающего вещества и толщины картона. Наиболее устойчивы к сохранению формы картоны однослойного отлива из кожевенного волокна.

4 СИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ НИЗА ОБУВИ

4.1 Классификация синтетических материалов для деталей низа обуви

В настоящее время более 90 % обуви изготавливается с низом из синтетических материалов, которые представляют собой полимеры, получаемые в промышленных условиях путем синтеза из низкомолекулярных веществ.

По сравнению с натуральной кожей синтетические материалы:

- более технологичны, легко обрабатываются;
- характеризуются высокой износостойкостью, эластичностью, влагозащитными свойствами, стойкостью к действию агрессивных сред;
- обеспечивают хорошее сцепление с грунтом;
- имеют более низкую стоимость и не дефицитны;
- имеют широкие возможности дизайнерского оформления деталей низа обуви при их формовании.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации для деталей низа обуви применяют следующие основные группы синтетических материалов:

- 1) резины;
- 2) полиуретаны (ПУ, ТПУ);
- 3) термоэластопласты (ТЭП);
- 4) поливинилхлоридный пластикат (ПВХ);
- 5) сополимер этилена с винилацетатом (СЭВА);
- 6) пластмассы для каблуков и набоек обуви (капрон, полипропилен, полиэтилен, АБС-пластик и др.).

В пределах каждой группы производятся материалы различной структуры и свойств. Используются также комбинированные конструкции низа обуви, сочетающие два и более полимерных материала.

Полимерные материалы для низа обуви классифицируют:

1. **По назначению** на: подошвенные, каблучные, набоечные. В ряде случаев низ обуви представляет собой одну формованную деталь.

2. **По выпускной форме** на: пластины или формованные детали, не требующие или требующие последующей обработки.

3. **По структуре** на: пористые и непористые, одно- и многослойные.

4. **По поведению при нагревании** на: термопластичные и термоактивные, эластомеры.

4.2 Обувные резины

4.2.1 Классификация обувных резин

Резины – первый синтетический материал, который стал использоваться для производства подошв обуви вместо натуральной кожи.

Резины получают вулканизацией сырых резиновых смесей, основным компонентом которых является синтетический или натуральный каучук, или смеси из них.

Обувные резины подразделяются:

1. **По назначению** на:

- подошвенные;
- каблучные;
- набоечные;
- для прочих деталей низа – профилактических накладок, фликов, декоративного и накладного ранта и др.

Обувные резины маркируются в зависимости от назначения:

- буквами русского алфавита (А, Б, В, Г, Д, Е, И);
- условным названием («кожволон», «стиронип» и др.).

2. **По структуре и свойствам** на:

- пористые;
- непористые (монолитные);
- кожеподобные: пористые, непористые, с волокнистым наполнителем.

Пористые резины характеризуются мягкостью, низкой плотностью ($0,2-1,0 \text{ г/см}^3$), небольшой массой и невысокой прочностью. Наличие в порах воздуха обеспечивает низкую теплопроводность и высокую теплозащитную способность резин. Резина гидрофобна, в результате чего не намокает, влаго- и газонепроницаема. Пористые резины за счет высокой упругости обладают хорошими амортизационными свойствами, но недостаточно износостойки по сравнению с монолитными резинами.

Монолитные резины обладают высокой износостойкостью, прочностью, сопротивлением многократному изгибу и истиранию, однако для изготовления подошв применяются ограниченно из-за их высокой плотности ($1,2-1,6 \text{ г/см}^3$) и низких теплозащитных свойств. Их используют в основном для подошв специальной обуви.

Разновидностью монолитных резин являются *транспарентные* резины, обладающие повышенной износостойкостью и используемые для подошв туристской и производственной обуви. Транспарентные резины получают из смесей с малым содержанием наполнителей и высоким содержанием каучуков. Резины под названием «Транспарент» изготавливают на основе натурального каучука, а под названием «Стиронип» – на основе синтетических каучуков.

Транспарентные резины отличаются высоким пределом прочно-

сти при растяжении (более 6 МПа), низкой истираемостью (4–6 Дж/мм³), высоким сопротивлением изгибу и характерным внешним видом (прозрачностью). По износостойкости транспарентные резины превосходят все существующие резины.

Кожеподобные резины изготавливаются на основе каучука с высоким содержанием стирола (до 80 %).

Отличительные особенности кожеподобных резин:

– близки к натуральной коже по твердости, толщине, эластичности (формуемости), но при этом имеют более высокое сопротивление истиранию, водостойкость и лучшие технологические свойства;

– отличаются повышенной твердостью, что позволяет осуществлять фигурную отделку уреза, а также ходовой поверхности подошвы;

– обладают значительной пластичностью (остаточный угол изгиба у кожи 40°, у кожеподобной резины – 20–40°), что обеспечивает хорошую формуемость подошв и позволяет их использовать в обуви на среднем и высоком каблуках;

– характеризуются высокой износостойкостью. Это позволяет вырбатывать из них тонкую подошву (до 3 мм) и, как следствие, снижает массу и жесткость обуви, улучшает её внешний вид;

– обладают низкими гигиеническими свойствами, высокой теплопроводностью, что в сочетании с малой толщиной обуславливает пониженные теплозащитные свойства обуви на подошве из кожеподобной резины;

– характеризуются низким коэффициентом трения, что обуславливает необходимость рифления ходовой поверхности подошв;

– характерным недостатком ряда кожеподобных резин является их термопластичность, которая приводит к их размягчению при повышенных температурах, а также, при плохой обработке, к вылеганию следа обуви.

Пористые резины с волокнистым наполнителем выпускают под названием «кожволон». Введение в состав резин волокнистого наполнителя (вискозного волокна) улучшает их внешний вид, повышает теплозащитные и фрикционные свойства, сопротивление раздиру и снижает термопластичность.

3. По цвету на:

– черные;

– цветные.

Черные резины более износостойкие, чем цветные, так как в их состав входит активный наполнитель (черный технический углерод).

4. По форме выпуска на:

– пластины;

– формованные детали: плоские дополнительно обрабатываются; профилированные, полумонолитные и монолитные не требуют механической обработки.

Толщина пластин должна определяться толщиной обувных деталей соответствующего назначения. Выпускают также пластины повышенной толщины, которые затем шпальтуют (распиливают) и разрубают на детали. Резиновые пластины шпальтованные обозначают дополнительно буквой **Ш**. По большинству показателей свойств шпальтованные резины на 10–15 % уступают нешпальтованным резинам соответствующих марок.

5. По методу крепления низа к верху обуви различают резины:

- для клеевых методов крепления;
- для ниточных методов крепления;
- для гвоздевых, штифтовых методов крепления.

В зависимости от метода крепления предъявляются различные требования к качеству резин.

При клеевом методе крепления подошвенные резины должны обладать хорошими адгезионными свойствами и термостойкостью.

При ниточных методах крепления резины должны обладать высоким сопротивлением прорыву ниточным швом, что обеспечивается достаточной плотностью и не слишком высокой степенью пористости.

При гвоздевом методе крепления резины должны обеспечивать высокую степень держания гвоздя, то есть быть плотными, достаточно жесткими, иметь высокую толщину.

6. По условиям эксплуатации на:

- общего назначения (универсальные) – для производства повседневной, модельной, детской и прочих видов обуви различного сезона носки, не связанных со специфическими условиями эксплуатации;
- облегченные – для легкой и домашней обуви (плотностью 0,2–0,4 г/см³);
- специальные, эксплуатируемые в условиях действия агрессивных сред (масло- и бензостойкие, кислотостойкие, электроизоляционные и т. п.).

4.2.2 Состав сырой резиновой смеси

Резины изготавливают из сырой резиновой смеси, в состав которой входят следующие основные ингредиенты:

1. Каучук (20–60 %).
2. Регенерат (0–40 %).
3. Вулканизирующие вещества (2–3,5 %).
4. Ускорители вулканизации (0,2–2 %).
5. Активаторы вулканизации.
6. Наполнители (30–40 %).
7. Порообразователи (0–1 %).
8. Мягчители (до 15 %).

9. Противостарители (0,5–1 %).

10. Пигменты и красители (0–30 %).

1. **Каучук** – основной компонент резиновой смеси.

Представляет собой непредельный углеводород с наличием двойных связей ... - $\text{CH} = \text{CH}$ - ... в основной цепи макромолекулы полимерного вещества.

Характерными особенностями каучуков независимо от их происхождения являются:

– большая длина макромолекул и соответственно высокая молекулярная масса – около 10^4 – 10^6 ;

– гибкость молекулярных цепей, что обуславливает высокую эластичность;

– способность вулканизоваться.

Вулканизация – это физико-химический процесс взаимодействия каучука с вулканизирующими веществами, в результате которого происходит существенное изменение свойств каучука:

– он теряет пластичность, становится эластичным;

– увеличивается его прочность и стойкость к действию химических веществ;

– повышается термостабильность.

Вулканизация происходит за счет раскрытия ненасыщенных двойных связей и химического взаимодействия (сшивания) молекул каучука с вулканизирующими веществами с образованием поперечных химических связей (сшивок), приводящих к образованию трехмерной (пространственной) сетчатой структуры. В результате вулканизации каучук превращается в резину.

Каучуки классифицируют:

1. **По происхождению** на: натуральные и синтетические.

2. **По назначению**: общего и специального назначения.

Каучуки специального назначения применяются для производства изделий, обладающих какими-либо особыми техническими свойствами: маслостойкостью, теплостойкостью, газонепроницаемостью и т. п.

3. **По строению макромолекул** на:

– стереорегулярные – характеризуются упорядоченным расположением боковых звеньев макромолекулы в пространстве;

– стереонерегулярные – строгий порядок расположения звеньев отсутствует.

4. **По полярности** на: полярные и неполярные.

В макромолекулах полярных каучуков содержатся несимметрично расположенные полярные группы ($-\text{OON}$, $-\text{CN}_2$, $-\text{OH}$, $-\text{CO}$, $-\text{Cl}$ и др.), то есть группы атомов с разной электроотрицательностью и неодинаковым распределением электронной плотности между атомами. Такие каучуки обладают хорошими клеящими способностями и часто применяются для изготовления обувных клеев.

При отсутствии полярных групп или симметричном расположении полярных связей (вследствие чего они уравнивают друг друга) каучуки неполярны.

Каучуки являются в основном аморфными полимерами.

Аморфные полимеры характеризуются хаотичным расположением макромолекул друг относительно друга в объеме вещества.

Свойства каучуков – их прочность, эластичность, стойкость к окислению и действию различных реагентов, способность к химическим превращениям и к переработке – зависят от их состава и молекулярной массы.

С увеличением молекулярной массы резко возрастает вязкость концентрированных растворов каучуков линейного строения, расширяется температурный интервал, в котором каучук сохраняет свои высокие показатели эластических свойств, возрастает прочность и эластичность каучуков и резиновых смесей. Одновременно возрастает их жесткость, что затрудняет изготовление резиновых изделий.

Натуральный каучук получают из млечного сока (латекса) каучуконосных деревьев – в основном бразильской гевеи, произрастающей в Бразилии, Малайзии и на Цейлоне и дающей 96 % мирового производства каучука.

Латекс – это дисперсия каучука в воде (твердые частицы каучука диаметром около 0,5 мк во взвешенном состоянии равномерно распределены в водной среде). Представляет собой жидкость белого цвета, в состав которой входят в процентном соотношении: вода (52–62 %), каучук (35–37 %), смолы (1,6–3,4 %), сахар (1,5–4,2 %), белки (2–2,7 %), зола (0,2–0,7 %).

При подрезке (подсочке) коры бразильской гевеи выделяется млечный сок (латекс), который собирают в специальные сосуды. Собранный сок предохраняют от свертывания прибавлением аммиака. Каучук из латекса получают коагуляцией (осаждением) с помощью уксусной, щавелевой или муравьиной кислоты. Образующийся рыхлый сгусток (коагулюм) промывают водой и прокатывают на вальцах для получения листов, которые сушат и обычно коптят в камерах, наполненных дымом. Общее количество собираемого в год с одного дерева млечного сока обеспечивает получение 2–3 кг каучука.

Натуральный каучук может также вырабатываться из прочих каучуконосных растений. В зависимости от того, в каких тканях накапливается каучук, каучуконосные растения делят на:

- латексные – каучук в млечном соке;
- паренхимные – каучук в корнях и стеблях;
- хлоренхимные – каучук в листьях и зелёных тканях молодых побегов.

Известны многолетние травянистые каучуконосные растения из семейства сложноцветных (кок-сагыз, тау-сагыз), содержащие каучук в небольшом количестве в корнях, однако в настоящее время промышленного значения для выработки натурального каучука они не имеют.

Кок-сагыз – один из видов одуванчика. Это многолетнее травянистое растение произрастает в Казахстане, на отрогах Тянь-Шаня. Кок-сагыз обладает довольно развитым стержневым корнем – до 2 м длиной, в млечниках которого содержится каучуковый латекс.

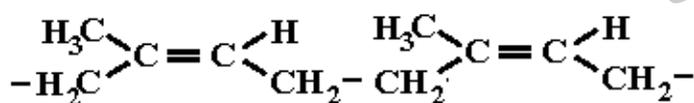
В однолетнем корне кок-сагыза (в сухом состоянии) содержится 7,6 % каучука (хлороформенный экстракт), 35,9 % растворимых углеводов (главным образом инулина), 25 % смолы, 54 % – некаучуковых компонентов (лигнина, белков, клетчатки и пр.). В результате селекционных работ были выведены новые формы кок-сагыза, содержание каучука в которых достигает 23 % (в пересчете на воздушно-сухую массу корня).

Тау-сагыз в естественных условиях произрастает в горах Кара-Тау (Казахстан). Тау-сагыз содержит каучук в корнях, главным образом в виде тяжей, расположенных радиальными рядами. При разрыве корня каучук обнаруживается в виде желтоватых эластичных нитей. Эти нити содержат 90 % каучукового углеводорода и около 10 % смол.

По физико-химическим свойствам (строению, вязкости, молекулярной массе) каучук корневых каучуконосов сходен с каучуком бразильской гевеи. С изобретением способов синтеза синтетического цис-изопренового каучука, по своему строению и физико-химическим свойствам почти идентичного натуральному каучуку, данные виды каучуконосных растений утратили свою промышленную ценность.

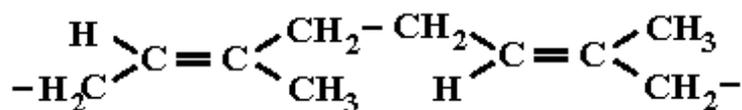
Натуральный каучук по химическому составу представляет собой полимер изопрена. Его состав выражается формулой $(C_5H_8)_n$ (n составляет от 1000 до 3000)

Макромолекулы каучука натурального содержат 98–99 % звеньев изопрена, присоединенных в положении **цис-1,4-полиизопрен**



Остальные звенья изопрена присоединены в положении 3,4. В макромолекулах каучука натурального имеются небольшие количества кислородсодержащих функциональных групп.

Существует природный геометрический изомер каучука – **гуттаперча**, представляющая собой **транс-1,4-полиизопрен**



Получают гуттаперчу из млечного сока тропических гуттаперченосных деревьев из родов палаквиум (*Palaquium*), пайена (*Payena*), бассна (*Bassia*), произрастающих в ряде стран Юго-Восточной Азии, в Новой Гвинее и ЮАР.

Различия в пространственном расположении заместителей у каучука и гуттаперчи приводят к тому, что и форма макромолекул этих веществ тоже различна. Молекулы каучука закручены в клубки. Если ленту из каучука растягивать, деформировать, то молекулярные клубки будут выпрямляться в направлении прилагаемой сил, и лента будет удлиняться. Однако молекулам каучука энергетически выгоднее находиться в первоначальном состоянии, поэтому, если натяжение прекратить, молекулы опять свернутся в клубки, и размеры ленты станут прежними.

Молекулы гуттаперчи не закручены в клубки так, как каучук. Они вытянуты даже без нагрузок, поэтому гуттаперча менее эластична. Однако она обладает ценными техническими свойствами, высокой химической стойкостью, отличается клейкостью при повышенных температурах, негигроскопична, имеет высокие диэлектрические свойства.

В зависимости от способа коагуляции латекса различают следующие основные виды натуральных каучуков:

- смокед-шитс;
- креп;
- пара-каучук;
- каучук Гопкенсона.

При получении каучука *смокед-шитс* разбавленный до 15%-й концентрации латекс смешивают с 1%-й уксусной или 0,5%-й муравьиной кислотой в специальных резервуарах. Коагуляция и уплотнение коагулята происходит в течение 3–4 ч. Полученные мягкие, эластичные листы промывают в проточной воде, отжимают и уплотняют на рифленых вальцах, а затем подают на подсушку и копчение. Рифление увеличивает поверхность листа, способствуя более быстрому высушиванию и копчению каучука, а также предотвращает слипание листов в процессе дальнейшей обработки. Рифленные листы развешивают для просушки на воздухе, а затем направляют в коптильные камеры.

Копчение производят в специально коптильных камерах, через которые пропускают дым от сжигаемой сырой древесины, скорлупы кокосовых орехов и т. п. При копчении каучук консервируется фенолами, образующимися при горении. Это предохраняет его от действия микроорганизмов и окисления при хранении. Копчение длится 7–10 дней при температуре 40–45 °С. После выгрузки из камер листы протирают для удаления копоти.

Каучук смокед-шитс в готовом виде имеет форму пластин от светло- до темнокоричневого цвета, запах копченостей, поверхность имеет характерных вафельный рисунок.

При получении *крепа* латекс смешивают с бисульфитом натрия (NaHSO_3), который является отбеливающим и консервирующим веществом. Далее происходит коагуляция латекса уксусной кислотой. Выделившийся каучук в виде бесформенной массы поступает на тщательную промывку на быстро вращающихся промывных вальцах, из которых он выходит в виде тонких ажурных листов светлого цвета с шероховатой «креповой» поверхностью. Эти листы затем свальцовывают в более толстые (1–2 мм) и подвергают сушке (без копчения):

- на воздухе под навесом, защищающим их от прямого солнечного света;

- в сушильных камерах с хорошей вентиляцией при температуре не выше $100\text{ }^\circ\text{C}$.

Креп обладает очень плотной упаковкой молекул в связи с чем характеризуется исключительной износостойкостью. Но при повышении температуры подошвы из крепа способны размягчаться и терять форму (растапываться), поэтому такую обувь не желательно носить летом и интенсивно сушить.

Пара-каучук коагулируют нагреванием (выпариванием). Для этой цели деревянная лопата смачивается латексом и высушивается над огнем. Операция повторяется до тех пор, пока не собирается большое количество каучука. Полученный таким путем продукт называется пара-каучуком по названию бразильского порта Пара (Южная Америка), через который экспортировали большие количества этого продукта.

Пара-каучук считается наиболее ценным. При разрезе он представляет ясное слоистое строение. Слои его около 0,5 мм толщиной и всех оттенков от белого до темно-серого цвета, отделяются один от другого черными прослойками, образованными (вероятно) сажею при копчении. Чем слои тоньше и ровнее, тем каучук ценится выше.

Пара-каучук продается или в виде полых сферических образований около 15 см наружного диаметра и от 2 до 5 см внутреннего, или в виде кругов около 6 см толщиной и 20 см в диаметре, образованных, вероятно, при сдавливании вышеупомянутых шаров, либо, в виде квадратных плит – *Speck-gummi*. Они толщиной 5–8 см и длиной и шириной – 60 см, с пористой массой и неприятным запахом; получают при разрезании больших цилиндрических или шарообразных форм.

Каучук Гобкенсона получают распылением латекса на мельчайшие капельки в специальной сушильной установке в результате чего получают порошкообразную массу, которая очень хорошо хранится.

Натуральный каучук характеризуется следующими свойствами:

1. Молекулярная масса непластифицированного натурального каучука находится в пределах от $1,4 \cdot 10^6$ до $2,5 \cdot 10^6$.

2. Плотность колеблется в пределах 0,91–0,92 г/см³.

3. Натуральный каучук аморфен, но при определенных температурах способен кристаллизоваться.

При охлаждении или растяжении натурального каучука наблюдается переход его из аморфного в кристаллическое состояние (кристаллизация). Процесс происходит не мгновенно, а во времени.

4. Каучук обладает хорошей устойчивостью к действию воды, не набухает и не растворяется в спирте, ацетоне, щёлочи и слабых кислотах.

5. Хорошо растворяется в бензоле, толуоле, ксилоле, бензине, четырёххлористом углероде, хлороформе, сероуглероде, циклогексане.

6. Характеризуется высокой эластичностью (упругостью) – способен значительно растягиваться и восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия сил, вызвавших деформацию.

При действии даже малых усилий обладает обратимой деформацией растяжения до 100 %, а у обычных твёрдых тел эта величина не превышает 1%.

7. Эластичность каучука сохраняется в широких температурных пределах (интервал эластичности от (-40) °С до 120 °С). Но при долгом хранении каучук твердеет.

При температуре 20 °С натуральный каучук – мягкий, упругий и полупрозрачный материал.

При температуре около (-70) °С каучук полностью теряет эластичность и превращается в твердую стеклообразную массу (становится нерастяжимым и хрупким).

При нагреве свыше 50 °С он становится пластичным и липким; при температуре 80 °С натуральный каучук теряет эластичность. При 120 °С – превращается в смолоподобную жидкость, после застывания которой уже невозможно получить первоначальный продукт. Если поднять температуру до 200–250 °С, то каучук разлагается с образованием ряда газообразных и жидких продуктов.

8. Обладает наряду с эластичностью, также пластичностью – он при нагревании и механической обработке сохраняет форму, приобретённую под действием внешних сил.

9. В отличие от большинства синтетических каучуков обладает высокой прочностью в не вулканизированном состоянии.

10. Является хорошим диэлектриком, имеет низкую водо- и газопроницаемость.

11. Имеет низкую теплопроводность (в 100 раз меньше теплопроводности стали).

12. Обладает высокой реакционной способностью за счет наличия в структуре ненасыщенных двойных связей, легко окисляется химическими окислителями, медленно – кислородом воздуха. В процессе хра-

нения, а также под действием солнечного света каучук «старееет» – теряет свою эластичность из-за окисления, становится хрупким и жестким.

13. Дорогостоящий и дефицитный.

В настоящее время использование натурального каучука в обувной промышленности не велико в связи с наличием значительного числа более доступных и дешевых синтетических каучуков. Применяется в основном в качестве обувных клеев и как добавка к синтетическим каучукам для улучшения их свойств.

Синтетические каучуки – получают в промышленных условиях путем синтеза (полимеризацией или поликонденсацией) из низкомолекулярных мономеров – газа бутадиена (дивинила), жидкостей – хлорпрена, стирола, изопрена, нитрила акриловой кислоты. Сырьем для производства мономеров являются продукты переработки нефти, природный газ, ацетилен, бензол.

Синтетические каучуки дешевле натуральных, менее дефицитны, обладают рядом технологических и эксплуатационных преимуществ.

Синтетические каучуки подразделяют:

1. *По строению* на:

– ненасыщенные (макромолекулы которых имеют двойные связи, благодаря которым при вулканизации образуется пространственная сетка) – большинство известных каучуков;

– насыщенные (полизобутилен, силиконовый каучук и др.) представляют собой полностью предельные соединения, поэтому для их вулканизации применяют органические перекиси, амины и другие вещества.

2. *По области применения* на:

– общего назначения – изопреновые, хлорпреновые, бутадиеновые, бутадиенстирольные и др.;

– специального назначения – бутилкаучук, этиленпропиленовые, фторкаучуки, уретановые и др.

Характеристика основных видов синтетических каучуков представлена в таблице 4.1.

Изопреновый каучук получают полимеризацией изопрена. По структуре близок к натуральному каучуку и на 98 % повторяет его свойства. Обладает чуть меньшей прочностью и эластичностью, но большей текучестью. Не подвергается действию бактерий.

Изопреновые каучуки легко смешиваются с различными каучуками, наполнителями и другими ингредиентами. Смеси на их основе хорошо каландруются, шприцуются и формуются.

Таблица 4.1 – Характеристика синтетических каучуков

Каучук	Структурная формула	Химический состав	Специальные свойства
Синтетические общего назначения			
Бутадиеновые (СКБ, СКД, СКВ и др.)	$\left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right]_n$	Полибутадиен нерегулярного (СКБ) или стереорегулярного (СКД) строения	
Изопреновые СИ	$\left[-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right]_n$	Стереорегулярный полиизопрен с высоким содержанием звеньев <i>цис</i> -1,4	
Хлоропреновые (наиритовые)	$\left[-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH}-\text{CH}_2- \right]_n$	Полихлоропрен	Удовлетворительная масло- и бензостойкость
Бутадиенстирольный (СКС) или бутадиенметилстирольный (СКМС)	$\left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2- \right]_n$	Сополимер бутадиена со стиролом или α -метилстиролом	Наиболее распространены в настоящее время
Бутилкаучук БК	$\left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{CH}_2- \right]_n$	Сополимер изобутилена с небольшим количеством изопрена	Высокая газонепроницаемость, стойкость к окислению, атмосферостойкость
Синтетические специального назначения			
Бутадиеннитрильные (СКН)	$\left[-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\underset{\text{CN}}{\text{C}}-\text{CH}_2- \right]_n$	Сополимеры бутадиена с акрилонитрилом	Масло- и бензостойкость
Полисульфидные (тиокол)		Полисульфиды	Масло- и бензостойкость
Кремнийорганические СКТ		Полиорганосилоксаны	Тепло- и морозостойкость, высокие диэлектрические показатели, физиологическая инертность
Фторсодержащие СКФ		Полифторопрен, сополимеры фторолефинов, фторированные полиэферы и др.	Тепло-, масло-, атмосферно- и огнестойкость, стойкость к действию агрессивных сред
Уретановые СКУ		Полиуретаны	Высокая прочность при растяжении, износостойкость
Полиизобутилен		Полиизобутилен	Стойкость к действию агрессивных сред, высокие диэлектрические показатели

Изопреновые каучуки применяют вместо натурального каучука при изготовлении практически всех резиновых изделий: в производстве шин, резино-технических изделий, резиновой обуви, медицинских изделий, некоторых изделий народного потребления (мячи, игрушки и др.).

Бутадиеновые каучуки – продукты полимеризации бутадиена ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$) в растворителях (бензоле, толуоле и др.).

Резины из бутадиеновых каучуков:

- обладают высокой износостойкостью;
- по прочности при растяжении и сопротивлению раздиру уступают резинам на основе натурального и бутадиен-стирольного каучуков;
- по сопротивлению тепловому старению уступают резинам из бутадиен-стирольных, но превосходят резины из натурального каучука;
- по эластичности при комнатной и пониженной температурах превосходят резины на основе других каучуков, а при высоких температурах – близки к резинам из натурального каучука;
- характеризуются низкой стойкостью к действию масел, растворителей, топлив;
- отличаются высокой водостойкостью;
- по газонепроницаемости они уступают, а по стойкости к действию ультрафиолетовых лучей и озоностойкости превосходят резины из натурального каучука.

Бутадиен-стирольный каучук получается в результате сополимеризации бутадиена 1,3 и стирола.

Это наиболее распространенные синтетические каучуки.

Бутадиен-стирольные каучуки:

- растворяются в ароматических и алифатических углеводородах;
- не стойки к действию смазочных масел;
- достаточно стойки к действию кислот, по стойкости к действию воды превосходят натуральный каучук;
- обладают высокой газопроницаемостью.

Важное значение на свойства каучука оказывает содержание стирольных звеньев: с увеличением содержания стирола в макромолекуле бутадиен-стирольного каучука возрастают его прочность, сопротивление раздиру, снижается деформационная способность и истираемость.

Резины на основе бутадиен-стирольного каучука уступают резинам из натурального каучука по эластичности, сопротивлению раздиру, температуростойкости, сопротивлениям многократным деформациям изгиба и растяжения, но превосходят их по сопротивлению тепловому и естественному старению и износостойкости.

Хлоропреновые каучуки – продукты гомо- и сополимеризации хлоропрена. Это самые дешёвые синтетические каучуки.

Хлоропреновые каучуки:

- растворяются в ароматических и хлорированных углеводородах;

- не растворяются в спиртах, неорганических кислотах и щелочах;
- характеризуются высокой прочностью;
- устойчивы к многократному изгибу;
- морозостойкие, интервал эластичности (от (-35) до 140 °С);
- масло-, бензо-, озono-, свето-, тепло- и огнестойкие.

Хлоропреновые каучуки применяют как самостоятельно, так и в композициях с бутадиен-нитрильными, бутадиеновыми, бутадиен-стирольными, натуральным и синтетическим изопреновыми каучуками.

Широко используются для изготовления обувных подошв и клеев.

Бутадиен-нитрильный каучук – получают полимеризацией бутадиена с акрилонитрилом. Он обладает высокой масло- и бензостойкостью. Недостаток – жесткость и недостаточная износостойкость.

Кремнийорганические каучуки – полимеры, молекула которых состоит из мономеров, содержащих атомы кремния. Их называют силиконами. Они характеризуются очень большим интервалом эластичности (от (-123) до 128 °С) и высокими электроизоляционными свойствами.

Они широко применяются в медицине. Из них создают различные протезы, трубки для переливания крови и т. д. Жидкие кремнийорганические каучуки используются также как герметики.

Фторсодержащие каучуки – результат полимеризации фторорганических соединений, в состав которых входит хотя бы один атом фтора, непосредственно соединённый с углеродом. Эти каучуки характеризуются повышенной термостойкостью. Поэтому их применяют для изготовления герметиков и уплотнителей, работающих при температурах выше 200 °С.

2. Регенерат – продукт переработки бывших в употреблении или бракованных резиновых изделий. Заменяет частично каучук и тем самым удешевляет резину. Улучшает способность резиновых смесей к обработке (каландрование, шприцевание и др.), придает им пластичность. В смесях, содержащих регенерат, составляющие распределяются быстрее и лучше, чем в чистом каучуке.

Объем регенерата составляет до 40 % от общего веса резиновой смеси. Избыток может отрицательно сказаться на свойствах.

Регенерат получают следующим образом: отходы резин и бракованные изделия измельчаются в резиновую крошку, которая обрабатывается органическими растворителями и нагревается (до температуры 160–180 °С). При этом происходит девулканизация каучука, заключающаяся в разрушении сульфидных связей, и образуется мягкий пластичный продукт, который вальцуют для придания ему однородности.

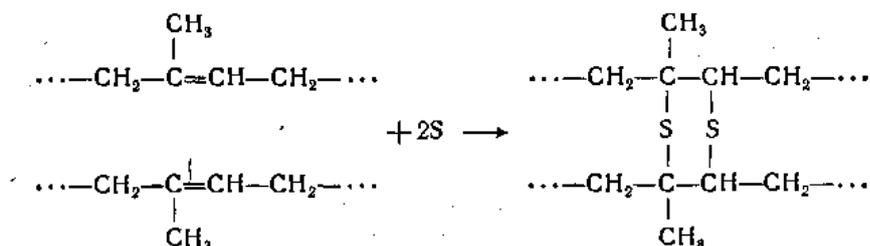
3. Вулканизирующие вещества.

В качестве вулканизирующих веществ могут использоваться – сера, селен, кислород, окислы тяжелых металлов и др.

Важнейшим вулканизирующим веществом является сера.

При взаимодействии серы с двумя макромолекулами каучука

происходит присоединение серы по месту раскрытия двойных связей с образованием так называемого серного мостика:



При небольшом содержании серы (2–3 вес.%) получается мягкая эластичная резина, для получения полутвердых резин в смесь вводят до 10 % серы. При содержании серы равном 30–40 вес.%, линейные молекулы каучука окажутся «сшитыми» в очень многих местах, и материал утратит эластичность, станет твёрдым – получится твердый продукт – *эбонит*.

Существуют также бессерные методы вулканизации:

- термовулканизация – за счет разрыва двойных связей при температурах свыше 150 °С;
- радиационная вулканизация – под действием γ -лучей (вредна для окружающей среды).

Процесс вулканизации протекает очень медленно. Для его ускорения применяют ускорители вулканизации и активаторы вулканизации.

4. Ускорители вулканизации – улучшают свойства вулканизаторов, сокращают время вулканизации и расход основного сырья, препятствуют перевулканизации. Вулканизация сырых резиновых смесей серой без ускорителей длится 3–4 ч при температуре 140 °С, с ускорителями – несколько минут.

В качестве ускорителей используются;

- неорганические соединения: оксид магния MgO, оксид свинца PbO и др.;
- органические: дитиокарбаматы (производные дитиокарбаминовой кислоты), тиурамы (производные диметиламина), ксантогенаты (соли ксантогеновой кислоты) и другие.

5. Активаторы вулканизации – добавляются с целью повышения реакционной способности серы, ускоряют реакцию присоединения серы к каучуку и увеличивают частоту поперечных связей в нем.

В основном, в качестве активаторов применяют оксид цинка ZnO и магния. Их дозировка зависит от типа применяемых ускорителей и равна 2–5 % в пересчете на каучук.

6. Наполнители.

Добавляются в состав резиновой смеси для:

– улучшения физико-механических свойств резин – прочности, износостойкости, сопротивления истиранию;

– сокращения расхода каучука и снижения стоимости резины.

К наполнителям относятся:

– различные типы саж (технический углерод) – печная, газовая, ламповая;

– минеральные вещества (мел CaCO_3 , барит BaSO_4 , гипс, тальк, кварцевый песок SiO_2 (диоксид кремния или белая сажа);

– волокнистые наполнители – получают переработкой целлюлозных, вязких и кожевенных волокон длиной 0,1–0,8 мм;

– термопластические (полиэтилен, полистирол) и термореактивные (алкил- и мочевиноформальдегидные смолы) полимеры.

Наполнители могут быть *активными* или *инертными*.

Активные наполнители, такие как кремниевая кислота, оксид цинка, улучшают механические характеристики резины. Волокнистые наполнители улучшают теплозащитные и фрикционные свойства, придают кожеподобность. Термопластические и термореактивные полимеры повышают прочность, твердость и термостойкость резин.

Инертные наполнители (тальк, мел, барит) используют с целью снижения стоимости резины.

7. Мягчители (пластификаторы) – вещества, которые улучшают технологические свойства резины и облегчают её переработку: понижают вязкость системы, снижают твердость, температуру текучести, уменьшают длительность переработки смеси, улучшают формуемость сырой резиновой смеси, облегчают вспенивание. Пластификаторы повышают эластичность резины и ее морозостойкость.

В качестве пластификаторов используются продукты переработки нефти (битум, мазут, гудрон, парафины), вещества растительного происхождения (канифоль, вазелиновое масло и др.), жирные кислоты (стеариновая, олеиновая) и другие.

Количество мягчителей зависит от назначения резины. Могут одновременно вводятся несколько мягчителей. Общее количество мягчителей в черных резинах не превышает 15 %, в цветных – 12 % от массы смеси. Большое количество мягчителей резко снижает прочность и твердость резин, затрудняет приклеивание из-за ухудшения смачиваемости её поверхности клеями. Поэтому их количество строго лимитируется и ограничивается до возможных пределов.

8. Порообразователи – вводятся для получения резин пористой структуры.

Представляют собой порошкообразные вещества, которые разлагаются при нагревании с выделением газов, вспенивающих резиновую смесь. Последующая вулканизация фиксирует образовавшиеся поры.

Наиболее часто в качестве порообразователей используют органические азотсодержащие порообразователи – порофоры марок ЧХЗ-18,

ЧХЗ-21 (азодикарбонамид) ЧХЗ-57 и др. Эти вещества разлагаются при температуре 110–120 °С с выделением азота.

Количество и вид порообразователей зависит от вида получаемой резины – чем ниже необходима плотность, тем больше порообразователей нужно вводить.

Важнейшей характеристикой порообразователей является *газовое число* – количество газа в мл, выделяемое в единицу времени 1 г газообразователя при пиролизе (термическом разложении).

9. *Противостарители* (антиоксиданты) – вводятся в состав резиновой смеси с целью замедления процесса старения резины, ухудшающего ее эксплуатационных характеристик.

Действие антиоксидантов может быть *физическим* и *химическим*.

В случае физического действия на поверхности каучука создаются защитные химически неактивные пленки, затрудняющие проникновение и взаимодействие кислорода с каучуком. К таким антиоксидантам относятся: парафин, церезин и др. Во втором случае в резину вводят активные химические вещества (например, амины – неозон Д), которые химически связывают свободный кислород и тем самым препятствуют окислению каучука (то есть происходит окисление самих антиоксидантов).

10. *Пигменты и красители* – вводятся для окраски резины в нужный цвет.

Пигменты не растворяются в полимерной массе резины. Используются для придания цвета. По происхождению делятся на:

- минеральные – оксид цинка (цинковые белила), оксид железа (железный сурик) и др.;
- органические – азокрасители (лак-оранж), черная сажа и др.

Пигменты не меняют цвета под действием ультрафиолетовых лучей, в отличие от красителя.

Красители растворяются в полимерной массе резины. Это в основном органические вещества, как правило, diazосодержащие (имеют в своей структуре diaзогруппу $-N=N-$). Применяется для придания требуемого оттенка.

Недостатки красителей:

- обычно вымываются маслами и многими растворителями;
- сильно мигрируют на поверхность, что вызывает обесцвечивание и изменение окраски изделий;
- могут не выдерживать необходимые температурные режимы, меняя при этом свой цвет.

Применяются для всех резин, кроме черных, так как у них красителем является сама сажа.

4.2.3 Производство подошвенных резин

Процесс производства резин состоит из следующих операций:

- подготовка ингредиентов;
- смешение ингредиентов;
- формование сырых резиновых смесей;
- вулканизация резины;
- отделка.

1. Подготовка ингредиентов.

Для изготовления резин используются каучук и регенерат – в форме брикетов или листов, порошкообразные вещества (порообразователи, оксиды цинка и др.) и смолообразные вещества (мягчители, наполнители и пр.). Все эти материалы перед введением их в смесь подвергаются соответствующей подготовке и обработке.

Каучуки, поступающие в виде рулонов или брикетов, нарезают, измельчают на механических мельницах, а некоторые пластицируют с целью повышения пластичности и облегчения последующей обработки.

Пластицированный каучук быстрее и лучше смешивается с порошкообразными и другими составными частями резиновой смеси; при пластикации повышается однородность каучука. Резиновые смеси из пластицированного каучука лучше каландруются и выдавливаются на червячных прессах.

Различают механическую пластикацию и термопластикацию.

Механическая пластикация осуществляется при невысокой температуре в результате интенсивного механического воздействия на каучук (раздавливания и перетирания), что приводит к разрыву его наиболее длинных молекулярных цепочек преимущественно в средней части (при этом содержание низкомолекулярной фракции не увеличивается), снижению молекулярного веса, и, как следствие, увеличению пластичности.

Термопластикация – повышение пластичности каучука в результате окисления и термической деструкции макромолекул при повышенной температуре в присутствии кислорода воздуха с увеличением содержания низкомолекулярных фракций. Она осуществляется нагреванием каучука в автоклавах при 140–180 °С и давлении воздуха 0,25–0,30 МПа в течение 30 минут.

Выбор способа и оборудования для пластикации каучуков и технологические условия их обработки зависят от природы каучука, назначения резиновых изделий и необходимой производительности процесса.

Отдельные каучуки (бутадиен-стирольные каучуки СКС-10, СКС-30 и др.) подвергаются термопластикации, но большинство способов основано на активном воздействии механической энергии (механическая пластикация). Связано это с тем, что при увеличении содержания

низкомолекулярных фракций в каучуке понижаются эластические и прочностные свойства, поэтому резины на основе термопластиков уступают по свойствам резинам на основе механических пластиков.

Механическая пластикация каучуков может проводиться в червячных, роторных и валковых машинах. Часто процесс пластикации, особенно для синтетического изопренового каучука и полихлоропрена, совмещается с процессом смешения.

Регенерат сортируют по цвету, исходному сырью и измельчают до нужных размеров. Если регенерат в виде порошка, то его просеивают через магнитный сепаратор для удаления металлических включений.

Порошкообразные компоненты подвергаются сушке (если их влажность превышает установленные нормы) и просеиванию. Порошкообразные компоненты, которые требуются в небольших количествах (ускорители вулканизации, сера, порообразователи, пигменты и др.), смешивают с жидкими мягчителями и полученные пасты перетирают на краскотерках. В результате перетирания уменьшаются размеры и полидисперсность частиц, что облегчает их последующее распределение среди других компонентов при смешении.

Смолообразные твердые продукты вначале очищают от прилипших посторонних веществ, а затем измельчают или, в отдельных случаях, расплавляют.

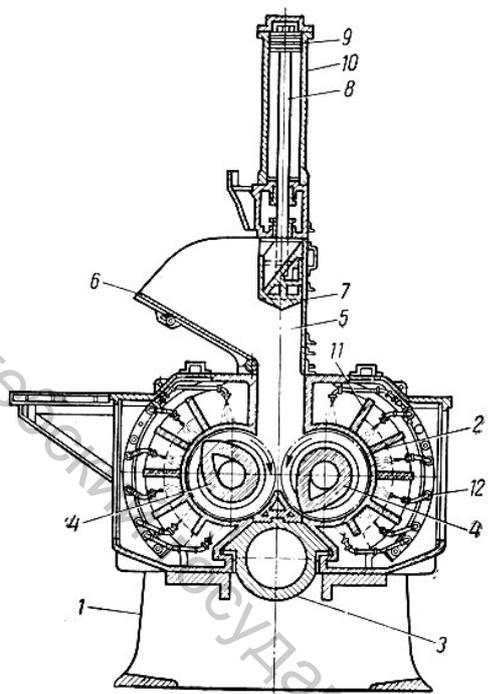
2. Смешение ингредиентов.

Смешение осуществляют с целью получения однородных смесей каучука с другими компонентами. В ходе процесса смешения ингредиентов получается сырая резиновая смесь.

В промышленности смешение производится на вальцах, в экструдерах, а чаще всего в резиносмесителях.

Резиносмеситель (рис. 4.1) состоит из фундаментной плиты 1, на которой установлен корпус смесительной камеры 2. Внутри корпуса помещены два полых валька 4 с винтообразной поверхностью и овальным поперечным сечением. Вальки вращаются в смесительной камере навстречу друг другу с разной скоростью (1:1,1, 1:1,16 или 1:1,47), благодаря этому резиновая смесь захватывается лопастями валков, многократно перемешивается и перетирается ими. Так как два овальных валька вращаются в закрытой камере, то перемешивание смеси осуществляется не только в зазоре между валками, но и между лопастями валков и стенками камеры, что приводит к высокой производительности резиносмесителей. Время смешения 8–12 мин. Единовременный съем резиновой смеси из резиносмесителя составляет 175–220 кг.

За счет трения вальки могут нагреться до очень высоких температур, поэтому стенки резиносмесителя и роторы охлаждаются водой для предотвращения преждевременной подвулканизации (скорчинга) смеси.



- 1 – фундаментная плита;
- 2 – корпус смесительной камеры;
- 3 – нижний (выпускной) затвор;
- 4 – валки;
- 5 – загрузочная воронка;
- 6 – откидная крышка загрузочной воронки;
- 7 – верхний затвор;
- 8 – шток верхнего затвора;
- 9 – поршень;
- 10 – камера верхнего затвора;
- 11 – стенки смесительной, камеры;
- 12 – трубки для подачи воды

Рисунок 4.1 – Схема устройства резиносмесителя

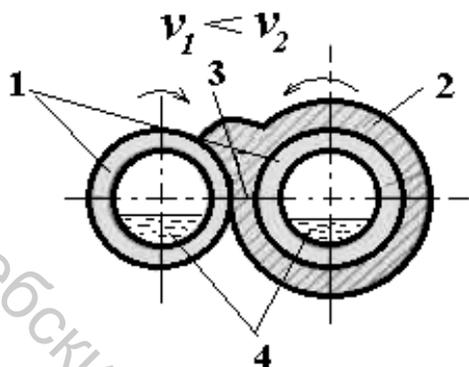
На качество выполнения технологической операции смешения в резиносмесителях существенное влияние оказывают: порядок загрузки компонентов, продолжительность и температура смешения, степень заполнения компонентами рабочей камеры, давление верхнего затвора, частота вращения и форма роторов и т. д.

Порядок загрузки компонентов должен обеспечивать их равномерное взаимораспределение и качественное диспергирование с сохранением оптимальной пластичности смеси на выгрузке. Поэтому при изготовлении резиновых смесей первоначально загружают каучук, затем регенерат и мягчители, далее вводят ускорители, активаторы ускорителей, красители, наполнители и порообразователи. Для предупреждения преждевременной частичной вулканизации резиновых смесей серу вводят под конец смешения или при последующей обработке смесей.

Выпущенная из резиносмесителя бесформенная масса прокатывается на листовальных вальцах для дополнительного перемешивания и приобретения формы, удобной для транспортирования в виде пластин и рулонов.

Вальцы представляют собой два полых металлических вальца, вращающихся навстречу друг другу и расположенные в горизонтальной плоскости (рис. 4.2). Валки вращаются с одинаковой или с несколько различающимися скоростями (с фрикцией). При обработке на вальцах в смеси возникают значительные силы трения, что приводит к нагреву смеси и самих вальцов. Перегрев смеси может вызвать преждевременную подвулканизацию смеси на вальцах. По этой причине валки изнут-

ри интенсивно охлаждаются водой, обычно до температуры 45–50 °С, при которых смешение происходит достаточно быстро и безопасно.



- 1 – валки;
- 2 – обрабатываемая сырая резиновая смесь;
- 3 – зазор, в котором перетирается резиновая смесь;
- 4 – система охлаждения

Рисунок 4.2 – Схема прокатки резиновой смеси на вальцах

Для непрерывного смешения применяют также червячные смесители. Для этой цели используются двух- трех- и четырехчервячные экструдеры, которые также называют миксэкструдерами. Применяются в этом случае взаимозацепляющиеся червяки (рис. 4.3).

Другой разновидностью этих машин является смеситель «ко-кнедер» (рис. 4.4), в котором кроме червяка имеются на боковых стенках выступы-ножи (откуда пошло его название). При вращении червяка в результате взаимодействия подвижных и неподвижных выступов материал медленно перемещается вдоль оси машины, подвергаясь интенсивной деформации сдвига в зазоре между выступами. Кроме того, червяк совершает периодически возвратно-поступательное осевое движение. Эти виды оборудования отличаются высокой эффективностью при непрерывном смешении.

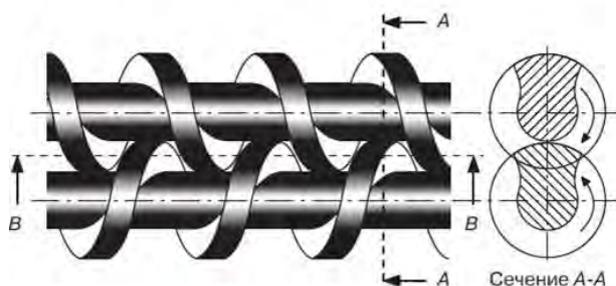


Рисунок 4.3 – Схема червячного смесителя с взаимозацепляющимися червяками

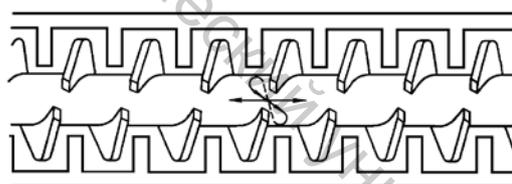


Рисунок 4.4 – Схема действия смесителя типа «ко-кнедер»

3. Формование сырых резиновых смесей.

Осуществляется с целью придания резиновым смесям такой формы и размеров, которые являлись бы наиболее удобными для получения из них заготовок.

В случае изготовления плоских резиновых деталей для низа обуви формирование смеси заключается в получении ее в виде листа неограниченной длины, но определенной толщины и ширины с ровной гладкой поверхностью. Достигается это путем пропуска резиновой смеси через зазоры валков каландра (каландрование).

Для формирования резиновой смеси применяют обычно листовальные трехвалковые каландры с расположением валков в вертикальной плоскости (рис. 4.5 а). Основной рабочей частью каландров являются металлические полые валки одинакового размера, в зазорах между которыми и происходит процесс каландрования (калибрования). Валки вращаются с одинаковой или неодинаковой скоростью. Для нагревания или охлаждения валков в процессе каландрования во внутреннюю их полость подается пар или холодная вода. Температуру поверхности валков в зависимости от типа перерабатываемой резиновой смеси поддерживают от 60 до 100 °С.

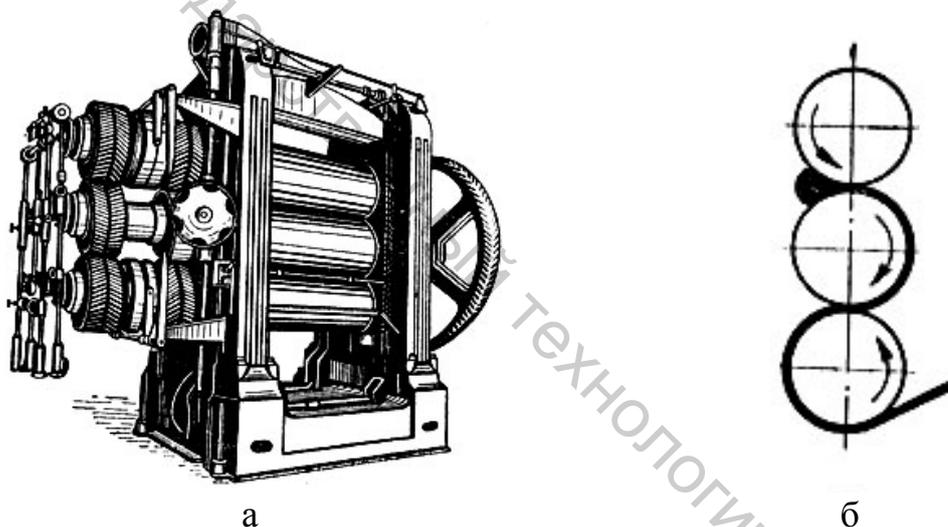


Рисунок 4.5 – Трехвалковый листовальный каландр: а – внешний вид, б – схема каландрования резиновой смеси

Сырая резиновая смесь, предварительно разогретая на вальцах до 60–70 °С в течение 4–10 минут, поступает на каландр, загружается между верхним и средним валками, затем переходит на нижний валок через зазор между средним и нижним валками, где калибруется до требуемой толщины, огибает нижний валок и снимается с последнего в виде ленты (рис. 4.5 б). При этом наблюдается некоторая вытяжка ленты смеси в продольном направлении, что приводит к неравномерности свойств смеси (и резины) вдоль и поперек направления каландрования. Это явление получило название каландрового эффекта и является нежелательным. Оно может быть уменьшено при точном соблюдении режима каландрования.

После калибрования лента резиновой смеси охлаждается холодной водой для предотвращения преждевременной подвулканизации.

Смеси для пористых резин подвергают дополнительной термообработке в теплой воде при 50–60 °С в течение 5–15 минут для предотвращения усадки изделий. Ленту, снятую с каландра, припудривают тальком, стеаратом цинка или резиновой мукой для предохранения от слипания.

Из полученной откалиброванной ленты сырой резиновой смеси вырезают или вырубают заготовки в виде пластин или напоминающие по форме будущие изделия (например, подошвы).

Нарезка пластин может осуществляться вручную и с помощью специального устройства, агрегированного с каландром.

Получение заготовок сложной формы (каблуков, подошв) производится при разрубе ленты специальными резаками на пресс-автоматах (рис. 4.6), которые настраиваются на синхронную работу с вальцами или каландром. Вырубленные детали собираются с помощью отборочного конвейера, проходящего под лентой резиновой смеси и перемещающегося перпендикулярно ей. Отход от вырубки возвращается на вальцы, где снова разогревается и передается на каландр для калибровки.

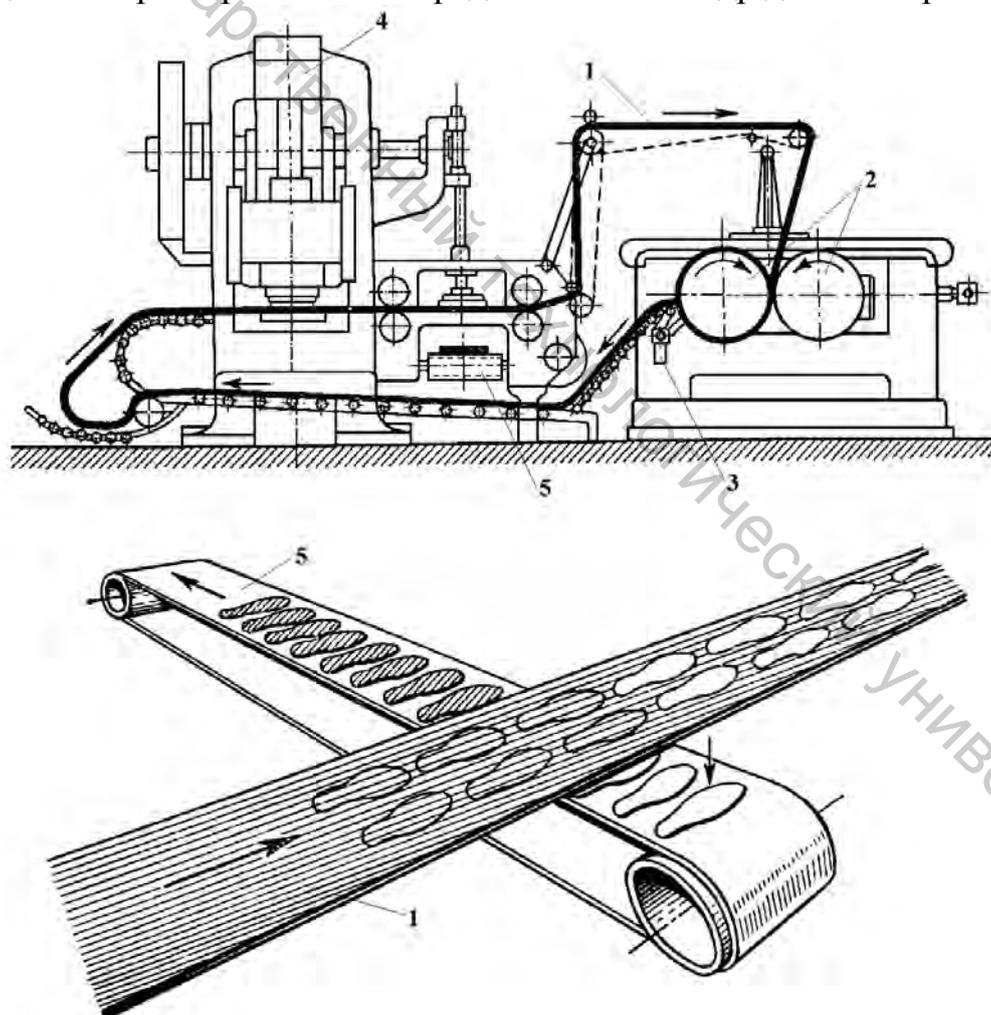


Рисунок 4.6 – Пресс-автомат для вырубания заготовок подошв:
1 – лента резиновой смеси; 2 – вальцы; 3 – срезающие смесь ножи;
4 – штамп, вырубаящий заготовки; 5 – приемный транспортер

4. Вулканизация резины.

Вулканизацией называют физико-химический процесс превращения сырой резиновой смеси в эластичную резину, приводящий к изменению строения и свойств исходного каучука и всей резиновой смеси.

При вулканизации в результате химической реакции со структурирующими веществами происходит пространственное соединение линейных молекул каучука с образованием трехмерной (пространственной) сетки, в результате чего получается продукт с новыми физико-механическими свойствами – резина (или вулканизат).

В результате вулканизации происходит изменение следующих свойств резиновых смесей:

- резко повышаются прочность при растяжении и эластичность;
- пластичность практически полностью исчезает;
- повышается теплостойкость и устойчивость к старению;
- резиновые смеси теряют способность растворяться, они только ограничено набухают в растворителях;
- повышается химическая стойкость вулканизатов.

Вулканизация может осуществляться следующими способами:

1. С помощью серы путем нагревания сырой резиновой смеси до температуры $T = 130\text{--}160\text{ }^{\circ}\text{C}$ – *горячая вулканизация* – в настоящее время имеет наиболее важное практическое значение.

2. С помощью хлорида серы S_2Cl_2 при комнатной или слегка повышенной температуре – *холодная вулканизация*.

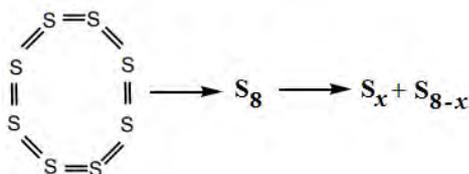
3. С помощью других вулканизирующих агентов (оксиды металлов, пероксиды, полисульфиды, галогенпроизводные, изоцианаты и пр.) – применяется ограничено для отдельных видов каучуков (например, хлоропреновые каучуки вулканизируются оксидом цинка).

4. Без применения вулканизирующих агентов:

- при высокой температуре $T = 100\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- под действием ионизирующих излучений.

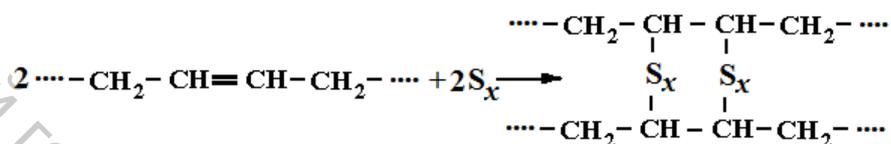
Механизм вулканизации состоит в следующем: под влиянием нагревания, взаимодействия с серой, кислородом и другими структурирующими агентами молекулярная структура каучука усложняется в результате образования между молекулами поперечных химических связей. При вулканизации также усиливается межмолекулярное взаимодействие. Это приводит к потере растворимости, затруднению пластических деформаций. Материал становится эластичным.

При серной вулканизации молекулы ромбической серы, растворяющейся в каучуке, имеют циклическое строение и состоят из восьми атомов. При температуре свыше $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит термический распад восьмичленного кольца серы с образованием линейной цепочки серы (бирадикала), который распадается на более короткие бирадикалы:

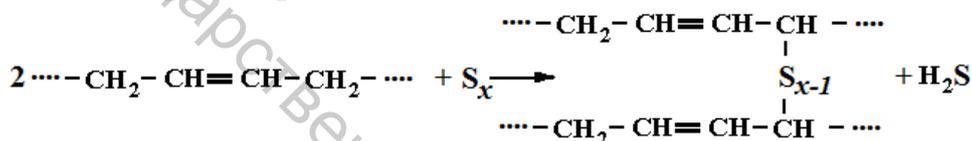


Образовавшиеся бирадикалы серы взаимодействуют с молекулами каучука с образованием поперечных химических связей между молекулярными цепями по одному из следующих вариантов:

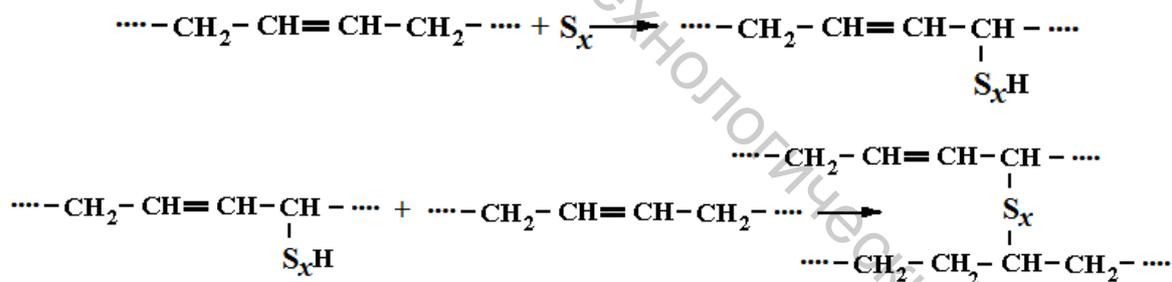
а) присоединением серы по месту раскрытия двойных связей



б) присоединением серы к атому углерода α -метиленовой группы с выделением сероводорода



в) присоединением серы с образованием промежуточной персульфгидрильной группы ($-\text{S}_x\text{H}$) и последующим сшиванием цепей



Изменение свойств резиновой смеси в процессе вулканизации происходит постепенно: возрастают прочность, твердость и упругость резины, уменьшается ее удлинение при разрыве и т. д. После определенного промежутка времени, называемого *оптимальным временем вулканизации*, достигается наиболее благоприятное сочетание свойств резины по всем качественным показателям.

Если вулканизация резиновых заготовок прекращается раньше оптимального времени, то готовые изделия оказываются недовулканизованными; наоборот, при увеличении времени вулканизации по сравнению с оптимальным резиновые изделия перевулканизовываются, их свойства ухудшаются.

Период вулканизации, при котором сохраняются оптимальные свойства резиновых изделий, носит название *плато вулканизации*. Чем плато вулканизации более растянато, тем меньше вероятность перевулканизации или недовулканизации резиновых изделий.

Степень вулканизации каучука характеризуют *коэффициентом вулканизации* K_B , который представляет собой массу связанной серы, содержащейся в резине, выраженную в процентах от массы каучука

$$K_B = \frac{S_{св}}{A} \cdot 100, \quad (4.1)$$

где $S_{св}$ – содержание связанной серы; A – содержание каучука в резине.

У мягких резин $K_B = 1,5-3 \%$, у твердых (эбонитов) – значительно выше. Минимальное значение коэффициента, при котором существенно изменяются свойства резины, составляет $0,1-0,15 \%$.

Резиновые изделия получают двумя основными способами:

- методом прессовой горячей вулканизации;
- литьем под давлением

Прессовый метод вулканизации предусматривает использование заранее приготовленных заготовок из резиновых смесей, которые закладывают в закрываемые пресс-формы и выдерживают необходимое время при заданных температурах и давлении в колонно-рамных вулканизационных прессах или вулканизационных карусельных прессах-автоматах МПС.

Колонно-рамные прессы для вулканизации (рис. 4.7) имеют многоэтажную конструкцию, состоящую из нескольких обогреваемых плит 1, между которыми помещаются пресс-формы 2 с заготовками сырой резиновой смеси 3. Применяются для получения резин в виде пластин и формованных деталей пористой и монолитной структуры. Подогреваемые плиты под действием силового гидроцилиндра 4 вулканизационного пресса поднимаются до верхней траверсы 5, создавая давление на смесь. Под действием давления и температуры резиновая смесь растекается по объему полости пресс-формы и выдерживается под давлением в течение времени, необходимого для вулканизации. Избыток смеси вытекает в зазоры, образуя выпрессовки – «заусеницы».

Карусельные прессы используют для вулканизации формованных деталей.

Основные параметры вулканизации (температура, давление, время) устанавливаются в зависимости от состава резиновой смеси, толщины изделия и структуры получаемой резины.

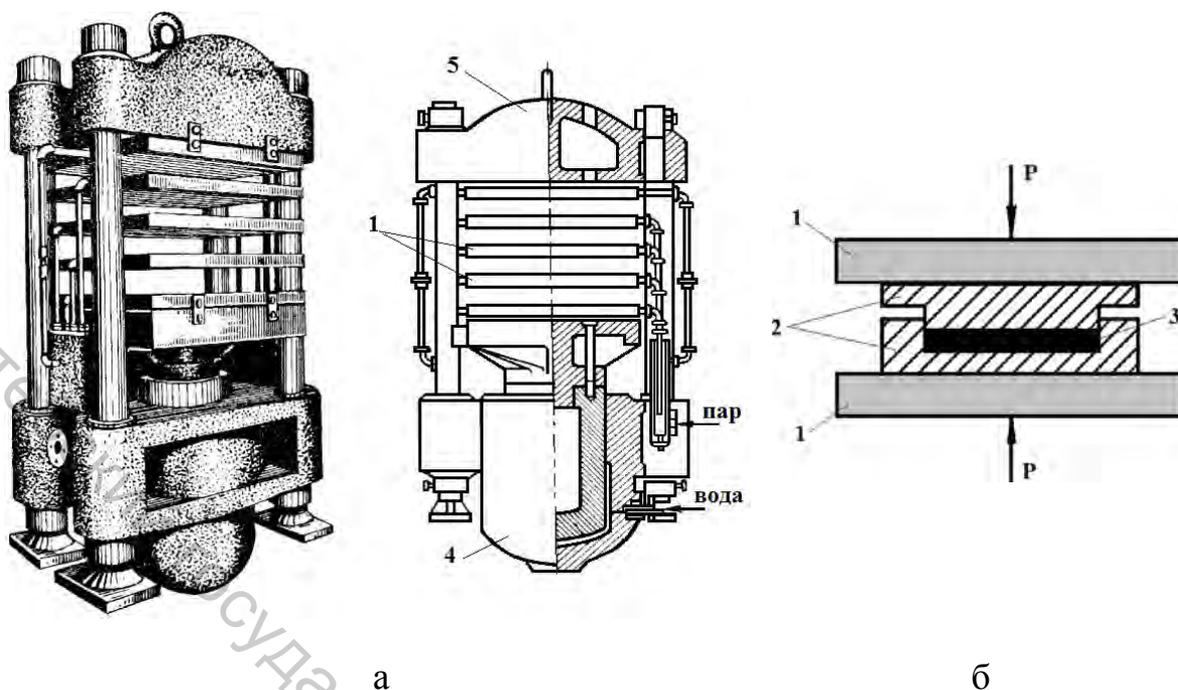


Рисунок 4.7 – Вулканизационный пресс: а – общий вид, б – схема вулканизации сырой резиновой заготовки: 1 – плиты пресса; 2 – пресс-форма; 3 – сырая резиновая заготовка; 4 – гидроцилиндр; 5 – траверса

Вулканизация **монолитных** резин осуществляется при температуре 140–170 °С, давлении 3,0–5,0 МПа в течение 5–15 минут. Продолжительность вулканизации существенно зависит от температуры: с её повышением время вулканизации уменьшается, а производительность пресса возрастает.

В результате получается готовое резиновое изделие, отличающееся четким рисунком, блеском и высокими механическими свойствами. После выемки из пресс-формы оно нуждается лишь в обрезке заусениц.

Особенности прессования монолитных резин: масса заготовки должна превышать массу готового изделия на 5–7 %. Размеры заготовки по длине и ширине должны быть меньше размеров полости формы, а высота больше на 20–25 %.

Вулканизация **пористых** резин характеризуется одновременным протеканием процессов сшивания каучука и порообразования. От соотношения скоростей порообразования и структурирования в значительной степени зависят плотность и качество получаемых резин.

При вулканизации пористых резиновых изделий важно, чтобы распад порообразующих веществ в процессе нагревания резиновой смеси предшествовал утрате ею пластичности. Это условие может быть удовлетворено соответствующим подбором порообразователей и ускорителей вулканизации (температура распада порообразующих веществ должна быть ниже критической температуры ускорителей) и режима вулканизации.

Для изготовления **пористых** резин применяют два способа вулканизации:

- 1) способ роста;
- 2) способ запрессовок (чередования давления).

При *способе роста* используют заготовки меньшего объема, чем объем пресс-форм (рис. 4.8 а). Заготовки в пресс-формах помещают на плиты вулканизационного пресса и разогревают. Под влиянием нагрева порообразующие вещества разлагаются с выделением газов и паров (CO_2 , N_2 , H_2O), создается давление внутри смеси, смесь увеличивается в объеме (в 1,5–2,0 раза), заполняя всю пресс-форму. После окончания периода заполнения пресс-форм начинается процесс вулканизации образовавшегося пористого резинового изделия под постоянным давлением.

Общая продолжительность процесса в зависимости от вида вулканизуемых изделий колеблется в пределах 8–18 и более минут, температура вулканизации около $150\text{ }^\circ\text{C}$, давление – от 3,0–5,0 МПа.

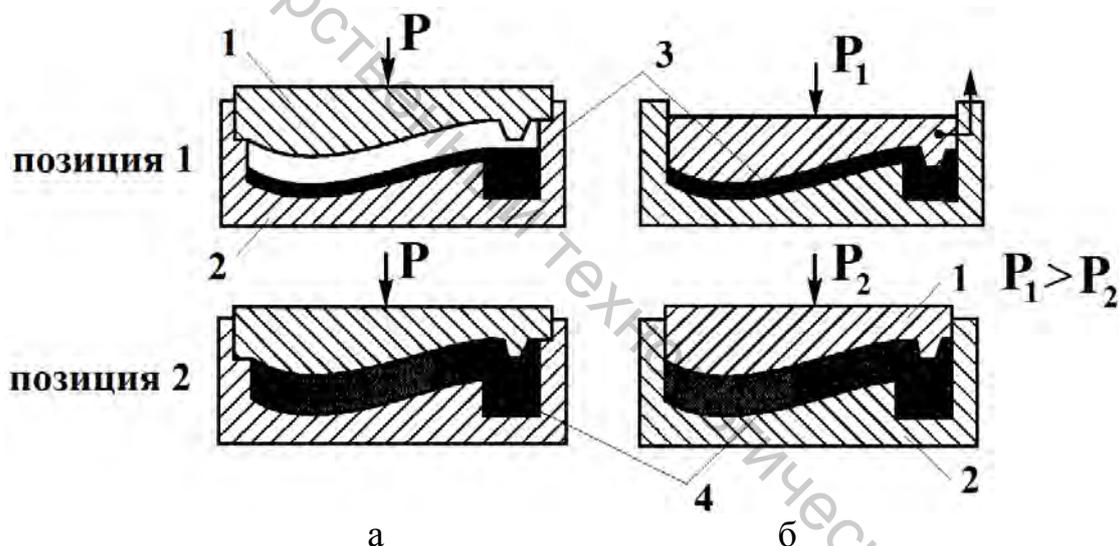


Рисунок 4.8 – Схема получения пористых резин: а – способ роста, б – способ переменного давления: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – сырая резиновая смесь; 4 – деталь из резины

Недостатком этого способа является низкое качество формования, так как формируется изделие на самом последнем этапе, когда смесь расширилась по всей пресс-форме, уже частично подвулканизована и плохо формируется (могут образовываться нечеткие грани и рисунок, раковины и т. п.). Так как увеличение объема заготовок происходит при ещё малом числе сшивок макромолекул, то в получаемых изделиях практически отсутствуют внутренние напряжения и усадка при их хранении невелика (1–2 %).

При способе роста пористость резиновых изделий, помимо состава резиновой смеси, зависит от соотношения между толщиной сырых заготовок и высотой гнезд пресс-форм. Продолжительность процесса

вулканизации методом «роста» выше, чем при методе «запрессовок», вследствие затрудненного теплообмена, вызванного наличием воздушной прослойки между заготовкой и крышкой пресс-формы и плохим прилеганием заготовки к днищу. Способом «роста» получают в основном пористые черные резины с плотностью не менее $0,5 \text{ г/см}^3$.

При способе «запрессовок» (рис. 4.8 б) используются заготовки объемом, превышающим объем пресс-форм. Вулканизация проходит в две стадии.

На первой стадии смесь запрессовывается под высоким давлением (3–5 МПа), заготовка при этом разогревается, растекается по полости пресс-формы и частично вулканизируется, а избытки смеси образуют выпрессовки. Одновременно со сшиванием макромолекул происходит разложение порообразователя и насыщение смеси большим количеством микропузырьков (зародышей будущих пор). Порообразования практически не происходит из-за высокого внешнего давления.

На второй стадии внешнее давление на смесь снижается до 1,5–2 МПа, пресс-формы частично размыкаются, увеличивая высоту полости пресс-формы. Смесь растет за счет давления газов, выделяющихся при разложении порообразователей, формируется пористая структура резины и происходит её окончательная вулканизация при низком внешнем давлении.

Общая продолжительность вулканизации способом чередования давлений достигает 15–18 минут при температуре 150–160 °С.

Способ обеспечивает высокое качество формования, длительность образования пористой структуры меньше, пористая структура более однородна и плотность подошвы больше, чем при способе роста.

Недостатками вулканизации способом чередования давлений являются большие колебания толщины изделий и значительная усадка изделий (до 10–12 %). Чтобы ликвидировать этот эффект после вулканизации проводят охлаждение резины непосредственно в пресс-форме. Это удлиняет технологический цикл производства пористой резины на 6–8 минут, но при этом при раскрытии пресс-формы усадки детали практически не возникает и качество изделий улучшается.

Вулканизацию способом чередования давлений широко применяют при производстве различных легких цветных пористых резиновых пластин для низа обуви, а также кожеподобных пористых пластин.

Возможна вулканизация не при переменном, а только при высоком давлении. При таком методе уменьшаются колебания деталей по толщине и продолжительность процесса, но возрастает плотность резин. Таким способом вулканизируют кожеподобные пористые пластины при постоянном высоком давлении в пресс-рамках повышенной толщины с последующим распиливанием на два или более слоев необходимых калибров, так как непосредственное получение пористых резиновых изделий малых толщин весьма затруднительно.

При *литьевом способе* резиновая смесь в виде гранул подается в нагревательный цилиндр литьевого агрегата, разогревается до пластического состояния ($T = 70\text{--}100\text{ }^{\circ}\text{C}$) и под давлением впрыскивается в закрытую обогреваемую пресс-форму, где формуется и вулканизуется. При впрыске смесь разогревается до $160\text{--}190\text{ }^{\circ}\text{C}$ за счет внутреннего трения. Так как вязкость резиновых смесей очень велика, то необходимо очень высокое давление впрыска – $100\text{--}150\text{ МПа}$. В связи с этим литьевые агрегаты для литья резиновых смесей снабжены очень мощным блоком запирания литевых форм. По окончании вулканизации литевая форма раскрывается и изделие извлекается.

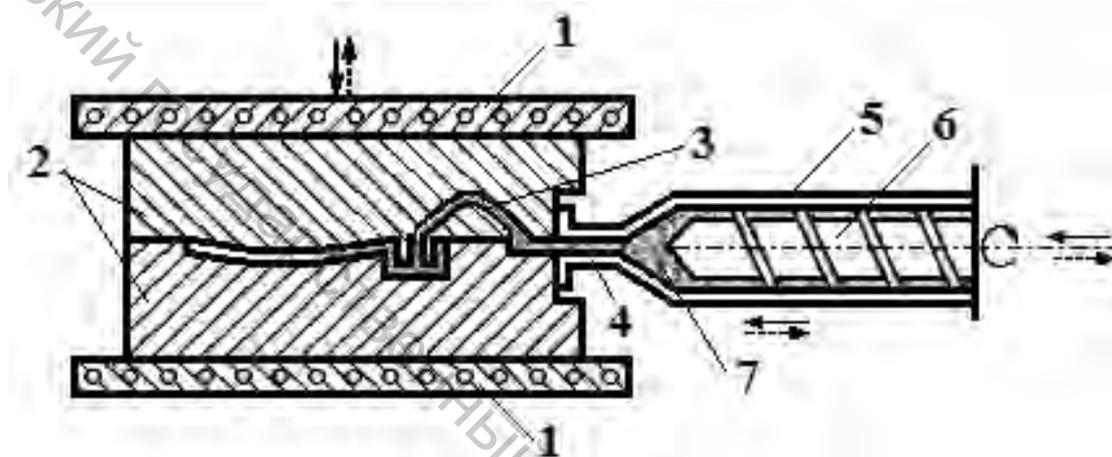


Рисунок 4.9 – Схема литья под давлением резиновых смесей:

- 1 – нагревательные плиты; 2 – пресс-форма; 3 – литниковый канал;
4 – сопло; 5 – нагревательный цилиндр; 6 – шнек; 7 – резиновая смесь

Литьевым методом изготавливают монолитные и пористые формованные детали низа, а также двухслойные подошвы разной плотности или цвета слоев. При получении резин пористой структуры используются литевые формы с подвижным пуансоном, который в процессе вулканизации увеличивает объем полости литевой формы для достижения заданной плотности резины.

Основными недостатками способа литья под давлением резиновых смесей являются высокая энергоемкость и невозможность получения тонкостенных изделий из-за высокой вязкости резиновых смесей.

Учитывая это разработан инжекционно-прессовый литевой способ формования резиновых смесей (рис. 4.10), при котором пластицированная резиновая смесь подается из сопла 1 нагревательного цилиндра 2 в открытую полость литевой формы 3 и укладывается в неё в виде жгутов 4. По мере подачи жгутов резиновой смеси нагревательный цилиндр 2 перемещается и в полость пресс-формы вводится заданный объем смеси. По окончании подачи смеси цилиндр 2 отводится и производится формование смеси пуансоном 5 с последующей вулканизацией изделия.

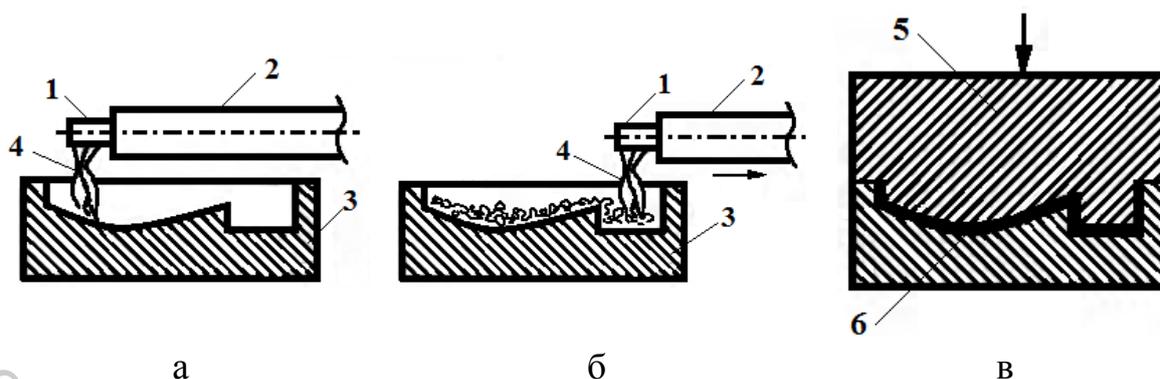


Рисунок 4.10 – Стадии (а–в) инжекционно-прессового литейного способа формования резиновых смесей: 1 – сопло; 2 – нагревательный цилиндр; 3 – литейная форма; 4 – жгуты резиновой смеси; 5 – формующий пуансон; 6 – подошва

Преимущества инжекционно-прессового литейного способа:

- заполнение пресс-формы осуществляется при невысоком давлении, что снижает энергоемкость производства и исключает необходимость усиления конструкции рабочих органов литейной машины;
- возможность изготовления тонкостенных изделий с мелким и четким рельефом поверхности;
- сокращается время разогрева смеси благодаря впрыскиванию при температуре, близкой к температуре вулканизации.

5. Отделка резины.

Заключительной операцией технологического процесса изготовления готовых деталей из вулканизированной резины является отделка, которая включает:

- термостатирование – для пористых резин;
- удаление выпрессовок;
- распиливание (шпальтование) по толщине листов резин.

Для обрезки выпрессовки (заусенцев) служит тримминг-машина, имеющая два дисковых ножа, расположенных под углом 90° друг к другу. Изделие подается выпрессовкой в зазор между ножами, которые отрезают выпрессовку по контуру. Если изделия представляют собой формованные детали, то их после удаления выпрессовок сортируют, клеймят и отправляют потребителям.

Литники, остающиеся в литейных отверстиях пресс-форм, удаляют обрезкой вручную.

Термообработку пористых резиновых изделий, получаемых методом «запрессовок», выполняют с целью уменьшения их усадки по площади и достижения стабильных размеров. Прогревание в течение 6–8 ч при температуре $100\text{--}110^\circ\text{C}$ обеспечивает уменьшение размеров резиновых пластин на 8–9 % (полная усадка – 10–12 %), что позволяет

осуществлять разруб пластин на детали без опасности деформирования вырубленных деталей.

Шпальтование проводят для выравнивания толщины пластин пористых и кожеподобных резин на двоильно-ленточных машинах. Для облегчения процесса шпальтования кожеподобных резин, отличающихся повышенной жесткостью, их предварительно нагревают до температуры 60–80 °С.

При изготовлении резиновых изделий могут получиться различные производственные дефекты, которые снижают качество изделия, понижают его сортность или переводят в брак.

Основными производственными дефектами являются:

1. Недовулканизация (высокая мягкость и пластичность резины) вследствие недостаточного введения вулканизирующих агентов, пониженной температуры или сокращения времени вулканизации.

2. Перевулканизация (высокая твердость и ломкость резины) вследствие избытка в смеси вулканизирующей группы, длительного пребывания смеси в прессе или слишком высокой температуры вулканизации.

3. Недопрессовка возникает при падении давления в вулканизационном прессе, применении частично подвулканизированной смеси, загрузке заготовок в несоответствующие по размерам формы.

4. Шероховатая и бугристая поверхность, полученная из-за подвулканизации смеси при ее изготовлении, наличия в формах раковин и бугорков.

5. Повреждения поверхности при вулканизации, появляющиеся при загрузке смеси в холодную форму, плохом смешении с вулканизирующими агентами, попадании воды в форму.

6. Пузыристость на поверхности резины и внутри, получаемая при наличии влаги в смеси, отсутствии или недостатке давления в прессе, недостаточной загрузке формы смесью.

7. Раковины появляются при попадании воздуха в форму, неправильно подобранном составе ускорителей, выделении газов из смеси.

8. Проколы и разрывы, происходящие при выгрузке изделия из формы острым инструментом.

9. Несоответствие размеров деталей (подошв, каблуков) чертежам или шаблонам из-за избыточной усадки после вулканизации, а также перекося от штамповки.

10. Неравномерная толщина – результат неправильной закладки заготовок в пресс-формы, а также применения неисправных пресс-форм, перекося плит пресса и низкой пластичности смеси из-за ее подвулканизации при обработке.

11. Разнотон – неровный (неодинаковый) цвет детали в различных ее частях, особенно в цветных изделиях – результат плохого смешивания смеси с красящими веществами.

12. Выцветание серы в результате недовулканизации, вследствие пониженной температуры и малого времени вулканизации или при одновременном введении большого количества серы и недостаточного количества ускорителей.

13. Грязная поверхность, получаемая при загрузке в невычищенные формы.

14. Остатки заусенцев и выхваты, появляющиеся при небрежной обрезке выпрессовки.

4.3 Полиуретаны для низа обуви

Полиуретанами (ПУ) называют высокомолекулярные соединения, содержащие в основной цепи макромолекулы уретановые группы – NH – CO – O –. Кроме уретановых групп в зависимости от природы исходных соединений в макромолекулах полиуретанов могут содержаться и другие группы (амидные, карбамидные, эфирные). В ряде случаев содержание уретановых групп может быть незначительно по сравнению с содержанием других функциональных групп, однако наиболее важные характеристики полиуретанов определяются наличием в макромолекулах именно уретановых групп.

По способу переработки различают полиуретаны:

– *литьевые (микроячеистые)* перерабатываются в готовые изделия *методом жидкого формования*, совмещающего в одном процессе получение высокомолекулярного полимера из исходных низкомолекулярных продуктов (олигомеров) и формование из него изделий;

– *термопластичные* перерабатываются в готовые изделия по классической технологии литья под давлением термопластов;

– *вальцуемые* – высокомолекулярные твердые уретановые каучуки линейного строения, перерабатываемые по технологии резинового производства.

Для изготовления низа обуви наибольшее распространение получили *литьевые* полиуретаны, которые применяются как для литья формованных деталей (подошв, каблуков), так и для прямого литья низа обуви непосредственно на заготовку верха обуви.

Это связано с высокой эффективностью метода жидкого формования, обусловленной тем, что:

– при данном методе совмещаются процессы синтеза полиуретана, формования изделия из него, а также процесс прикрепления низа к верху обуви в случае прямого литья подошв на заготовку верха обуви;

– жидкие олигомеры обладают низкой вязкостью и высокой текучестью, легко заполняют пресс-форму и синтезируются в твердое полимерное изделие любой формы и размеров без применения высокого

давления, температур (всего 50–60 °С) и растворителей, что существенно снижает энергоемкость литья;

– жидкая полиуретановая композиция обладает высокими адгезионными свойствами, что в случае прямого литья низа на заготовку верха исключает необходимость нанесения клея на затяжную кромку, а, следовательно, упрощается этап подготовки следа полуфабриката.

Литьевые полиуретаны получают взаимодействием двух основных исходных компонентов:

1) **ди- или полиизоцианатов:** $O=C=N-R_1-N=C=O$.

Для обувных литьевых композиций применяют ароматические линейные диизоцианаты, например, дифенилметандиизоцианат;

2) **олигоэфирдиолов**, содержащих на концах молекул реакционноспособные гидроксильные группы: $HO-R_2-OH$.

Применяются простые или сложные олигоэфиры:

– простые олигоэфиры (линейные гликоли) – содержат в цепи простую эфирную связь $\equiv C-O-$: полиэтиленгликоль, полипропиленгликоль, полиокситетраметилгликоль;

– сложные олигоэфиры имеют в цепи сложную эфирную связь $-COO-$: полиэтиленгликольадипинат, полиэтиленбутиленгликольадипинат.

При производстве подошвенных материалов чаще применяют сложные олигоэфирдиолы, обеспечивающие более высокие физико-механические свойства изделий. Однако их недостатком является низкая стойкость к гидролизу.

Помимо основных компонентов в литьевую смесь добавляют:

– порообразователи, для получения микропористой структуры: чаще всего дистиллированную воду;

– порорегуляторы снижают поверхностное натяжение системы в момент пенообразования и отверждения, в результате чего создаются условия для равномерного распределения углекислого газа по объему синтезируемого полиуретана: полисилоксаны;

– удлинители цепи – низкомолекулярные вещества, имеющие две или более гидроксильные группы, способные вступить во взаимодействие с концевыми изоцианатными группами, благодаря чему осуществляется рост полимерной цепи и улучшаются свойства синтезируемого низа обуви: этиленгликоль, 1,4-бутандиол;

– катализаторы ускоряют реакции отверждения полиуретана и его вспенивания: катализатор «Дабко», олеат олова;

– стабилизаторы, эмульгаторы – облегчают процессы заполнения формы и формообразования изделия: поверхностно-активные вещества (например, производные диметилполисилоксана);

– красители и пигменты.

Для литья полиуретанов используют литьевые установки, чаще всего карусельного типа основными элементами которых являются:

- неподвижный инжекционный узел для дозирования и смешения исходных компонентов и заливки их в пресс-форму;
- карусельный стол с формодержателями и установленными на них пресс-формами (12, 18 или 24 пресс-форм) и силовым механизмом для замыкания пресс-форм и создания давления;
- система автоматического управления процессом.

Процесс синтеза полиуретанов осуществляется двумя методами:

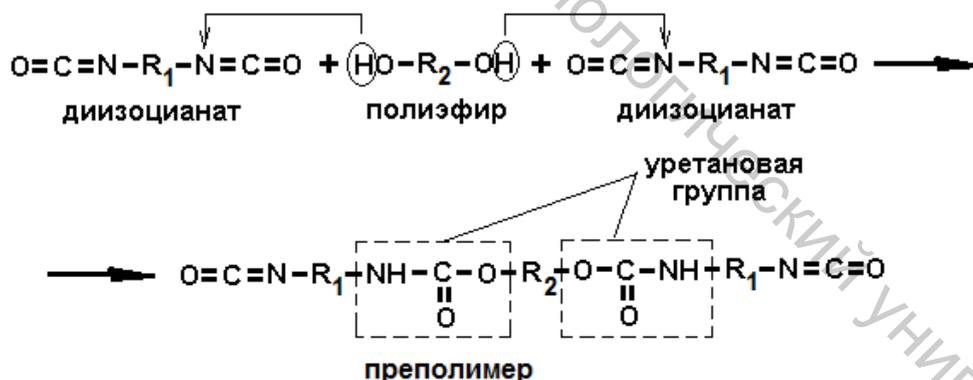
1. *Одностадийным* – все ингредиенты литьевой композиции одновременно поступают в смесительное устройство литьевой машины, где они перемешиваются и вступают во взаимодействие друг с другом.

Недостатки метода:

- из-за большой разницы в вязкости полиизоцианата и сложных олигоэфиров их равномерное смешивание затруднительно, поэтому синтезируемый полимер получается неоднородным по структуре и свойствам;
- реакция образования полиуретана экзотермична, протекает с образованием большого количества теплоты, что обуславливает необходимость постоянного охлаждения смесителя;
- необходима высокая точность дозирования полиизоцианата.

2. *Двухстадийным (преполимерным)* – процесс синтеза пенополиуретана разделен на две отдельные стадии:

1. На первой стадии осуществляется взаимодействие части полиэфира с полиизоцианатом с образованием промежуточного олигомерно-го жидкого преполимера (**компонент Б**).



Реакция происходит между группами OH и NCO за счет оттяжки водородного атома к азоту.

Преполимер (или форполимер) представляет собой низкомолекулярное соединение с уретановыми группами в основной цепи и с реакционно-способными изоцианатными группами на концах молекул. Полученный преполимер называют также удлиненным диизоцианатом, или макродиизоцианатом.

Остальные ингредиенты литьевой смеси: оставшаяся половина олигоэфирдиола, катализаторы, удлинители цепи, вспениватель, красящая паста – объединяются в гидроксилсодержащий **компонент А**.

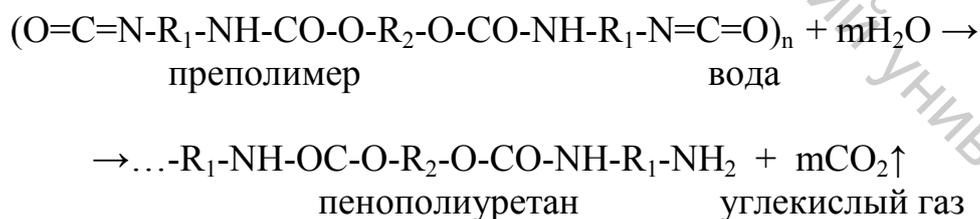
Компонент А готовится непосредственно перед изготовлением изделий путем перемешивания полуфабрикатов при температуре 50–60 °С в течение 30 мин. Компонент Б (преполимер) готовится на химическом предприятии путем перемешивания олигоэфира с сшивающим агентом при температуре 60–90 °С и поступает на обувные предприятия в готовом виде в герметичной таре.

2. На второй стадии оба компонента А и Б в соотношении, близком к 1:1, и нагретые до температуры 40–50 °С, подаются в инъекционный узел литьевой машины (рис. 4.11), где быстро (за несколько секунд) смешиваются и впрыскиваются в холодную пресс-форму, в которой протекает основная реакция образования полиуретана в результате взаимодействия преполимера (компонент Б) с гидроксилсодержащими ингредиентами литьевой композиции (компонент А):



В ходе реакции происходит удлинение молекул олигоэфира через уретановые группы, благодаря чему вязкость реакционной смеси резко возрастает вплоть до потери ее текучести (смесь отверждается).

Одновременно с этой реакцией происходит взаимодействие концевых изоционатных групп преполимера и полиуретана с водой. Образуется углекислый газ, вследствие чего полиуретан вспенивается с образованием пористой структуры



Впрыск смеси в литьевую форму осуществляется в течение 5–10 секунд при невысоком давлении (до 0,5 МПа). В период смешения компонентов А и Б и впрыска в литьевую форму температура смеси повышается до 100–200 °С за счет её интенсивного перемешивания и вследствие протекания химических реакций, поэтому корпус смесителя охлаждается до 50–60 °С. Продолжительность процесса формования составляет 2–6 минут в зависимости от толщины подошв, в течение которых полиуретан переходит в твердое состояние и приобретает форму-

устойчивость. После этого литьевая форма размыкается и изделие извлекается.

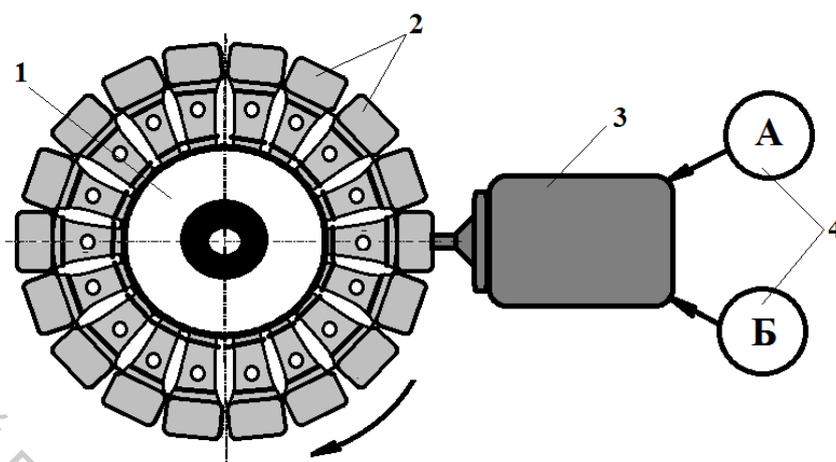


Рисунок 4.11 – Схема машины для литья полиуретановых подошв:
1 – карусельный стол с формодержателями; 2 – пресс-формы;
3 – инжекционный узел литьевой машины; 4 – резервуары для
компонентов полиуретановой композиции

При двухстадийном способе вязкость компонентов А и Б практически равна, что облегчает процесс их смешения. Так как синтез пенополиуретана идёт в две стадии, нет интенсивного теплообразования и отпадает необходимость в интенсивном охлаждении смесительных устройств.

Извлеченные из пресс-формы изделия нуждаются в пролежке без их деформации в течение 6–8 ч (выстой), в течение которых завершается протекание химических реакций образования полиуретана и формирования его структуры.

Свойства полиуретана для низа обуви могут изменяться в зависимости от назначения в широких пределах. По большинству показателей свойств полиуретановые подошвы предпочтительнее подошв, изготовленных из резины и ТЭП.

Микроячеистые полиуретаны характеризуются:

- высокой легкостью;
- повышенной прочностью, сопротивлением истиранию, многократному изгибу и раздиру;
- хорошими теплоизоляционными свойствами;
- достаточной морозостойкостью;
- высокой адгезией к материалам верха обуви;
- устойчивостью к действию масел, жиров, нефтепродуктов, щелочей, многих видов растворителей;
- высокими амортизационными свойствами;
- возможностью формования подошв сложной конфигурации с поверхностью изделий различной текстуры (под пробку, под дерево, под кожу и т. п.) вследствие низкой вязкости исходных олигомерных

продуктов.

К недостаткам полиуретанов относятся:

- высокая стоимость сырья;
- низкий коэффициент трения по мокрому и обледенелому грунту, что вызывает необходимость в глубоком рифлении подошв;
- недостаточная стойкость к воздействию кислот.

Подошвы, применяемые для изготовления обуви, имеют среднюю плотность $0,6 \text{ г/см}^3$. Цвет подошвы, выполненной из полиуретана, может быть самым разнообразным. Поверхность подошвы может быть гладкой и рифлёной.

4.4 Термопластичные материалы для низа обуви

Термопластичные материалы – это материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные под влиянием температуры и давления переходить в вязкотекучее состояние, формоваться в изделия, при последующем охлаждении отвердевать и устойчиво сохранять приданную им форму.

Из термопластичных материалов наиболее широкое применение для изготовления деталей низа находят пластифицированный поливинилхлорид, термоэластопласты, термопластический полиуретан, сополимеры этилена с винилацетатом, полиамиды, полипропилен, АБС-пластики и др.

Наиболее распространенным и эффективным способом переработки термопластичных полимеров в изделия является литье под давлением, осуществляемое на поршневых, червячных и червячно-поршневых литьевых машинах (рис. 4.12).

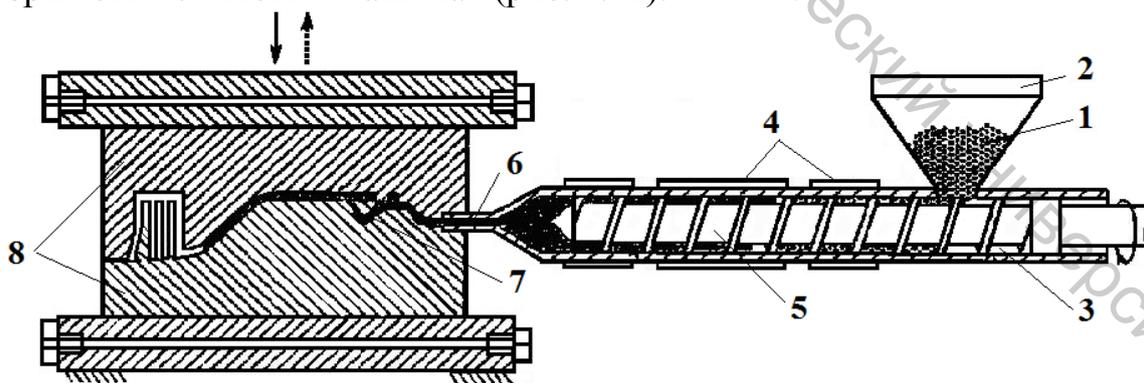


Рисунок 4.12 – Схема литья подошв из термопластичных материалов на червячно-литьевой машине

Гранулы 1 термопластичного полимера поступают в бункер 2 литьевой машины, захватываются шнеком 5 и транспортируются в цилиндре 3, который обогревается нагревателями 4. По мере перемеще-

ния гранулы полимера расплавляются, расплав перемешивается, гомогенизируется и выдавливается под высоким давлением через сопло 6 и литниковый канал 7 в охлажденную пресс-форму 8, где он остывает и принимает нужную форму.

ПВХ-пластики – представляют собой литьевые смеси пластифицированного поливинилхлорида с другими ингредиентами.

Поливинилхлорид (ПВХ) – наиболее доступный и недорогой термопластичный полимер строения $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$, получаемый полимеризацией винилхлорида. Для низа обуви применяют ПВХ с молекулярной массой около 70000. В обычном состоянии при нормальных условиях ПВХ является жесткоцепным полимером, у которого высокоэластическое состояние проявляется очень слабо или не проявляется вообще. Поэтому для литья низа применяют *ПВХ-пластики*. Для этого в состав ПВХ (на 100 мас. ч.) вводят 50–60 мас. ч. пластификатора (сложные эфиры фталевой, себациновой и адипиновой кислот: диоктилфталат, диоктилсебацианат и др.).

Введение пластификаторов снижает температуру стеклования полимера и повышает его морозостойкость, снижает температуру текучести и облегчает переработку, уменьшает вязкость. Чем больше содержание пластификаторов, тем выше эластичность и морозостойкость.

Однако при этом:

- снижается прочность полимера;
- пластификаторы способны мигрировать на поверхность материала и ослаблять межмолекулярное взаимодействие в зоне клеевого шва, поэтому для приклеивания подошв можно использовать только клеи, устойчивые к действию пластификаторов (например, полиуретановые).

Для улучшения качественных характеристик в ПВХ-пластикат добавляют стабилизаторы, красители, пигменты. Для получения пористого облегченного низа обуви в состав пластиката вводят порообразователи (например, порофор ЧХЗ-21).

Технологические параметры переработки ПВХ-пластикатов: температура пластификации 160–190 °С; продолжительность впрыска – 5–10 с; давление впрыска – 10–15 МПа; время формования – 3–4 мин.

ПВХ-пластики используются:

- для производства монолитных и пористых формованных деталей низа обуви летнего и осенне-весеннего сезонов носки (подошвы, рант, каблуки и др.);
- для прямого литья подошв на затянутый верх обуви;
- для изготовления цельноформованной обуви.

Детали, изготовленные из ПВХ-пластиката, выпускают плотностью – 1,2–1,3 г/см³ (монолитные) и до 0,85 г/см³ (пористые) разнообразных цветов и рифлений ходовой поверхности подошвы.

Поливинилхлоридные подошвы обладают высоким сопротивлением истиранию, эластичностью, гибкостью, стойкостью к действию

агрессивных сред, но имеют низкую морозостойкость и высокую плотность и массу. По ряду важнейших показателей ПВХ-пластикаты уступают полиуретанам и термоэластопластам, однако сравнительно дешевые и недефицитные, что обуславливает их широкое применение.

Термоэластопласты (ТЭП) – высокомолекулярные соединения, представляющие собой блок-сополимеры со строением типа



где А – жёсткий термопластичный блок; В – эластичный блок; С – агент полимеризации.

Эластичные блоки образуют матрицу ТЭП, так как их содержание существенно превышает содержание жёстких блоков, объединённых при нормальной температуре в агрегаты (жёсткие домены) и выполняющих роль активного химически связанного с матрицей наполнителя (рис. 4.13).

Благодаря такому строению при нормальной температуре ТЭП ведут себя как наполненные вулканизированные эластомеры типа резин, а при повышенных температурах, как обычные термопласты, способные к плавлению и переработке методами литья. При этом в отличие от резин литьевые технологические отходы ТЭП, как правило, можно подвергать рециклизации, то есть вторично перерабатывать.



Рисунок 4.13 – Схематичное изображение структуры ТЭП: 1 – жесткие термопластичные блоки; 2 – гибкие эластомерные блоки; 3 – термопластичные домены

При синтезе ТЭП в качестве блока А используют термопластичный полистирол, полипропилен, поливинилхлорид и др., а блок В – эластомеры типа полиизопренового, полибутадиенового, бутадиенстирольного, этиленпропиленового и других каучуков.

Химическая природа и соотношение блоков в макромолекуле ТЭП определяют его свойства и назначение. Так, наиболее распространённый вид подошвенных ТЭП марки ДСТ-30 представляет собой блок-сополимер, имеющий строение: полистирол – полибутадиен – полистирол с 30%-м содержанием полистирола.

При изготовлении ТЭП в состав композиции дополнительно вводят порообразователи, пигменты и красители, мягчители, стабилизаторы, иногда вулканизирующие и другие вещества.

В большинстве случаев детали низа из термоэластопластов формируются литьем под давлением и крепятся к верху обуви клеевым или клеепрошивным методами. Реже применяется прямое литье композиций

термоэластопластов на заготовку верха обуви, что объясняется невысокой прочностью литьевого крепления и более высокой эффективностью применения прямого литья ПВХ-пластикатов и литевых полиуретановых композиций.

Технологические параметры литья ТЭП:

- температура пластификации: 130–170 °С;
- температура пресс-формы: 5–30 °С. Раньше ТЭП перерабатывались при температуре пластификации 175–200 °С и температуре пресс-формы 20–40 °С, что было связано с невысокой текучестью расплавов. В настоящее время в результате применения эффективных пластификаторов температуры переработки ТЭП значительно снизились.

- продолжительность впрыска: 5–10 с;

- давление впрыска: 70–95 Мпа;

- время формования: 3–4 мин.

Изделия из ТЭП имеют пористую и непористую структуру, выпускаются в виде формованных, профилированных и непрофилированных подошв, подметок, набоек. Детали могут быть черными, цветными и двухцветными. Средняя плотность подошв с каблучком из ТЭП составляет: пористых – 0,87 г/см³, монолитных – 0,97 г/см³.

Свойства подошв из ТЭП уступают свойствам подошв из полиуретанов, но превосходят свойства подошв из резин. Достоинствами ТЭП являются высокие морозостойкость, прочность, эластичность и износостойчивость, хорошая сцепляемость с грунтом, вследствие высокого коэффициента трения, недефицитность сырья, невысокая стоимость. Преимуществом ТЭП является отсутствие усадки при литье, так как формирование пористой структуры происходит при температуре, превышающей температуру текучести полимера. Недостатком отдельных видов ТЭП является невысокая термоустойчивость, приводящая к снижению прочностных показателей при температуре 50–70 °С, и неудовлетворительная стойкость к воздействию агрессивных сред.

Термопластичные полиуретаны (ТПУ), (уретановые термоэластопласты), представляют собой блоксополимеры типа (А–В)_n.

Блоки А, образуемые молекулами простых или сложных олигоэфиров, характеризуются слабым межмолекулярным взаимодействием и эластичностью. Уретановые блоки В, наоборот, обладают сильным межмолекулярным взаимодействием и жесткостью. Жесткие блоки агрегируются в домены, которые распределяются в матрице эластичных блоков, вследствие чего ТПУ не обладают текучестью при умеренных температурах в отличие от литевых полиуретанов.

Термопластичные полиуретаны могут перерабатываться всеми методами, разработанными для формования термопластов. Преобладающим методом формования изделий из ТПУ является литье под давлением. Температурный интервал переработки большинства термопла-

стичных полиуретанов составляет 165–215 °С.

Термопластичные полиуретаны обладают самыми высокими показателями механических свойств среди всех подошвенных материалов. Предел прочности при растяжении ТПУ составляет 30–60 МПа, относительное удлинение при разрыве – 400–700 %. Термопластичные полиуретаны имеют высокое сопротивление истиранию, отличаются высокой стойкостью к действию агрессивных сред, термо- и морозостойкостью, характеризуются высоким коэффициентом трения-сцепления с грунтом, хотя и уступают по этому показателю термоэластопластам и некоторым видам резин. Композиции на основе ТПУ имеют высокую адгезию к материалам верха обуви. Наряду с этим, монолитный ТПУ имеет высокую плотность, что отражается на весе изделия, его эластичности и теплоизоляции, поэтому его, как правило, комбинируют с литьевым полиуретаном. ТПУ имеют высокую стоимость, вследствие чего применяются в меньших объемах, чем литьевые полиуретаны.

Подошвенные композиции на основе ТПУ подразделяются на непористые и пористые, стандартные и с улучшенными механическими свойствами, эластичные и жесткие. Материалы на основе ТПУ наиболее широко применяются для наружных слоев комбинированных подошв, изготовления монолитных подошв для спортивной и специальной обуви и для набоек.

СЭВА – представляет собой сополимер этилена с винилацетатом. Для производства подошвенных композиций используются эластомерные СЭВА с содержанием винилацетата от 20 до 80 %.

Композиции на основе СЭВА превосходят все подошвенные материалы по способности формования изделий низкой плотности. Они обладают достаточно высокими (для материалов низкой плотности) механическими свойствами, легкостью, гибкостью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред, высокими теплозащитными и термоизоляционными свойствами. По эластичности СЭВА близки к ПВХ-пластикатам, однако сохраняют высокие показатели эластических свойств и при низких температурах. Будучи близкими по свойствам к каучукам, СЭВА по сравнению с ними обладают более высокой озоноустойчивостью. Недостатком материалов на основе СЭВА является нестабильность размеров формуемых изделий, что обуславливает невозможность их применения для прямого литья низа обуви.

СЭВА могут перерабатываться подобно резиновым смесям. В настоящее время наиболее распространено литьевое формование микропористых изделий из СЭВА. При этом образование пористой структуры материала протекает в две стадии. На первой стадии происходит вспенивание материала в полости формы и её окончательное заполнение. Параллельно с этим осуществляется вулканизация композиции. На второй стадии материал расширяется при извлечении изделий из формы, в результате чего изделия принимают окончательные размеры.

Из материалов на основе СЭВА изготавливают суперлегкие подошвы, внутренние элементы комбинированных подошв и цельноформованную обувь типа сланцев и сандалий.

Для производства каблучков и набоек используют твердые полимерные материалы, выполненные из ударопрочных АБС-пластиков, полиамидов (ПА), полистирола (ПС), полипропилена (ПП) и других веществ. Указанные детали из вышеперечисленных полимеров изготавливают методом литья под давлением. В состав полимеров вводят пигменты, красители, стабилизаторы и другие ингредиенты, сообщающие деталям требуемые технологические и потребительские свойства.

Полиамиды, полистиролы и полипропилены в обувном и кожгалантерейном производствах применяются для изготовления отдельных деталей: фурнитуры, каблучков, набоек, колодок и других деталей.

Если полиамид, полистирол и полипропилен являются однородными полимерными материалами, то *АБС-пластики* – это различные термопластичные высокомолекулярные продукты сополимеризации, содержащие химически привитые частицы эластичного (чаще всего каучукового) или другого полимерного наполнителя (поливинилацетата и др.). Примерный состав АБС-пластиков может проиллюстрировать расшифровка аббревиатуры названия одного из первых представителей этого класса ударопрочных материалов: *А* – акрилонитрил, *В* – бутадиен, *С* – стирол; сополимеризация проведена в присутствии малых количеств бутадиенового (СКБ) или бутадиенстирольного (СКС) каучука.

В отличие от ТЭП в АБС-пластиках матрицу образуют не эластичные блоки, а высокомодульный жёсткий сополимер.

Каблучки из АБС-пластиков обладают наиболее высокими показателями механических свойств, а также имеют наиболее высокую прочность крепления, не требуют дополнительной механической обработки, так как адгезия клеев к материалу достаточна.

Для каблучков с небольшой набоечной поверхностью применяют в основном пластмассовые набойки, изготавливаемые методом литья из поливинилхлорида, вторичного полиуретана, капрона. Полиуретановые и поливинилхлоридные набойки обладают более высоким сопротивлением истиранию и коэффициентом трения, чем капроновые, имеют лучшие амортизационные свойства и более высокую стойкость к многократным ударам. Срок их службы в пять-шесть раз выше, чем капроновых набоек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) : учебник для студентов высш. учеб. заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б. А. Бузова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
2. Вульфхорст, Б. Текстильные материалы. Производство и строение / Б. Вульфхорст и [др.]. – Москва : ИИЦ МГУДТ, 2002. – 300 с.
3. Гилимова, Е. М. Применение и переработка синтетических каучуков. Серная вулканизация каучуков : учебное пособие к курсу лекций / Е. М. Галимова. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012. – 80 с.
4. Жихарев, А. П. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник / А. П. Жихарев [и др.]. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
5. Жихарев, А. П. Практикум по материаловедению производств легкой промышленности : учебное пособие для студентов вузов / А. П. Жихарев, Б. Я. Краснов, Д. Г. Петропавловский. – Москва : изд-во «Академия», 2004. – 454 с.
6. Жихарев, А. П. Свойства материалов : конспект лекций по дисциплине «Материаловедение производств изделий легкой промышленности» / А. П. Жихарев. – Москва : ИИЦ МГУДТ, 2003. – 164 с.
7. Зурабян, К. М. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник для вузов / К. М. Зурабян, Б. Я. Краснов, Я. И. Пустыльник. – Москва : Легпромбытиздат, 2003. – 384 с.
8. Карабанов, П. С. Полимерные материалы для деталей низа обуви / П. С. Карабанов, А. П. Жихарев, В. С. Белгородский. – Москва : Колос С, 2008. – 167 с.
9. Краснов, Б. Я. Материалы для изделий из кожи / Б. Я. Краснов. – Москва : Легпромбытиздат, 1995. – 344 с.
10. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия) : учеб. для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков. – Москва : Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
11. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити) : учебник для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
12. Материаловедение : учебное пособие / О. В. Лобацкая, Е. М. Лобацкая. – Витебск: УО «ВГТУ», 2012. – 324 с.
13. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник для студентов вузов / А. А. Жихарев, Д. Г. Петропавловский, С. К. Кузин, В. Ю. Мишаков. – Москва : издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.

14. Материаловедение кожевенно-обувного производства : учеб. пособие / А. Н. Буркин [и др.]. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. – 310 с.

15. Материаловедение швейного производства: учебное пособие / О. В. Лобацкая. – Минск : Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2010. – 371с.

16. Практикум по материаловедению швейного пр-ва : учебное пособие для студентов вузов / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова, Д. Г. Петропавловский. – 2-е изд. стер. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004, 2003. – 416 с.

17. Смелков, В. К. Материаловедение : учебное пособие / В. К. Смелков. – Витебск : УО «ВГТУ», 2005. – 220 с.

18. Текстильное материаловедение : учебник для студентов вузов / С. М. Кирюхин, Ю. С. Шустов. – Москва : Колос С, 2011. – 360 с.

19. Теория и практика совершенствования технологии прямого литья низа на обувь : монография / П. С. Карабанов, Т. А. Дмитриенко, А. В. Колесникова. – Саратов : Изд-во «Академия управления», 2016. – 206 с.

20. Технология полимерных пленочных материалов и искусственной кожи / Л. Е. Добрынина [и др.]. – Москва : Легпромбытиздат, 1993. – 336 с.

21. Томашева, Р. Н. Материалы для обуви : учебно-методическое пособие / Р. Н. Томашева, Ю. В. Милюшкова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 255 с.

22. Химия и технология полимерных и пленочных материалов и искусственных кож : учебник для высш. учеб. заведений. В 2 ч. Ч. 2. Технологические процессы производства полимерных пленочных материалов и искусственных кож / Г. П. Андриянова [и др.]. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 376 с.

23. Электронный ресурс : <http://www.xumuk.ru>.

Учебное издание

Томашева Рита Николаевна

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Разделы: «Текстильные материалы»,
«Искусственные и синтетические материалы»**

Курс лекций

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Компьютерная верстка *Р.Н. Томашева*

Подписано к печати 29.01.2020. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 13,8.
Уч.-изд. листов 10,0. Тираж 50 экз. Заказ № 24.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Р.Н. Томашева

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Разделы: «Текстильные материалы»,
«Искусственные и синтетические материалы»**

Курс лекций

Витебск
2020