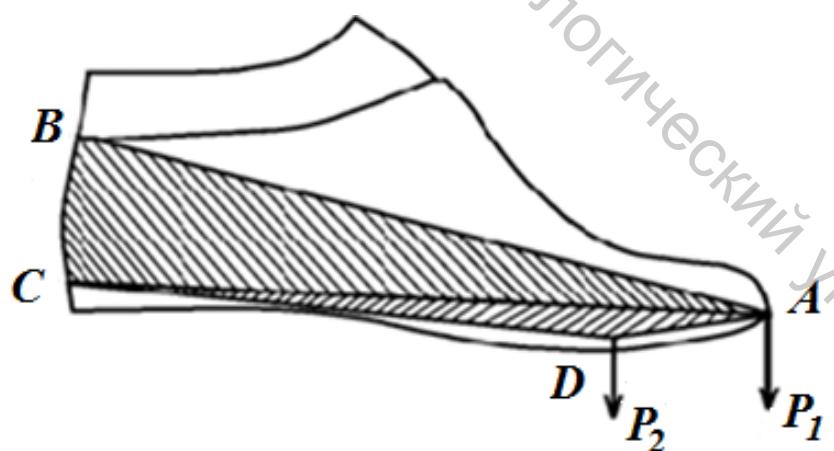


ПРОЦЕССЫ ФОРМОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРОЦЕССЫ ФОРМОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ
ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

**для студентов специальности 1-50 02 01
«Конструирование и технология изделий из кожи»
специализации 1-50 02 01 01 «Технология обуви»**

**Витебск
2014**

УДК 685.34. 02 (075)

ББК 37. 255

Т 38

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «ВГТУ» Гарская Н.П.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № «8» от 4 декабря 2013 г.

Процессы формования в технологии изделий из кожи : конспект лекций /
сост.: К. А. Загайгора, С. Л. Фурашова. – УО «ВГТУ», 2014. – 44 с.

ISBN 978-985-481-338-7

Конспект лекций содержит материал по лекционному курсу, предусмотренному учебной программой по дисциплине «Технология изделий из кожи» для студентов специальности 1-50 02 01 «Конструирование и технология изделий из кожи» специализации: 1-50 02 01 01 «Технология обуви» и охватывает теоретические основы процесса формования в технологии изделий из кожи.

УДК 685. 34. 02 (075)

ББК 37. 255

ISBN 978-985-481-338-7

© Загайгора К. А., Фурашова С. Л., 2014
© УО «ВГТУ», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 СПОСОБЫ ФОРМОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ	5
1.1 Формование изгибанием	5
1.2 Формование растяжением	6
1.2.1 Теоретические основы формования одноосным растяжением	6
1.2.2 Расчет величины деформации заготовки для качественной посадки ее на колодку	7
1.2.3 Теоретические основы формования двухосным растяжением	9
1.2.4 Определение доминирующего вида растяжения	11
1.2.5 Характер распределения деформаций при различных способах формования заготовок верха обуви	13
1.2.6 Влияние различных факторов на величину остаточной деформации при растяжении материала	15
1.3 Формование сжатием	19
1.3.1 Процесс формования сжатием материалов различной жесткости	21
1.3.2 Факторы, влияющие на качество формования сжатием	23
1.4 Показатели, характеризующие способность материала к формированию	25
2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ И ЗАГОТОВКИ ПО СВОЙСТВАМ МАТЕРИАЛОВ	27
2.1 Связь между деформационными свойствами систем материалов и материалов при различном их соединении	27
2.2 Связь между деформационными свойствами заготовок и материалов, входящих в них	34
2.3 Процесс формования верха обуви двух заготовок, обладающих различной жесткостью	40
Список использованных источников	42

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология изделий из кожи» является основной специальной дисциплиной, обеспечивающей инженерную подготовку специалистов производства изделий из кожи. Дисциплина предусматривает изучение теоретических вопросов формования в технологии изделий из кожи с целью получения базовых знаний в этой области.

Конспект лекций по технологии изделий из кожи составлен в соответствии с учебной программой курса и предназначен для приобретения студентами комплекса знаний о способах формования изделий из кожи, характере и величине деформации формируемой заготовки, влиянии различных факторов на остаточные удлинения материала и определения деформационных свойств систем материалов заготовки обуви.

В конспекте лекций рассмотрены показатели свойств материалов, обеспечивающие качественное выполнение формообразующих операций, и факторы, влияющие на процесс формования.

Полученные при изучении представленного в курсе лекций материала знания позволяют студентам получить сведения о структурных изменениях, происходящих в обувных материалах при формировании, что позволит обоснованно осуществлять выбор рациональных режимов формования верха обуви, а изучение теоретических основ процесса формования позволит глубже понять сущность технологических процессов.

1 СПОСОБЫ ФОРМОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ

Операции формования изделий из кожи относятся к основным процессам обувного и кожгалантерейного производства, так как при формировании создаются внутренние размеры и внешняя форма изделий.

При формировании заготовки верха происходит правильная установка её на колодке, основная деформация материала и плотное облегание колодки. Формование заготовки верха является одним из основных процессов производства обуви, от правильного выполнения которого зависит внешний вид и формоустойчивость обуви при носке.

Для формования обуви, деталей и узлов применяются колодки или пuhanсоны, для формования кожгалантерейных изделий используются сферические, цилиндрические и конические формы. Для формования узлов низа обуви (стелечных, подошвенных) и для качественного формования кожгалантерейных изделий применяют специальные пресс-формы.

Все операции формования в технологии изделий из кожи можно разделить на три группы – формование изгибанием, формование растяжением и формование сжатием.

1.1 Формование изгибанием

Объемную или пространственную форму из плоского материала для изделий из кожи можно получить с помощью деталей соответствующего края. Например, нужно обтянуть кожей полусферу радиусом r без складок (рисунок 1.1 а). Это можно сделать за счет уменьшения площади круга радиуса $R = 2\pi r/4 = \pi r/2$, вырезав из него участки клиновидной формы с основанием $\Delta f = 2\pi R - 2\pi r$ (рисунок 1.1 б).

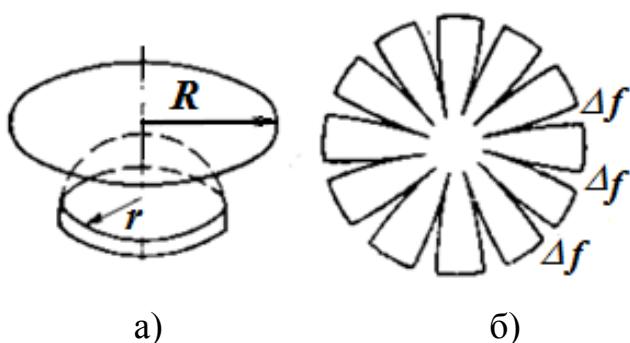


Рисунок 1.1 – Формование материала изгибанием на поверхности полусферы

Если закрепить круг в центре полусфера, уложить полоски на поверхность, загнув и закрепив их на основание полусфера, можно получить обтянутую полусферическую поверхность без складок по периметру основания.

Этот способ используют в производстве обуви, например, для получения выпуклой формы пятой части заготовки верха, задняя линия (линия заднего шва) которой строится по контуру развертки колодки в пятой части. В некоторых моделях обуви так поступают в носочной и пятой частях заготовок с целой задинкой, вырезая излишки площади в виде выточек или проектируют передний узел из нескольких деталей соответствующего края (две полусоюзки, обсоюзка, овальная вставка), после соединения которых периметр переднего узла приближается к периметру носочной части следа колодки.

С использованием деталей соответствующего края из материалов для изделий из кожи, формуя изгибанием с закреплением деталей на формующей поверхности, можно получить объемную или пространственную форму. Но достигнутая таким образом пространственность не будет обеспечивать формоустойчивость изделий, так как для её повышения необходимо материал подвергать растяжению.

1.2 Формование растяжением

При формировании верха обуви основным видом деформации является растяжение материала. Объемную форму плоскому материалу можно придать при одно- или двухосном растяжении. В большинстве случаев материал находится в сложном напряженном состоянии.

1.2.1 Теоретические основы формования одноосным растяжением

Материалы для изделий из кожи с учетом назначения операций формования должны обладать достаточной тягучестью (растяжимостью). Способность материалов для изделий из кожи к растяжению характеризуется относительным удлинением в процентах при условном напряжении 10 МПа. Для стандартных образцов кож хромового дубления этот показатель в среднем по партии должен быть 20 – 35 %, для эластичных кож 20 – 40 %.

Материалы для обуви (кожа, ткани и др.) имеют волокнисто-сетчатую или сетчатую структуру. У таких материалов при растяжении пучки волокон, расположенные параллельно направлению растяжения, будут выпрямляться и растягиваться в этом направлении, а пучки волокон, расположенные под углом к направлению растяжения, будут перемещаться и уплотняться, чтобы совпасть с направлением растяжения. То есть при приложении растягивающих усилий к материалам для изделий из кожи происходит продольная деформация растяжения $\varepsilon_{y\partial l}$ и поперечная деформация сокращения ε_{cokr} (рисунок 1.2).

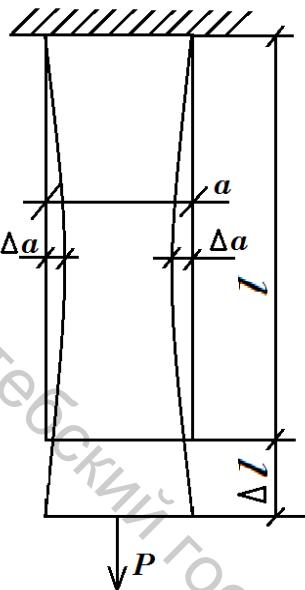


Рисунок 1.2 – Одноосное растяжение образца

Для более точных расчетов коэффициент поперечного сокращения определяется для каждого конкретного материала.

Поперечное сокращение волокнисто-сетчатых материалов значительно выше, чем поперечное сокращение несетчатых материалов.

1.2.2 Расчет величины деформации заготовки для качественной посадки ее на колодку

Способность материалов для изделий из кожи сокращаться в поперечном направлении при одноосном растяжении имеет большое значение для формирования на сложных поверхностях.

Чтобы обтянуть полусферическую поверхность с радиусом r , нужно вырезать плоский круг радиусом R из кожи, закрепить его в центре вершины полусфера, растянуть в радиальном направлении последовательно клещами, загнуть по периметру на основание полусфера и закрепить. В результате поперечного сокращения кожи, полусфера будет качественно обтянута без складок по периметру основания полусфера. При этом, путем несложных расчетов, приняв периметр плоского круга, вырезанного из материала за $2\pi R$, периметр основания полусфера на которой формуется круг за $2\pi r$, имеющуюся разницу между периметрами круга и основания полусфера ($\Delta = 2\pi R - 2\pi r$) можно убрать за счет растяжения материала в радиальном направлении примерно на 22 % при значении коэффициента поперечного сокращения материала $\mu = 1$.

В заготовках верха обуви плоских конструкций с целой союзкой или отрезными носками есть разница между площадью плоского носка и площадью

Коэффициент поперечного сокращения кожи, ткани представляет собой отношение относительного поперечного сокращения ($\varepsilon_{\text{сокр}}$) к относительному продольному удлинению ($\varepsilon_{y\text{дл}}$):

$$\mu = \varepsilon_{\text{сокр}} / \varepsilon_{y\text{дл}}, \quad (1.1)$$

где $\varepsilon_{\text{сокр}} = \Delta a / a$; $\varepsilon_{y\text{дл}} = \Delta l / l$.

Коэффициент μ может иметь значение от 0,4 до 1,58, в зависимости от вида материала и способности его к деформации.

При формировании верха обуви для практических расчетов коэффициент поперечного сокращения принимают равным 1 ($\mu = 1$).

развертки носочной части колодки (заштрихованный участок на рисунке 1.3).

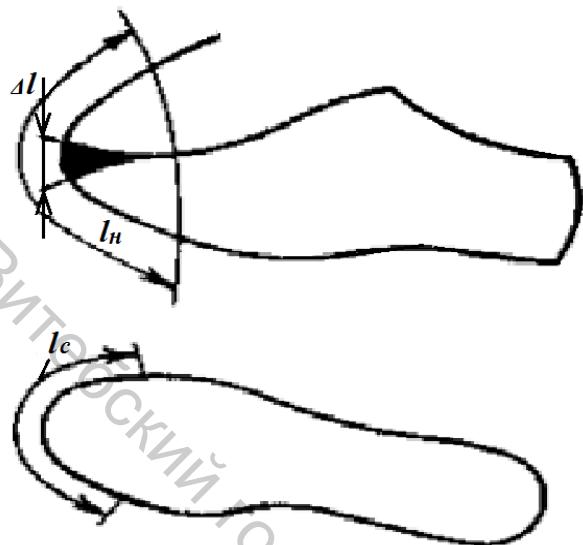


Рисунок 1.3 – Схема определения коэффициента посадки носка

Разница $l_h - l_c = \Delta l$, отнесенная к длине плоского носка l_h и выраженная в процентах, называется коэффициентом посадки носка:

$$\tau = \frac{l_h - l_c}{l_h} \cdot 100 = \frac{\Delta l}{l_h} \cdot 100. \quad (1.2)$$

Для обуви разных видов коэффициент τ имеет различные значения: для женской с узким и плоским носом 16 %, для сапог с верхом из юфти 32 %, для повседневной обуви 22 – 26 %. Поэтому носок женской обуви легче формовать, чем носок сапог с верхом из юфти.

Величина растяжения заготовки верха при затяжке носочной части kleщами в направлении по нормали к контуру будет зависеть от формы носочной части колодки, то есть от ее фасона.

Если затяжка носочной части заготовки верха производится kleщами, необходимо растянуть материал в направлении, нормальному к его контуру, примерно на величину коэффициента посадки, так как для кожи и тканей коэффициент поперечного сокращения $\mu \approx 1$. Но при формировании надо иметь некоторый запас прочности, поэтому удлинение при разрыве обувного материала должно быть в 1,5–2 раза больше, чем требуется для затяжки. Так, для $\tau = 16\%$ удлинение материала при растяжении должно составлять $\varepsilon_p = 24 – 32\%$, а для $\tau = 32\%$ $\varepsilon_p = 40 – 60\%$.

В расчетах необходимо учитывать предельную деформацию (относительное разрывное удлинение ε_p), $\varepsilon_p > 1,5\tau$, что является необходимым условием для обеспечения запаса прочности материала.

По смыслу величина τ близка к величине $\varepsilon_{\text{сокр}}$, так как показывает, на какую величину в % должен сократиться материал заготовки. $\tau \approx \varepsilon_{\text{сокр}}$. Тогда, если $\mu = \varepsilon_{\text{сокр}} / \varepsilon_{\text{удл}}$, то $\mu = \tau / \varepsilon_{\text{удл}}$ и величина необходимого растяжения будет равна $\varepsilon_{\text{удл}} = \tau / \mu$.

Таким образом, величину удлинения, необходимого для качественного формования, можно рассчитать. Если принять, что $\mu \approx 1$, то $\varepsilon_{\text{удл}} = \tau$. Это значит, что материал достаточно при формировании растянуть на величину, равную коэффициенту посадки носка, при этом заготовка будет плотно прилегать к ребру колодки по грани следа. Но это не всегда решает общую задачу формования верха, так как при $\varepsilon_{\text{удл}} = \tau$ формаустойчивость обуви после снятия её с колодки может быть не обеспечена. Например, кожа имеет значение предельной деформации 40 % ($\varepsilon_p = 40\%$), при растяжении заготовки из такой кожи на 5 % при значении величины $\tau = 5\%$ в материале останется большой запас деформации и после снятия обуви с колодки произойдет потеря её формы.

1.2.3 Теоретические основы формования двухосным растяжением

Если материал растягивают в одном направлении, и он соответственно сокращается в другом направлении, то имеет место одноосное растяжение. Если же материал растягивается в двух взаимно перпендикулярных направлениях на одинаковую величину, то имеет место двухосное симметричное растяжение. Несимметричное двухосное растяжение может иметь различную степень двухосности. Все эти виды деформации проявляются в различной степени при формировании обуви на колодке. При формировании верха обуви обтяжно-затяжным способом параллельно-последовательного характера обработки двухосное растяжение является доминирующим.

Механизм растяжения структуры материала при двухосном растяжении существенно отличается от одноосного тем, что растяжение происходит за счет разряжения структуры и увеличения межволоконных пространств в горизонтальной плоскости, что приводит к увеличению площади материала и уменьшению его толщины.

Для испытания материалов при двухосном растяжении разработан и используется ряд специальных приборов. Наиболее распространены приборы, в которых материал или система материалов закрепляется кольцеобразным зажимом и растягивается пуансоном в виде полусферы с помощью жидкости, действующей через резиновую мембрану, или пуансоном в виде стакана с шарикоподшипниками. Схема растяжения материала пуансоном изображена на рисунке 1.4.

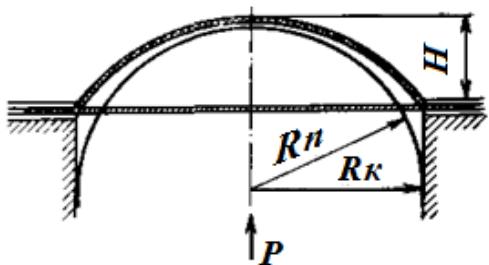


Рисунок 1.4 – Схема растяжения материала пуансоном

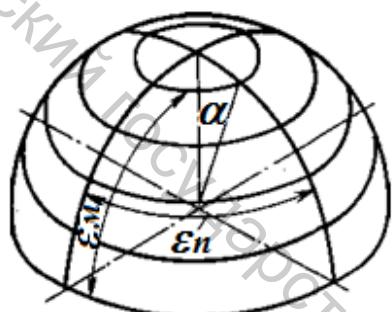


Рисунок 1.5 – Схема направлений измерения деформации при двухосном растяжении материала

При равенстве диаметров пуансона R_n и круга R_k (рисунок 1.4) между высотой подъема пуансона (стрелкой прогиба H) и удлинением материала в меридиональном направлении ε_m имеется зависимость

$$\varepsilon_m = \frac{\pi}{2} - \frac{H}{R_n} - 2 \operatorname{arctg} \left(1 - \frac{H}{R_n} \right). \quad (1.3)$$

При этом удлинение материала на различных участках примерно одинаково. При $H = R_n$ $\varepsilon_m = 57\%$, т. е. для получения полусферы материал должен получить деформацию в меридиональном направлении 57 %.

Удлинение по параллелям ε_n зависит от положения участка материала на поверхности полусфера по отношению к ее центру. Зависимость описывается уравнением

$$\varepsilon_n = \frac{\sin \alpha}{\alpha} (1 + \varepsilon_m) - 1, \quad (1.4)$$

где α – угол, характеризующий ширину параллели с отсчетом от вертикальной оси.

Как видно из уравнения, растяжение материала по параллелям имеет наибольшую величину около вершины полусфера, где $\alpha = 0$ и $\varepsilon_n = \varepsilon_m$, наименьшую – у зажима при $\alpha = \pi/2$, или 90° . Это говорит о сложности распределения

Так как механизм деформации материала при двухосном растяжении иной, чем при одноосном растяжении, отличны и показатели удлинения и напряжения материала при разрыве. При двухосном растяжении плоского образца материала его размеры увеличиваются во всех направлениях (рисунок 1.5).

Деформацию измеряют по лучам, проходящим через центр круга и образующим меридиональные направления на полусфере, и по параллелям, которые наносят на образец в виде эксцентрических кругов на равных расстояниях. Кроме деформаций определяют также относительное увеличение площади материала.

напряжений в материале.

При двухосном растяжении происходит увеличение площади материала. Относительное увеличение площади материала (E) в процентах

$$E = \frac{\Delta F}{F} \cdot 100\% = \frac{F_1 - F}{F} \cdot 100\%, \quad (1.5)$$

где F – исходная площадь материала;

F_1 – площадь растянутого материала.

Между высотой подъема пуансона (H) и площадью растянутого материала имеется следующая зависимость:

$$F_1 = 2\pi(2R_nH - H^2). \quad (1.6)$$

Исходная площадь отверстия прибора $F = \pi R_n^2$.

Тогда относительное увеличение площади

$$E = \left[4 \frac{H}{R_n} - 2 \left(\frac{H}{R_n} \right)^2 - 1 \right] 100. \quad (1.7)$$

Зная площадь изменения материала при заданной высоте H , можно сделать корректировку площади деталей (союзки), в сторону уменьшения, это сэкономит материал, и будет обеспечиваться необходимая ширина затяжной кромки. Высота поднятия стелечного упора в затяжных машинах регулируется, то есть можно регулировать высоту H .

1.2.4 Определение доминирующего вида растяжения

Для разработки рациональной конструкции заготовки, определения линейных размеров деталей обуви, а также для обоснования режимов формования, необходимо знать характер деформации материала заготовки и напряженное состояние материала.

Для исследования в этом направлении используется метод кругов или квадратов и метод фотоупругости.

Метод кругов состоит в том, что на поверхность заготовки верха обуви наносится сетка кругов диаметра 3, 5, 10 или 20 мм. Чаще 20 мм, т. к. для измерения кругов малых диаметров необходимо точное оборудование.

Заготовка формуется, при этом происходит изменение размеров кругов (таблица 1.1). Сравнением диаметров круга до и после формования определяют величину удлинения заготовки по направлениям.

Самым опасным видом деформации с точки зрения разрывов материала является двухосное стесненное растяжение.

Таблица 1.1 – Признаки доминирующего вида растяжения

Схема деформации круга	Доминирующий вид растяжения	Определяющий признак
	Двухосное симметричное растяжение	При сохранении формы круга и увеличения диаметра
	Одноосное растяжение	Растяжение в одном направлении и сокращение в другом направлении. Если не соблюдается условие ε_b/ε_a ≥ 0,5, то наблюдается двухосное сложное растяжение
	Двухосное сложное	Растяжение в одном направлении превышает по величине растяжение в другом направлении
	Двухосное стесненное	По одной оси есть деформация, по другой нет

Для расчёта величин удлинений используется метод, предусматривающий расчленение сложного растяжения на элементарные виды: одноосное (ε_o) и двухосное симметричное (ε_δ) (1.8).

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_a = \varepsilon_\delta + \varepsilon_o \\ \varepsilon_\epsilon = \varepsilon_\delta - \varepsilon_{\text{сок}} \end{array} \right\} \quad (1.8)$$

При этом $\varepsilon_{\text{сок}} = \mu \varepsilon_o$, тогда

$$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_a = \varepsilon_\delta + \varepsilon_o \\ \varepsilon_\epsilon = \varepsilon_\delta - \mu \varepsilon_o \end{array} \right\} \quad (1.9)$$

Для величин деформаций, которые наблюдаются при формировании верха обуви, коэффициент $\mu \approx 1$. Обозначив отношение величины одноосного удлинения (ε_o) по большой оси эллипса к общей величине удлинения в этом направлении (ε_a) коэффициентом одноосного растяжения

$$K_o = \frac{\varepsilon_o}{\varepsilon_a}, \quad (1.10)$$

и аналогично отношение величины двухосного удлинения (ε_δ) к общей величине удлинения (ε_a) через

$$K_\delta = \frac{\varepsilon_\delta}{\varepsilon_a}. \quad (1.11)$$

Суммарное удлинение по оси эллипса равно: $\varepsilon_a = \varepsilon_\delta + \varepsilon_o$ и $K_o + K_\delta = 1$.

Если $K_\delta > K_o$, то преобладает двухосная деформация, если $K_o > K_\delta$, то преобладает одноосное растяжение.

На основании величины и характера деформации заготовки на различных участках верха можно корректировать площадь деталей, например, увеличивать или уменьшать линейные размеры в определенных направлениях, регулировать оборудование для формования, оценивать эффективность новой техники и методов формования.

1.2.5 Характер распределения деформаций при различных способах формования заготовок верха обуви

Величина и характер деформации заготовки верха обуви зависят от способа формования, применяемого оборудования, инструментов, физико-механических свойств материалов заготовки, её вида и конструкции, а также от площади деталей.

При формировании деталей обуви наблюдаются деформации трех видов (растяжение, изгибание, сжатие), но преобладает деформация какого-то одного вида в зависимости от метода формования.

При обтяжно-затяжном способе процесс формования подразделяют на обтяжку и затяжку. На обтяжной машине типа ОМ, имеющей средние и двое боковых клещей, производят растяжение заготовки верха в продольном и поперечном направлениях, и доминирующим видом растяжения является одноосное.

На рисунке 1.6 представлена схема распределения деформации заготовки верха обуви при растяжении.

Согласно рисунку при растяжении заготовки средними клещами деформируется не вся заготовка, а лишь заштрихованная зона в виде треугольника АВС с вершиной в носке заготовки и основанием по заднему шву. Линия наибольшей деформации АЕ проходит в центре треугольника под углом 15–20° к линии касательной гребня и носка колодки.

При растяжении заготовки боковыми клещами наряду с поперечным растяжением материал дополнительно растягивается в продольном направлении. В

пучковой части происходит дополнительная деформация, распространяющаяся по треугольнику АДС, но она значительно меньше.

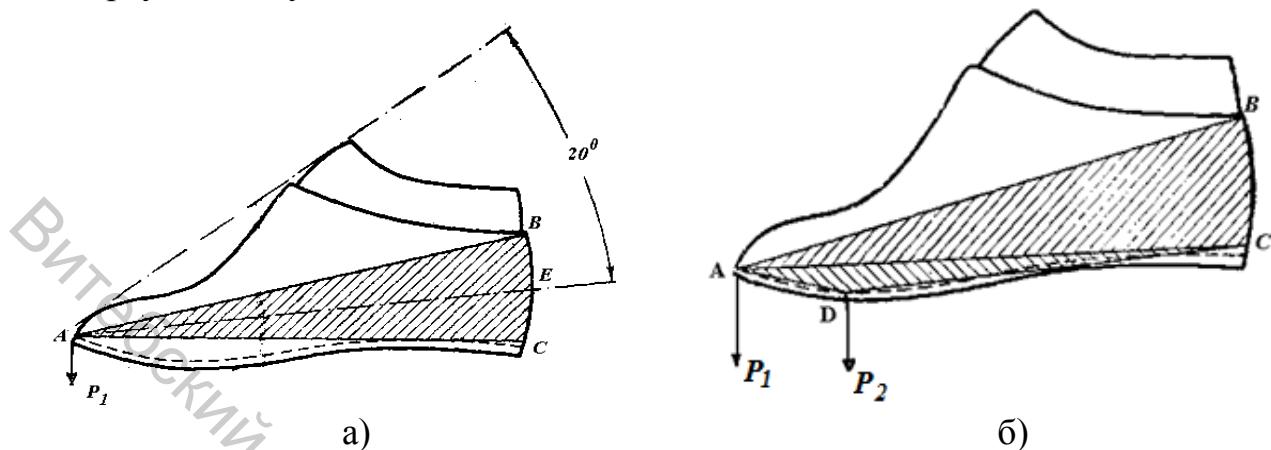
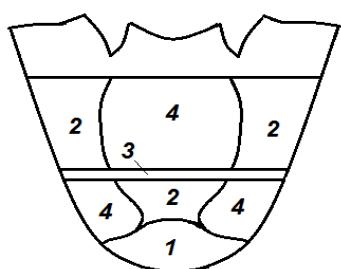


Рисунок 1.6 – Область распределения деформации при обтяжке заготовки:
а) при растяжении средними клещами; б) при растяжении тремя клещами

При средних значениях продольной и поперечной деформаций заготовки, равной 5 – 9 %, различные участки заготовки растягиваются по-разному, в зависимости от их положения на колодке. Так, в области пятонной части величина растяжения заготовки 3 – 6 %, в союзке – 5 – 12 %, в носке – 10 – 30 %, в области затяжной кромки деформация еще больше увеличивается.

Метод фотоупругости или поляризационно-оптический метод используется для исследования напряженного состояния материала заготовки. Этот метод основан на свойстве большинства прозрачных материалов (стекло жидкое, желатин) становиться при деформации оптически анизотропными. Диэлектрическая проницаемость вещества зависит от деформации и проявляется в виде двойного лучепреломления, возникающего под действием механических нагрузок. Исследование двойного лучепреломления при растяжении заготовки с нанесенной на поверхность прозрачной пленки позволяет установить характер и распределение напряжений по зонам заготовки.

С использованием этого метода при растяжении заготовки на машине ЗНК было получено, что заготовка находится в сложном напряженном состоянии. На рисунке 1.7 показан характер сложного напряженного состояния отформованной союзки.



- 1 – двухосное симметричное растяжение;
- 2 – сложное двухосное растяжение;
- 3 – стесненное растяжение;
- 4 – одноосное растяжение.

Рисунок 1.7 – Характер напряженного состояния отформованной союзки

Площадь деформированных зон зависит от жесткости материала, от величины предварительного растяжения пятой части заготовки, от геометрических характеристик колодки и соотношения сил, действующих со стороны исполнительных органов машины в продольном и поперечном направлениях. При проектировании заготовки необходимо учитывать деформационное состояние её при формировании. Особый интерес представляет характер распределения деформации в поперечном направлении в области пучков и нахождение её оптимальной величины, так как это оказывает большое влияние на формоустойчивость обуви и материалоемкость. При формировании заготовки на машинах типа ЗНК возможны три случая распределения деформаций в союзке (рисунок 1.8):

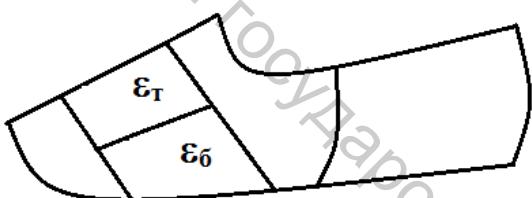


Рисунок 1.8 – Распределение деформаций в союзке

- 1) равномерное по контуру, $\varepsilon_t = \varepsilon_b$;
- 2) большие деформации на тыльной поверхности (ε_t), $\varepsilon_t > \varepsilon_b$;
- 3) большие деформации на боковых поверхностях (ε_b), $\varepsilon_t < \varepsilon_b$.

При $\varepsilon_t/\varepsilon_b = 1$ в носочной части заготовки возникает растяжение, близкое к двухосному симметричному. При выполнении неравенства $\varepsilon_t/\varepsilon_b > 1$ имеет место параболический характер деформации (сопровождается невысокой формоустойчивостью в пучковой части), а при $\varepsilon_t/\varepsilon_b < 1$ – эллиптический характер распределения деформации (обувь формоустойчива, так как заготовка хорошо вытянута по бокам и более комфортна в носке, приформовываемость происходит за счет запаса деформации в тыльной части).

При недостаточной деформации в тыльной части образовываются поперечные складки.

Отношение этих деформаций могут служить качественной и количественной характеристикой формования заготовок верха обуви. Эти отношения в определенной степени характеризуют особенности построения заготовки верха, эксплуатационные свойства обуви.

1.2.6 Влияние различных факторов на величину остаточной деформации при растяжении материала

При растяжении материала для верха обуви полная относительная деформация (ε) будет состоять из условной упругой деформации (ε_y), исчезающей после снятия нагрузки, и условной остаточной деформации (ε_o), остающейся после снятия нагрузки, т. е. $\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_o$.

Если образец кожи деформировать до величины ε_A и напряжения σ_A , а затем разгружать, то кривая AB будет проходить ниже кривой AO (рисунок 1.9 а). Остаточная деформация после полной разгрузки изображается отрезком OB . В результате упругого последействия остаточная деформация уменьшится до величины OB_1 .

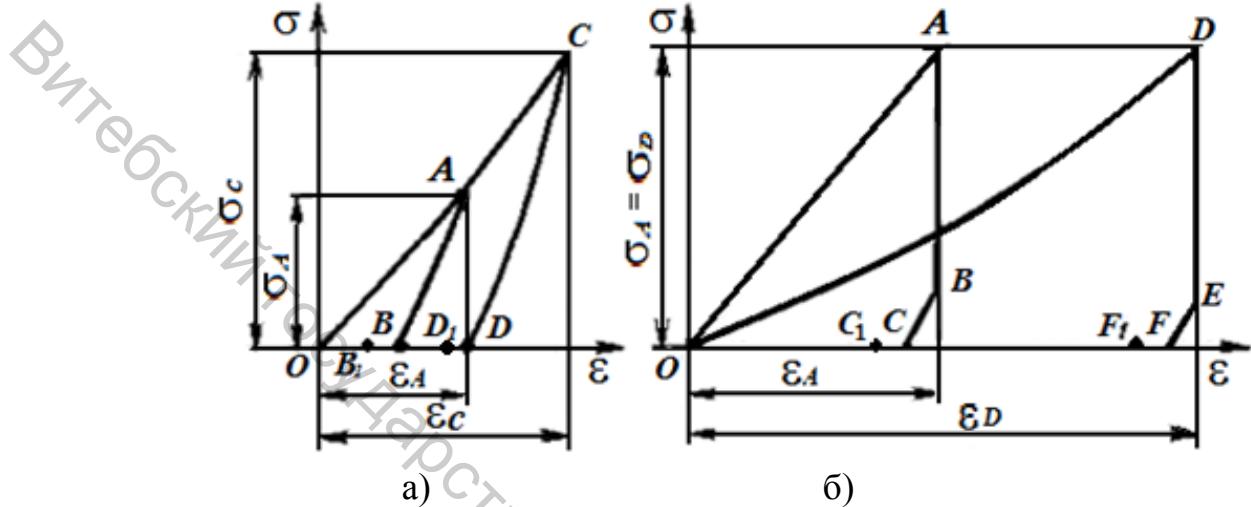


Рисунок 1.9 – Диаграммы относительных деформаций кожи при растяжении: а – без выдержки; б – с выдержкой

Если при формировании материалу дать напряжение $\sigma_C > \sigma_A$ и относительную деформацию $\varepsilon_C > \varepsilon_A$, кривая нагрузки OC пойдет выше кривой OA , а кривая разгрузки CD покажет, что величина остаточной деформации $OD > OB$. После выдержки остаточная деформация материала также уменьшится и будет характеризоваться отрезком OD_1 . При этом уменьшение остаточной деформации будет меньше, чем ее уменьшение при напряжении σ_A , $DD_1 < BB_1$, а $OD_1 > OB_1$.

Таким образом, из рассмотренного следует, что с увеличением величины растяжения, увеличивается величина остаточной деформации, а следовательно и формоустойчивость обуви.

По результатам ряда исследований величина растяжения при формировании колеблется в пределах 1 % – 20 %, неодинакова в различных направлениях и участках верха и в значительной мере зависит от метода формования и применяемого оборудования. При формировании носочной части растяжение кожи по граням стельки может достигать 40 % и уменьшается к середине носка до 5 %. А деформация союзки в процессе формования не превышает 12–15 % [8 – 11].

Установлено, что 20 % растяжение выростка хромового дубления являет-

ся оптимальной величиной деформации, при которой наблюдается минимальная величина остаточного напряжения при максимальной формоустойчивости [12]. Установлена зависимость относительной остаточной деформации эластичной кожи от величины растяжения, которая показывает, что чем больше вытянут материал, тем меньше изменение формы в процессе эксплуатации [13].

После формования заготовка верха обуви выдерживается в деформированном состоянии на колодке, поэтому при формировании с выдержкой диаграмма изображается кривой $OABCC_1$ (рисунок 1.9 б). После деформации материала (кривая OA) в период, когда заготовка находится на колодке, в материале происходит релаксация напряжения (прямая AB), напряжения уменьшаются, а удлинение остается постоянным, так как материал зафиксирован. Точка В соответствует снятию обуви с колодки, кривая BC показывает уменьшение деформации из-за упругости материала после снятия обуви с колодки (то есть упругая составляющая деформации ε_y). Отрезок OC характеризует остаточную деформацию материала. Величина остаточной деформации в этом случае гораздо больше по величине, чем при формировании материала без выдержки на колодке ($OC > OB$). По истечении времени она уменьшается до OC_1 .

Таким образом, на остаточную деформацию влияет время выдержки заготовки в деформированном состоянии на колодке. С увеличением времени выдержки условная остаточная деформация будет больше из-за уменьшения высокоэластической деформации, что положительно влияет на формоустойчивость обуви.

Как известно, при увеличении влажности при одних и тех же напряжениях материал больше деформируется. На рисунке 1.9 б процесс формования заготовок верха обуви с выдержкой увлажненного материала изображается кривой OD . При увеличении влажности, при одних и тех же напряжениях материал деформируется на большую величину. При выдержке заготовки на колодке релаксация протекает более интенсивно (кривая DE). Далее процесс протекает аналогично вышерассмотренному (EF и FF_1). Величина остаточной деформации равна OF_1 . Как видно из диаграммы, такое формование сопровождается наибольшей остаточной деформацией $OF_1 > OC_1$.

Таким образом, увлажнение материала существенно увеличивает величину остаточной деформации.

Многочисленные исследования указывают, что большое влияние на величину остаточной деформации оказывает достигнутый перед формированием уровень влажности в заготовке верха обуви. С увеличением влажности снижа-

ется не только усилие, необходимое для растяжения, но и повышается скорость релаксации, уменьшается остаточное напряжение, а вместе с ним увеличивается остаточная деформация. Для различных обувных материалов устанавливается оптимальный уровень влажности. Для натуральной кожи установлен предельный уровень абсолютной влажности, равный 30 – 33 %, дальнейшее повышение влажности тормозит процесс релаксации и может привести к уменьшению остаточных деформаций [14 – 16]. В системах материалов, дублированных термобязью и тик-саржей, наибольший прирост удлинений достигается при относительной влажности 30 – 35 % [17]. Оптимальный уровень относительной влажности эластичных кож установлен в пределах 24 – 26 % [18].

Ратаутасам А.С. для установления оптимальных параметров гигротермического воздействия при формировании изделий из кожи предложен новый показатель – время прохождения влаги через кожу, который зависит от свойств применяемых материалов и вида лицевого покрытия кожи [19].

Исследованиями установлено, что при растяжении на 15 % выростка хромового дубления влажностью 14 % и выдержке его в растянутом состоянии 30 с степень упругости после снятия нагрузки составляет 90 % общего удлинения, а степень пластичности только 10 %, при растяжении образцов на 35 % при тех же условиях степень пластичности составляет примерно 20 %. При влажности 24 % и выдержке в растянутом состоянии в течение 24 ч (т. е. при полном высушивании образца) степень упругости составляет 15 %, а степень пластичности – 85 %.

Исследования Ю. П. Зыбина показали, что полоски кожи одной и той же тягучести, предварительно растянутые на разную величину, дают различные кривые растяжения. Чем больше предварительно растянута полоска, тем меньше ее удлинение при разрыве. Суммарное удлинение ε_C , т. е. сумма остаточного удлинения ε_0 полученного при предварительном растяжении полоски, и удлинения ε_0 при разрыве деформированной полоски, примерно одинаково при любой предварительной деформации и равно удлинению полоски, предварительно не растянутой, т. е. исходному удлинению кожи (рисунок 1.10). Заштрихованная область диаграммы характеризирует остаточное удлинение кожи после предварительного растяжения.

Отсюда можно сделать вывод, что при формировании заготовок верха обуви и кожгалантерейных изделий материал необходимо максимально деформировать без ухудшения его качества и нарушения швов.

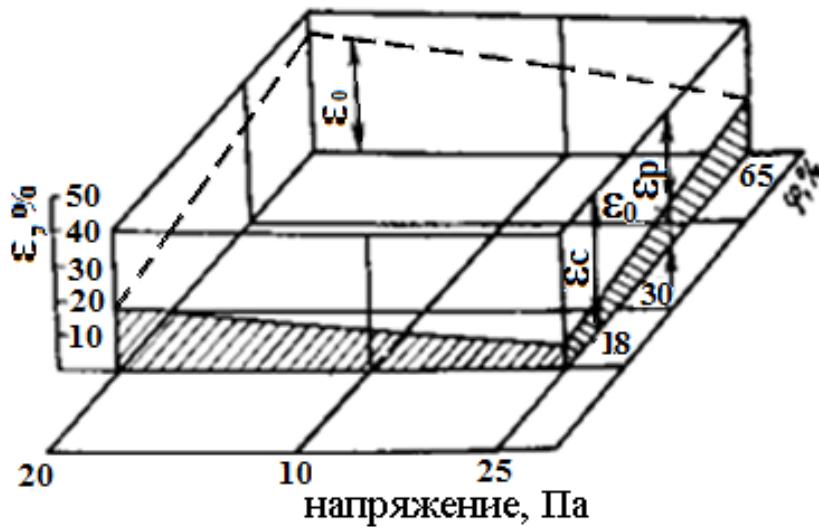


Рисунок 1.10 – Диаграмма распределения удлинения кожи

Таким образом, заготовку верха обуви формуют не только для придания ей определенной формы, но и для увеличения формоустойчивости.

1.3 Формование сжатием

Основной задачей формования сжатием является изменение физико-механических свойств материалов и получение необходимой остаточной деформации, обеспечивающей нужную форму деталей.

Применяется для придания плоским деталям пространственной формы. Формуются стельки, стелечные узлы, подошвы.

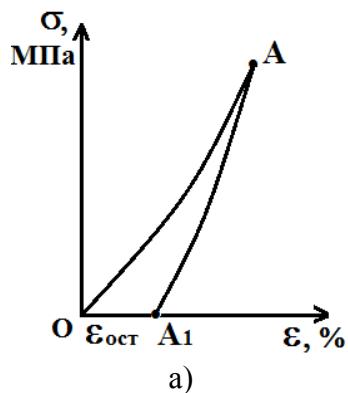
При помощи сжатия формуется след обуви для получения четкой грани и гладкого следа. За счет сжатия осуществляется предварительное формование носочной и пятонной части обуви (обжимная форма воздействует на пятонную часть с давлением 0,4 – 0,6 МПа).

При сжатии изменяются показатели физико-механических свойств материала, повышается износостойчивость и качество детали.

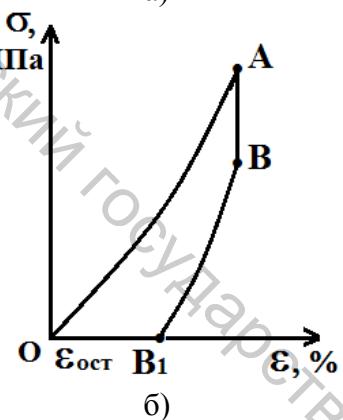
При производстве обуви применяются следующие варианты формования сжатием:

- сжатие с кратковременной выдержкой под давлением;
- сжатие с наложением связей (операции механического скрепления деталей обуви);
- многократное сжатие;
- сжатие с длительной выдержкой под давлением.

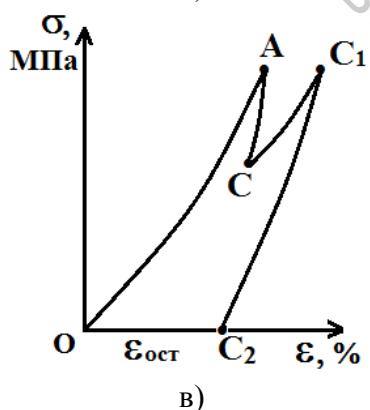
Кривые сжатия для натуральной кожи изображены на рисунке 1.11.



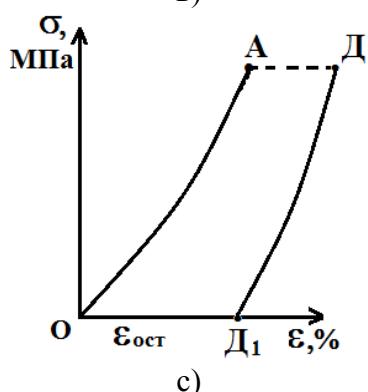
OA – кривая сжатия;
AA₁ – кривая разгрузки;
OA₁ – определяет величину остаточной деформации



AB – падение напряжений в период наложения связей (крепителей: гвоздь, нить, клей);
BB₁ – кривая разгрузки после наложения связей;
OB₁ – определяет величину остаточной деформации



AC – падение напряжения перед повторным приложением нагрузки;
CC₁ – процесс подпрессовки до первоначального напряжения;
C₁C₂ – процесс разгрузки;
OC₂ – определяет величину остаточной деформации



AD – выдержка под давлением;
DD₁ – кривая разгрузки;
OD₁ – определяет величину остаточной деформации

Рисунок 1.11 – Кривые сжатия натуральной кожи:

- а) кривая кратковременного сжатия; б) кривая сжатия с наложением связи;
- в) кривая многократного сжатия; с) кривая сжатия с выдержкой под давлением

Из рисунков видно, что величина остаточной деформации после сжатия материала: $OA_1 < OB_1 < OC_2 < OD_1$. То есть наибольшие остаточные деформации наблюдаются при формировании с выдержкой под давлением, но при этом увеличивается продолжительность процесса.

Кривую сжатия натуральной кожи можно выразить уравнением:

$$\varepsilon = \alpha \sigma^m, \quad (1.12)$$

где ε – относительная деформация сжатия, %;

α – коэффициент пропорциональности;

σ – напряжение при сжатии, МПа;

m – показатель степени, устанавливается экспериментальным путем и равен $0,7 \div 0,9$.

Полная относительная деформация ε состоит из двух частей – упругой ε_y , исчезающей при разгрузке, и остаточной (пластической) ε_{π} , остающейся после разгрузки

$$\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_{\pi}. \quad (1.13)$$

1.3.1 Процесс формования сжатием материалов различной жесткости

Формование деталей сжатием осуществляется в прессах различной конструкции. Детали закладываются в пресс-форму, имеющую матрицу и пuhanсон для левой и правой полупары. Формование осуществляется за счет давления и температуры. Прессы для формования могут быть механические и гидравлические. Механические прессы работают по принципу постоянства деформации.

Графически процесс формования двух материалов различной жесткости на механическом прессе выглядит следующим образом (рисунок 1.12):

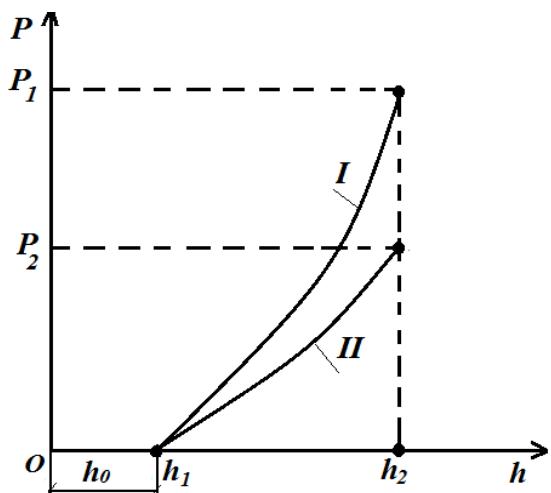


Рисунок 1.12 – Процесс формования материалов сжатием на механическом прессе

I – жесткий материал;

II – мягкий материал.

h_o – холостой ход пресс-формы, зависит от толщины материала;

h_1 – соприкосновение пресс-формы с материалом;

Oh_2 – полный ход пресс-формы;

$Oh_2 = const; P_1 > P_2$.

Ход пuhanсона одинаковый, но величина усилия для материалов разной жесткости различная. При превышении величины усилия деталь можно разрушить.

Для предотвращения деталей от разрушения пуансоны подпружинены или в прессах предусмотрены масляные амортизаторы.

Регулируемые усилия можно получить на гидравлических прессах, они работают по принципу постоянства напряжения. Деформация материала различной жесткости продолжается до тех пор, пока сопротивление его не будет равным усилию, на которое настроен пресс. В гидравлических прессах давление, требуемое для подъема матрицы, создается ротационным и поршневым насосами, этим достигается большая скорость подъема матрицы. При соприкосновении матрицы и пуансона ротационный насос выключается и давление на деталь создается поршневым насосом.

Давление на деталь (q) можно регулировать.

$$q = P \frac{F_n}{F_d}, \quad (1.14)$$

где P – давление в гидросистеме, Н/см;

F_n – площадь поршня, см²;

F_d – площадь детали, см².

Графически процесс формования двух материалов различной жесткости на гидравлическом прессе выглядит следующим образом (рисунок 1.13):

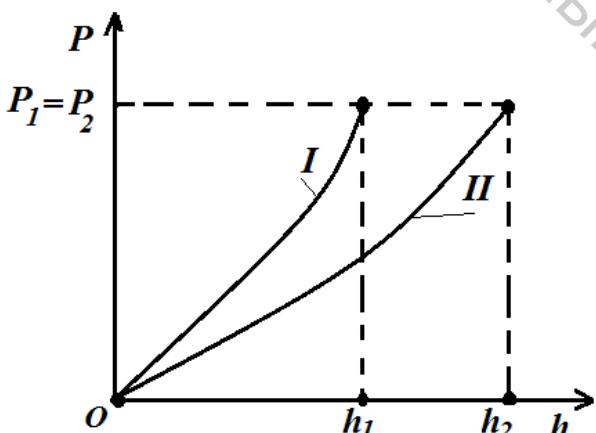


Рисунок 1.13 – Процесс формования материалов сжатием на гидравлическом прессе

I – жесткий материал;

II – мягкий материал.

При настройки пресса на постоянное давление P при формировании материалов различной жесткости ход пуансона будет разный.

$$P_1 = P_2 = \text{const}; 0h_2 > 0h_1.$$

Чем жестче материал, тем меньше деформация.

Изменяя величину давления в гидросистеме (P), можно рассчитать оптимальную величину усилия, необходимую для качественного формования. Из уравнения (1.14) можно найти давление в гидросистеме.

$$P = q \frac{F_d}{F_n}, \quad (1.15)$$

где $q = 10 – 15 \%$ от разрушающего, для стелек из натуральной кожи равно 150 Н/см².

1.3.2 Факторы, влияющие на качество формования сжатием

Основная задача формования деталей обуви сжатием – это уплотнение материала и получение остаточной деформации, обеспечивающей сохранение формы детали. Решение этой технологической задачи зависит от показателей физико-механических свойств формуемых деталей, влажности материала, давления, времени выдержки, температуры, скорости деформации и т. д.

1. Удельное давление сжатия.

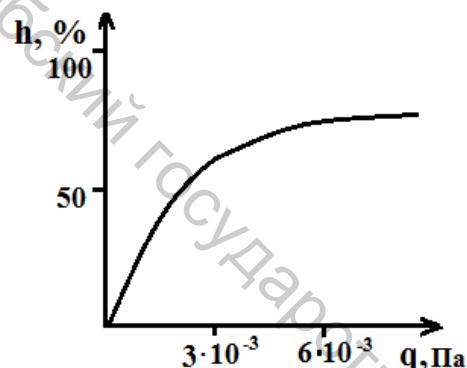


Рисунок 1.14 – Зависимость остаточной деформации от величины давления

Чем больше давление, тем больше величина остаточной деформации (рисунок 1.14). Но с увеличением удельного давления, а следовательно, и мощности пресса повышаются его металлоемкость, габарит и энергоемкость. С увеличением мощности стоимость пресса возрастает. Исходя из меньшей стоимости и наибольшей производительности прессов, необходимо уменьшать величину давления.

2. Температура поверхности пресс-форм.

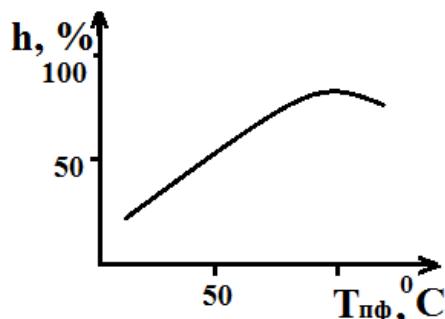


Рисунок 1.15 – Зависимость остаточной деформации от температуры пресс-формы

Чем выше температура, тем больше остаточные деформации (рисунок 1.15). Повышение температуры пресс-формы с 20 до 60° С при формировании подошвенной кожи увеличивает остаточную деформацию с 60 до 90 %. Материал не должен пережигаться.

Остаточная деформация в большей степени зависит от температуры, чем от давления, поэтому, прежде всего необходимо установить максимально допустимую для данного материала температуру, позволяющую снизить удельное давление.

3. Влажность материала.

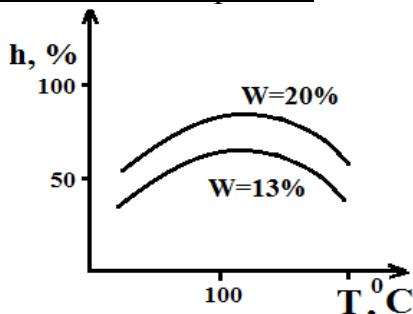


Рисунок 1.16 – Зависимость остаточной деформации от влажности детали

Зависимость остаточной деформации от влажности материала представлена на рисунке 1.16.

Чем большее количество влаги содержит кожа, тем она пластичнее и легче формуется. Но чем больше она увлажнена, тем жестче деталь становится после сушки.

Оптимальным является увлажнение кожаной детали до уровня влажности 18 – 20 %.

4. Время выдержки под давлением.

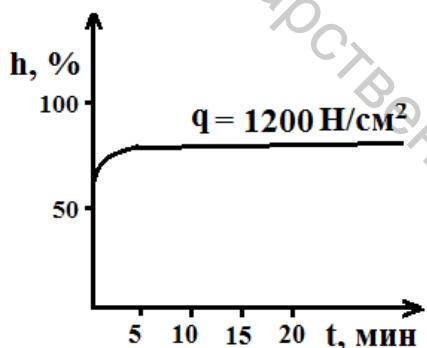


Рисунок 1.17 – Зависимость остаточной деформации от времени выдержки детали

При формировании кожи без нагрева продолжительность выдержки под нагрузкой оказывает влияние на величину остаточной деформации только в пределах 2 – 3 минут (рисунок 1.17). Затем влияние времени выдержки уменьшается и по истечении 5 мин не оказывает влияние на величину остаточной деформации. При формировании с нагревом влияние времени выдержки уменьшается. При формировании нельзя ориентироваться на время выдержки 3 мин, так как при этом производительность будет не высокой.

Необходимо изыскивать способы формования, обеспечивающие заданную остаточную деформацию при минимальной выдержке.

5. Конструкция пресс-формы.

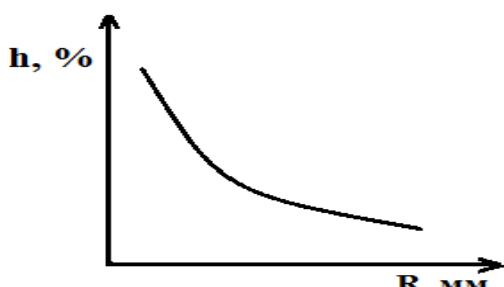


Рисунок 1.18 – Зависимость остаточной деформации от радиуса кривизны пресс-формы

Радиус кривизны поверхности пресс-формы оказывает существенное влияние на величину остаточной деформации, чем меньше радиус кривизны, тем больше величина остаточной деформации (рисунок 1.18).

6. Скорость приложения нагрузки сжатия.

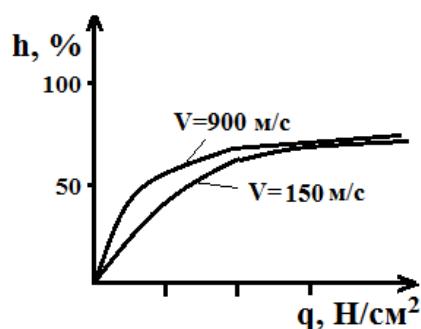


Рисунок 1.19 – Зависимость остаточной деформации от скорости приложения нагрузки сжатия

7. Расположения кожи в пресс-форме.

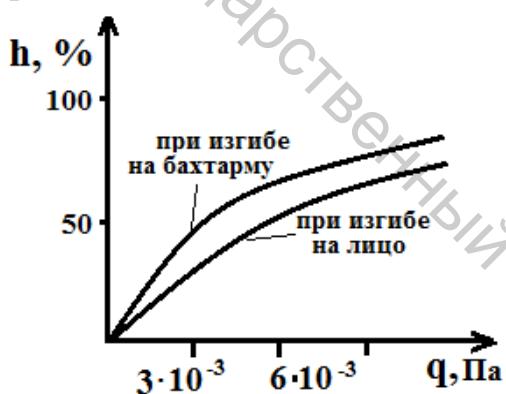


Рисунок 1.20 – Зависимость остаточной деформации от расположения кожи в пресс-форме

При формировании сжатием скорость приложения нагрузки оказывает существенное влияние на величину деформации только при малых удельных давлениях (менее 1000 Н/см²). При давлении более 1000 Н/см² величина деформации практически не зависит от скорости (рисунок 1.19).

Расположение кожи в пресс-формах оказывает влияние на величину остаточной деформации при формировании без нагрева. При изгибе на бахтарму остаточные деформации больше на 5 – 10 %, по сравнению с изгибом на лицо (рисунок 1.20).

Предел прочности при сжатии подошвенной кожи таннидного дубления значительно выше предела прочности ее при растяжении.

Пластические свойства кожи при сжатии в большей степени зависят от метода дубления. С увеличением влажности пластичность кож таннидного дубления возрастает, а хромового метода дубления – понижается.

1.4 Показатели, характеризующие способность материала к формированию

Материал при формировании не должен разрушаться, поэтому ГОСТ нормирует нижний предел прочности для натуральных кож. При формировании напряжения, возникающие в материале, не превышают 10 МПа (1 кгс/мм²). Материал будет пригоден к формированию, если его предел прочности более 10 МПа.

Предел прочности при растяжении в зависимости от видов кож колеблется от 10 до 26 МПА ($\text{Н}/\text{мм}^2$). Предел прочности показывает, какую по величине нагрузку выдерживает единица площади материала. Чем больше эта величина – тем прочнее материал и, следовательно, он будет иметь более высокие эксплуатационные свойства.

Максимальный предел прочности у олена (не менее 23 – 26 МПа). У яровки, полукожника (не менее 19 – 24 МПа), у яловки, бычка – 16 – 21 МПа. То есть чем старше животное, тем ниже предел прочности. Минимальный предел прочности (не менее 10 – 12 МПа) у велюра, шеврета.

Чем больше нагрузка при формировании, тем хуже формовочные свойства материала, так как деформирование материала затруднено. Увлажнение материала снижает нагрузку при формировании. Эта величина должна быть оптимальной, так как чем больше эта величина, тем прочнее материал и формоустойчивее обувь, но вместе с тем ухудшаются формовочные свойства материала и повышается жесткость обуви.

Для кож верха обуви хромового метода дубления с покрытием регламентируется напряжение при появлении трещин лицевого слоя. Эта величина несколько меньше по величине величины предела прочности и не должна быть меньше 10 МПа.

Для натуральной кожи нормируется удлинение при напряжении 10 МПа. Показатель определяет формуемость материала и формоустойчивость обуви при носке. В зависимости от видов кож этот показатель колеблется от 15 до 40 %. Если удлинение менее 15 %, то заготовка обуви не отформуется на колодке.

Остаточные деформации при напряжении 10 МПа для натуральных кож должны быть не менее 10 %. Для обеспечения эффекта приформовываемости обуви в коже после формования должно быть 2 – 4 % остаточных деформаций.

Материал можно раскраивать без учета направлений тягучести, если коэффициент равномерности удлинений при напряжении 10 МПа равен единице.

Результатами исследований устанавливаются требования к кожам для верха обуви, обеспечивающие высокую формоустойчивость. Регламентируются такие показатели, как удлинение при разрыве, удлинение полное и остаточное при напряжении 10 МПа и коэффициент равномерности. Установлено, что хорошую формоустойчивость обеспечивают кожи, имеющие верхний предел удлинения для бесподкладочной и детской обуви, – 40 % и 50 % для обуви с подкладкой. Остаточные деформации, полученные при одноосном растяжении в пределах 4 – 10 % для повседневной обуви, 6 – 12 % для модельной обуви и 6 – 10 % для детской обуви. Коэффициент равномерности удлинений должен быть в пределах 0,8 – 1,0, что позволяет раскраивать чепрачную часть без учета направления тягучести [20].

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ И ЗАГОТОВКИ ПО СВОЙСТВАМ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Связь между деформационными свойствами систем материалов и материалов при различном их соединении

Наибольшее влияние на величину деформации заготовки оказывают физико-механические свойства материалов, входящих в нее. Можно изменить формовочные свойства заготовки путем замены одного из материалов.

Для обеспечения процесса формования материалы заготовки должны обладать достаточной тягучестью (растяжимостью).

Заготовка верха обуви – это система материалов, соединенных параллельно, последовательно и параллельно-последовательно (рисунок 2.1).

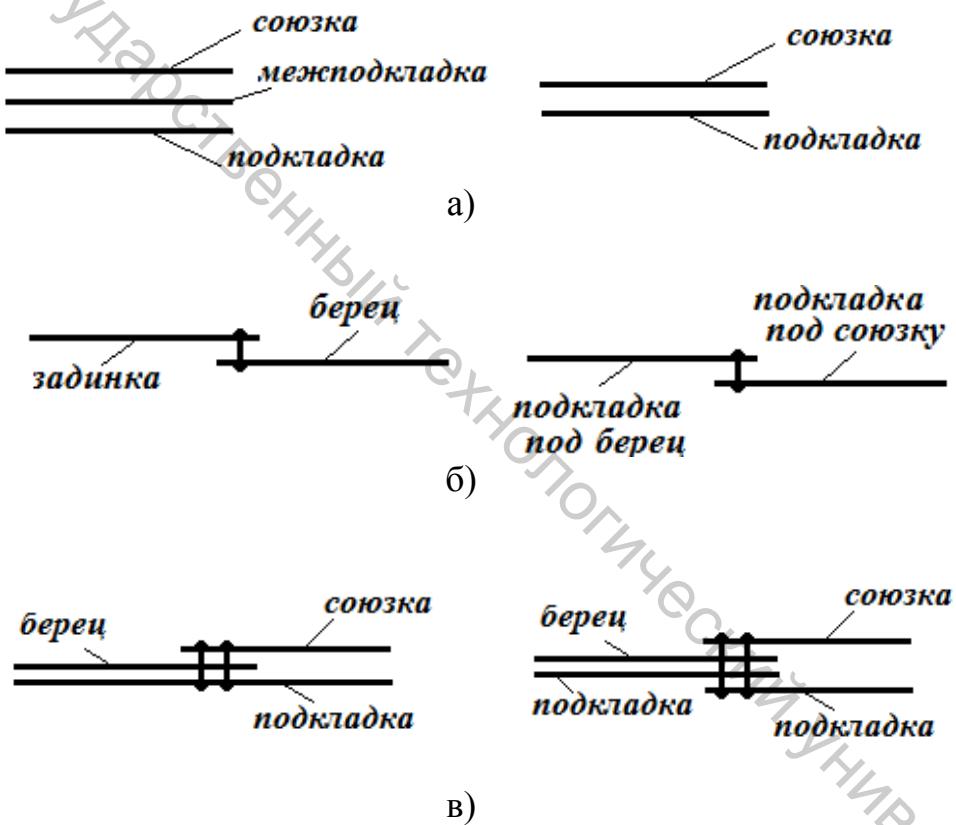


Рисунок 2.1 – Соединения систем материалов: а – параллельные; б – последовательные; в – параллельно-последовательные

Заготовка представляет собой многослойную систему, и формовочные свойства ее зависят от свойств системы материалов, соединенных параллельно-последовательно (рисунок 2.2).

Деформационные свойства систем материалов зависят от деформации материалов, входящих в систему. Определение деформации систем материалов трудоемкий процесс, так как требует изготовления систем материалов, поэтому

была разработана методика определения деформационных свойств систем материалов по свойствам материалов, входящих в систему.

Работами сотрудников кафедры технологии обуви МТИЛП были определены зависимости между физико-механическими свойствами каждого из материалов, входящих в многослойную систему, и системы в целом при параллельном, последовательном и параллельно-последовательном соединении.

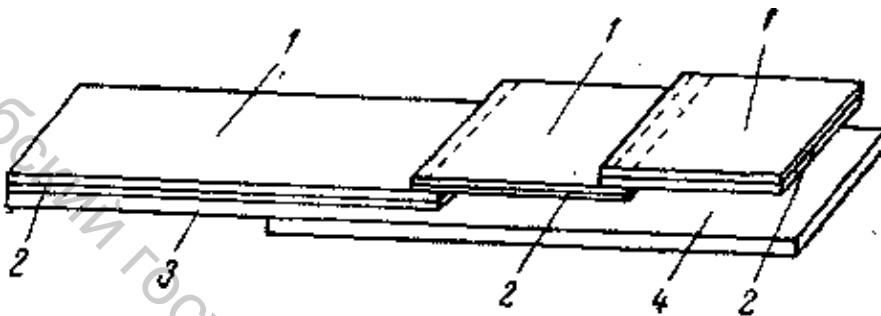


Рисунок 2.2 – Параллельно-последовательное соединение образцов материалов: 1 – верх заготовки; 2 – межподкладка; 3 – подкладка под берцы; 4 – подкладка под союзку

Кривые растяжения кожи и тканей для верха обуви (заготовки) показывают связь между удлинением и нагрузкой в пределах, практически используемых в обувной промышленности. Кривые растяжения имеют следующий вид (рисунок 2.3):

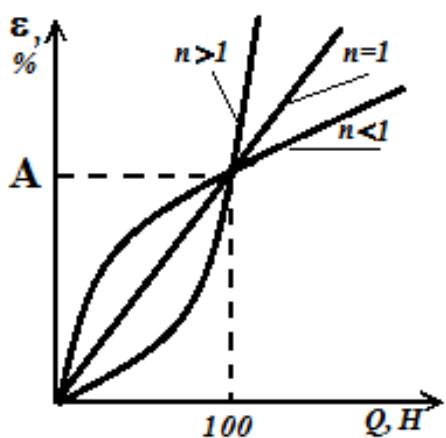


Рисунок 2.3 – Кривые растяжения натуральной кожи

Кривые растяжения с достаточной точностью описываются уравнением

$$\varepsilon = A \cdot Q^n, \quad (2.1)$$

где ε – относительное удлинение материала, %;

Q – нагрузка, Н;

A – коэффициент удлинения материала;
 n – показатель степени, характеризующий характер кривой растяжения.

Коэффициент удлинения материала A количественно равен относительному удлинению при нагрузке $Q = 100$ Н.

Коэффициенты A и n зависят не только от физико-механических свойств материалов, из которых изготовлена заготовка, но также от ее вида и конструкции.

По кривой растяжения материала при нагрузке $Q = 10$ кг (100 Н) определяют абсолютное удлинение материала. Делением величины абсолютного удлинения на первоначальную длину образца вычисляют относительное удлинение, которое численно равно коэффициенту A (рисунок 2.4).

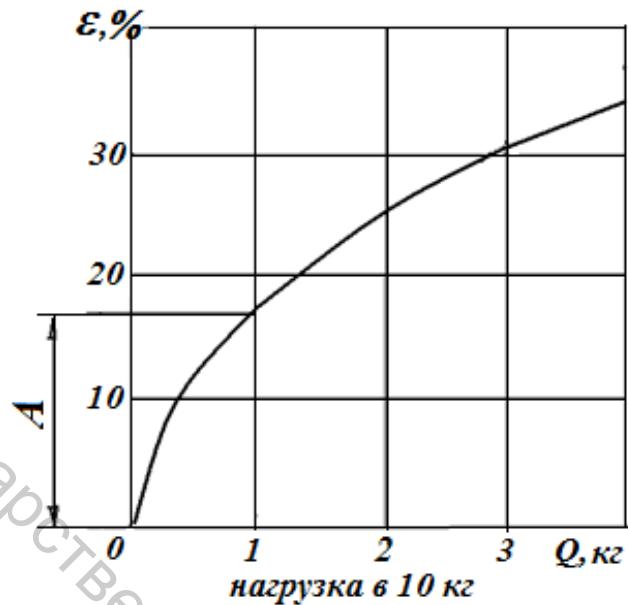


Рисунок 2.4 – Кривая растяжения материалов заготовки

Показатель степени n характеризует изогнутость кривой деформации. Численное значение показателя степени n находится в интервалах от 0,55 до 1,2.

При $n = 1$ кривая деформации имеет вид прямой, то есть деформация пропорциональна нагрузке. При $n < 1$ кривая имеет выпуклый вид, материал сильно деформируется в начальной стадии нагружения, и деформация относительно замедляется в конечной стадии. При $n > 1$ кривая имеет вид вогнутой кривой, материал вначале деформируется несколько медленнее, чем в конечный период.

Для абсолютного большинства кож кривая имеет выпуклость в сторону абсцисс ($n < 1$).

Коэффициент удлинения A находится в интервалах от 8 до 30. Чем больше A , тем больше удлинение материала при нагрузке.

Для определения параметра n логарифмируют значения A , ε и Q , при фиксированном значении Q (принимают значение $Q = 2$).

Значение n находят из уравнения $\lg \varepsilon = \lg A + n \lg Q$.

$$n = \frac{\lg \varepsilon - \lg A}{\lg Q}. \quad (2.2)$$

Значение параметра n можно найти графическим способом. После логарифмирования кривая растяжения приобретает вид прямой (рисунок 2.5).

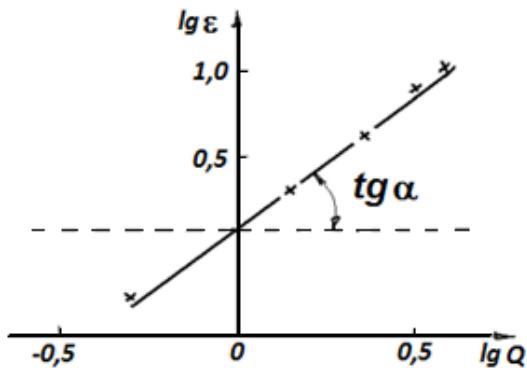
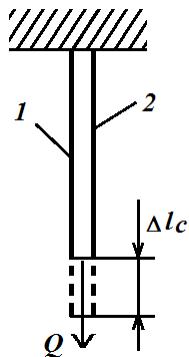


Рисунок 2.5 – Преобразованная кривая растяжения материала заготовки

Значение параметра n равно тангенсу угла α .

После определения показателей n и A можно записать уравнение, описывающее деформационные свойства материалов $\varepsilon = A \cdot Q^n$.

Рассмотрим два материала, соединенных параллельно (рисунок 2.6).



В этом случае справедливы следующие равенства:
 $\Delta l_c = \Delta l_1 = \Delta l_2; \quad \varepsilon_c = \varepsilon_1 + \varepsilon_2; \quad Q_c = Q_1 + Q_2.$

Рисунок 2.6 – Растяжение параллельно соединенных образцов

В системе координат $\varepsilon=f(Q)$ кривые растяжения материалов и систем материалов будут иметь следующий вид (рисунок 2.7).

Для материалов и системы материалов можно записать: $\varepsilon_1=A_1 \cdot Q_1^{n1}$; $\varepsilon_2=A_2 \cdot Q_2^{n2}$; $\varepsilon_c=A_c \cdot Q_c^{nc}$.

Исходя из этого, были получены математические зависимости для систем материалов, соединенных параллельно

$$\left(\frac{A_c}{A_1}\right)^{\frac{1}{n_1}} + \left(\frac{A_c}{A_2}\right)^{\frac{1}{n_2}} = 1. \quad (2.3)$$

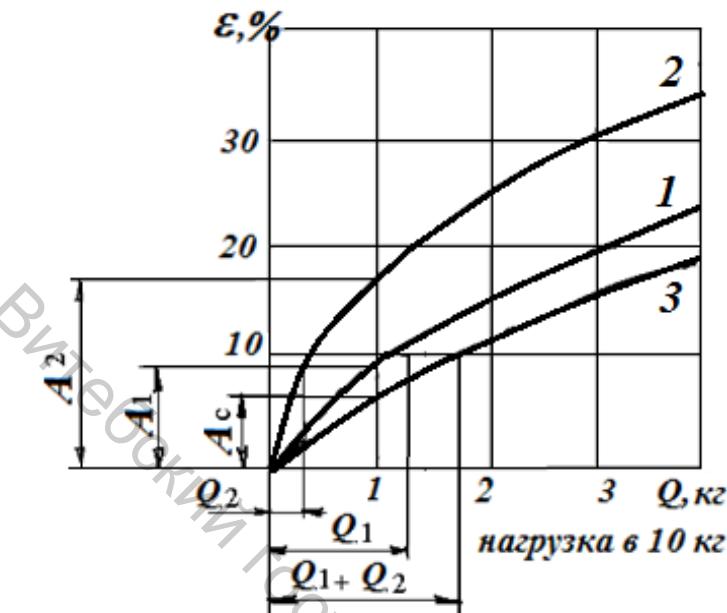


Рисунок 2.7 – Кривые растяжения при параллельном соединении образцов

Для нахождения величины n рассчитывают нагрузку, возникающую в каждом материале при определенной величине деформации, например при 20 %. Из формулы $\varepsilon = A \cdot Q^n$ находим величину нагрузки для каждого материала:

$$Q_i = \left(\frac{20}{A_i} \right)^{\frac{1}{n_i}}. \quad (2.4)$$

Так как нагрузка, действующая на параллельную систему, равна сумме нагрузок, действующих на каждый материал $Q_c = Q_1 + Q_2$, то подставляя все установленные значения, рассчитывают значение n_c

$$n_c = \frac{\lg 20 - \lg A_c}{\lg(Q_1 + Q_2)}. \quad (2.5)$$

Полученные значения величин A_c и n_c дают возможность получить уравнение для системы материалов $\varepsilon_c = A_c \cdot Q_c^{n_c}$.

Рассмотрим последовательно соединенные системы (рисунок 2.8).

При соединении материалов последовательно, деформация системы складывается из суммарной деформации двух образцов $\Delta l_c = \Delta l_1 + \Delta l_2$ и $\varepsilon_c = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$, а нагрузка, действующая на систему, равна нагрузке, действующей на один и второй образец $Q_c = Q_1 = Q_2$.

- 1 – первый материал
- 2 – второй материал
- 3 – система, соединенная параллельно.

Значение величины A_c находят из уравнения 2.3 методом подбора, чтобы погрешность расчета не превышала 0,05 %.

Значения величин A_1 , A_2 , n_1 , n_2 находят экспериментальным путем, деформируя одиночные материалы с записью кривой растяжения.

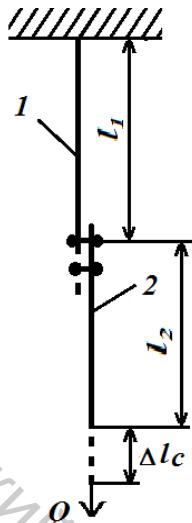


Рисунок 2.8 – Последовательно соединенная система

Из рисунка видно, что при последовательном соединении материалов нагрузка, воспринимаемая первым и вторым материалами, одинакова. Удлинение системы материалов равно сумме удлинений отдельных материалов.

Зависимость $\varepsilon=f(Q)$ представлена на рисунке 2.9.

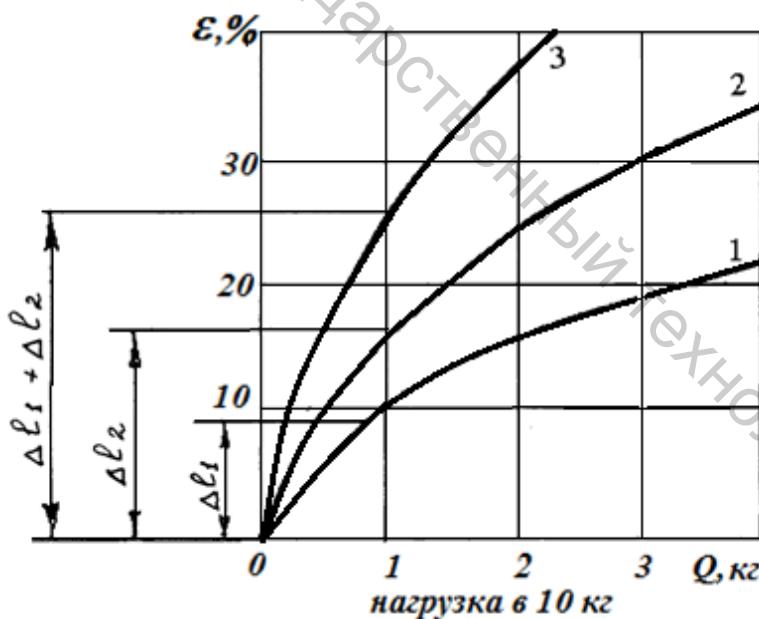


Рисунок 2.9 – Кривые растяжения при последовательном соединении материалов

1 – первый материал;
2 – второй материал;
3 – система, соединенная последовательно.

Теоретически и экспериментально показано, что между коэффициентом удлинения системы материалов и показателем степени в уравнении системы материалов также имеется взаимосвязь с показателями отдельных материалов.

Для последовательно соединенной системы, состоящей из двух образцов, коэффициент удлинения материала можно найти из выражения

$$A_c = \frac{1}{1+\kappa} (A_1 + \kappa A_2), \quad (2.6)$$

где $\kappa = L_2 / L_1$, L_1 , L_2 – длина испытуемых образцов.

$$n_c = \frac{\lg \varepsilon_c - \lg A_c}{lqQ_c}. \quad (2.7)$$

Подставляя значения показателей A_1 и A_2 и κ , получают значение коэффициента A_c для системы материалов.

Показатель степени n_c рассчитывают следующим образом. Задают определенное значение нагрузки. Принятая нагрузка должна быть больше единицы, но меньше разрушающей. Рассчитывают значение величины деформации при принятой нагрузке для материалов, входящих в систему:

$$\varepsilon_i = A_i \cdot 2^{ni}. \quad (2.8)$$

Используя полученные значения, находят значение относительной деформации для последовательно соединенной системы

$$\varepsilon_c = \frac{1}{1 + \kappa_2} (\varepsilon_1 + \kappa_2 \varepsilon_2). \quad (2.9)$$

Подставляя все полученные значения, находят величину показателя n_c .

$$n_c = \frac{\lg \varepsilon_c - \lg A_c}{\lg 2}. \quad (2.10)$$

В общем случае для последовательно соединенной системы можно записать выражение:

$$\varepsilon_c = \frac{1}{\sum_{i=1}^n K_i} \sum_{i=1}^n K_i \cdot \varepsilon_i. \quad (2.11)$$

Используя эти зависимости, можно не испытывать системы материалов, а испытать отдельные материалы, рассчитать коэффициент A_c и показатель n_c , а затем, используя зависимость $\varepsilon_c = A_c \cdot Q_c^{nc}$, определить ожидаемую деформационную способность системы материалов при заданной нагрузке, или, наоборот, зная необходимую деформацию, определить, какую для этого необходимо приложить нагрузку.

Используя полученные зависимости, обосновывают режимы формования заготовок.

Следовательно, физико-механические свойства системы материалов при параллельном, последовательном и последовательно-параллельном соединении зависят от свойств исходных материалов, характеризуемых коэффициентом A и показателем степени n .

При растяжении системы материалов, соединенных параллельно-последовательно, нагрузка, воспринимаемая системой, распределяется по всем скрепленным материалам.

Вопрос о распределении нагрузок на материалы при растяжении системы имеет большое значение, так как характер распределения нагрузок влияет на разрыв одной из ее составных частей (материала) при больших или меньших общих нагрузках. Распределение нагрузок между материалами выражается следующим уравнением:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\frac{1}{A_2^{n_1}}}{\frac{1}{A_1^{n_2}}} \varepsilon^{\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2}}. \quad (2.12)$$

Таким образом, характер распределения нагрузок зависит не только от физико-механических свойств каждого из материалов, но и от величины деформации системы материалов. При одинаковых значениях показателей степени характер распределения нагрузок не зависит от величины их деформации, и уравнение имеет следующий вид:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^{\frac{1}{n}}. \quad (2.13)$$

При параллельном соединении материалов, имеющих одинаковое значение коэффициента A , нагрузка распределяется поровну

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 1. \quad (2.14)$$

2.2 Связь между деформационными свойствами заготовок и материалов, входящих в них

Установлено, что для кривых растяжения заготовок полуботинка с отрезной союзкой значение показателя n колеблется в пределах 0,44 – 0,69. Это дает возможность принять n постоянным и равным 0,5, поэтому свойства этих заготовок можно характеризовать одним показателем – коэффициентом удлинения A_3 , т. е.

$$\varepsilon = A_3 Q^{0.5}, \quad (2.15)$$

где A_3 – коэффициент удлинения заготовки верха обуви.

Исследования показали, что между коэффициентом A_c и коэффициентом A_3 имеется зависимость (рисунок 2.10). Для практических целей эта зависимость выражается прямой линией, что видно из формулы 2.16

$$A_3 = EA_c, \quad (2.16)$$

где E – коэффициент пропорциональности.

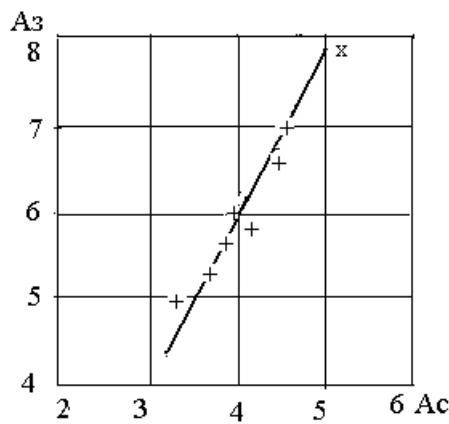
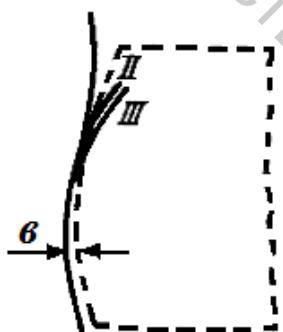


Рисунок 2.10 – Зависимость между коэффициентами A_3 и A_c

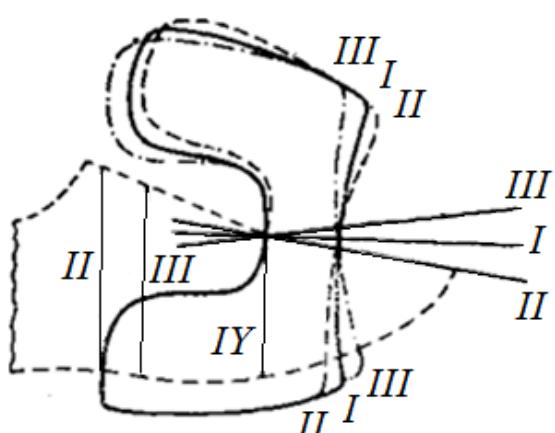
Коэффициент E зависит от «факела» деформации заготовки. Размеры «факела» деформации заготовки изменяются в зависимости от формы заднего шва заготовки (рисунок 2.11) и направления линии перегиба союзки (рисунок 2.12), т. е. угла разведения крыльев заготовки.



δ – припуск к условной развертке колодки

Рисунок 2.11 – Очертание заднего шва заготовки

Например, в туфлях производят некоторое уменьшение размера верхней части и дается припуск в нижней части задинки (рисунок 2.11). Это приводит к тому, что «факел» деформации уменьшается. При растяжении сначала происходит натяжение верхнего канта заготовки, а затем и ее пятальной части. В заготовках данной конструкции размер «факела» увеличивается при повышении деформации.



I – для туфель и открытого полуботинка;
II – для ботинок и полуботинок;
III – для сапог;
IV – линия перегиба половины союзки

Рисунок 2.12 – Линии перегиба союзки

Кривые растяжения заготовок на обтяжной машине могут быть выражены уравнением того же вида, что и для отдельных материалов их систем и заготовок при испытании на динамометре.

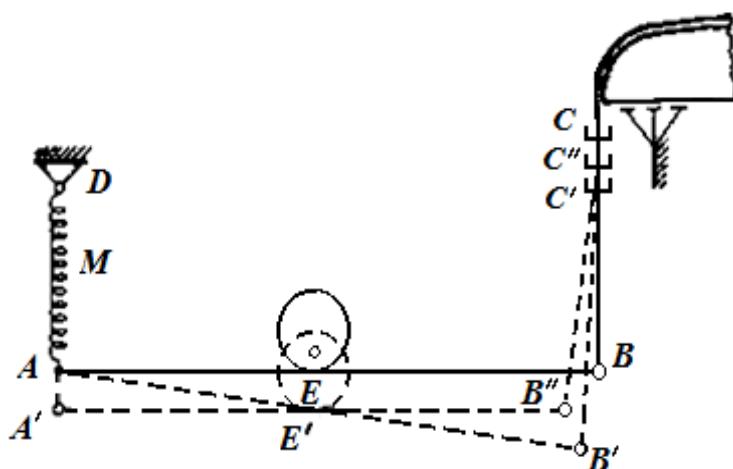
$$\varepsilon = A'_3 Q^n. \quad (2.17)$$

На значение коэффициента A'_3 и показателя степени n помимо факторов, влияющих на данные характеристики при испытании заготовок на динамометре (без трения о колодку), оказывает влияние настройка механизма клещей обтяжной машины и трение заготовки о колодку.

Рассмотрим работу механизма клещей обтяжных машин типа ОМ. Обтяжные машины типа ОМ имеют трое клещей: одни средние и двое боковых. Механизм клещей обтяжных машин очень сложен.

При обтягивании заготовки эти клещи совершают четыре движения: захват материала заготовки; растяжение материала заготовки; загибание затяжной кромки заготовки на стельку; открывание и возвращение в исходное положение. При растяжении, когда клещи совершают вертикальное движение, происходит рассматриваемая нами деформация материала заготовки.

В изображенной упрощенной схеме механизма клещей (рисунок 2.13) исключены все детали кинематической схемы. Весь сложный механизм клещей заменен горизонтальным рычагом AB и тягой BC . Слева изображена пружина AD , при помощи которой регулируется натяжение заготовки. Эксцентрик при вращении действует на рычаг AB , опуская его. Так как величина эксцентризитета постоянна, то рычаг AB опускается в точке E на одну и ту же величину. При этом рычаг опускается по-разному в зависимости от тягучести (растяжимости) заготовки, захваченной клещами C , и жесткости пружины.



АВ – рычаг;
ВС – тяга клещей, которая заканчивается губками клещей для захвата затяжной кромки;
С – клещи;
АД – пружина, выполняет роль упругого звена, регулирует натяжение заготовки;
Е – эксцентрик, вращаясь, опускает рычаг АД

Рисунок 2.13 – Схема пружинного механизма клещей обтяжной машины

Если жесткость пружин чрезвычайно велика, а сопротивление материалов заготовки растяжению относительно мало, то задний конец рычага A остается на месте, а передний B опускается в точку B' . Вместе с рычагом опускается тяга и клещи на величину пути BB' , т. е. на эту величину будет растянута заготовка.

Если сопротивление материалов заготовки велико, то рычаг при повороте эксцентрика опускается за счет растяжения материалов заготовки и пружины. При этом пружина растягивается на величину AA' , а заготовка – на величину BB'' .

Очевидно, при нижнем положении эксцентрика моменты усилия на правой и левой сторонах рычага будут равны. Из этого следует, что, зная величину хода клещей и силу, необходимую для формования заготовки, можно, дав пружине соответствующее предварительное натяжение, настроить машину так, чтобы она производила растяжение заготовки на необходимую величину. Обтяжные машины имеют специальное регулирующее устройство, позволяющее изменять натяжение пружины и величину хода клещей.

Установлено, что между коэффициентами A'_3 и A_3 имеется прямолинейная зависимость

$$A'_3 = E' A_3. \quad (2.18)$$

В зависимости от настройки механизма клещей обтяжной машины значение коэффициента E' колеблется в пределах 0,30–0,44 при растяжении заготовки на обтяжной машине тремя клещами. При настройке механизма клещей в диапазонах, применяемых при эксплуатации в производственных условиях, эти колебания значительно меньше (0,4–0,44).

Показатель степени n имеет незначительные колебания и для практических расчетов его можно принять равным 0,5. Следовательно, имеется полная связь между коэффициентом A_3 и коэффициентом A'_3 .

$$A'_3 = E E' A_c. \quad (2.19)$$

Кривая растяжения заготовки на обтяжной машине тремя клещами будет иметь следующий вид:

$$\varepsilon = 0,42 A_3 Q^{0.5}, \quad (2.20)$$

или

$$\varepsilon = 0,42 A_c Q^{0.5}. \quad (2.21)$$

Сопоставляя уравнения (2.20) и (2.21), нетрудно заметить, что при переходе от растяжения заготовки на динамометре без трения к формированию на обтяжной машине тремя клещами продольная деформация уменьшается в среднем на 58 % при одной той же силе натяжения. На уменьшение продольной деформации оказывает влияние скорость приложения нагрузки и трение заготовки о колодку.

Скорость опускания клещей обтяжной машины в начале растяжения равна 100 – 120 мм/с. В конце растяжения эта скорость снижается до 25– 35 мм/с. Скорость же опускания зажима в динамометре достигает 1,7 мм/с.

Скорость деформации оказывает влияние на физико-механические свойства материала.

С увеличением скорости деформации скорость нарастания напряжения увеличивается, так как не успевает проявиться релаксационный процесс. Следовательно, увеличение скорости деформации заготовки приводит к уменьшению их деформации при аналогичных нагрузках.

На величину деформации влияет сила трения заготовки о колодку. Вследствие сложности формы колодки на одних участках ее сила трения больше, на других – меньше, что и отражается на величине деформации материала, соприкасающегося с тем или иным участком колодки. Естественно, что сила трения заготовки с увеличением коэффициента трения и нормального давления заготовки на поверхность колодки. Величина нормального давления зависит от тягучести заготовки и величины их растяжения. Чем меньше тягучесть заготовки, тем больше нормальное давление на поверхность колодки при одной и той же величине растяжения заготовки.

Коэффициент трения ткани, например, по дереву (колодки), значительно меньше, чем коэффициент трения кожи по дереву, поэтому сила трения заготовки с подкладкой и ткани о колодку уменьшается, и нарастание удлинения в разных ее частях на первом этапе формования происходит более плавно, чем в заготовке из кожи. Это приводит к уменьшению разницы между растяжением пятчной и пучковой частей заготовки. При растяжении заготовки на втором этапе формования сила трения их о поверхность колодки достигает значительной величины, так как при этом заготовка получает дополнительное растяжение в продольном направлении и получает растяжение в поперечном направлении. Давление заготовки на колодку резко увеличивается и деформация уменьшается.

Сила натяжения заготовки клещами Q должна быть меньше разрывной нагрузки (нагрузки при разрыве одного из составляющих заготовку материалов) в 1,3 – 1,5 раза. Следовательно, расчетное относительное удлинение заготовки при формировании на обтяжной машине может быть определено по уравнению

$$\varepsilon_{расч} = E E' A_c Q_{don}^{0,5}, \quad (2.22)$$

где Q_{don} – допускаемая нагрузка в десятых долях, кг;

$\frac{Q_{расч}}{1,3 \div 1,5}$ – для наименее прочного материала.

На деформируемость заготовки оказывает влияние вид и ее конструкция. Исследованиями установлено, что заготовка ботинка при прочих одинаковых условиях получает меньшую деформацию, чем заготовка полуботинка, а заготовка туфли-лодочки – большую деформацию.

Наименьшие расхождения между фактической продольной деформацией заготовки при обтяжно-затяжном способе формования и подсчитанной по уравнению были в том случае, когда коэффициент удлинения и нагрузка при разрыве определились при испытании образцов и их системы методом «полуграб» (ширина образца 50 мм, ширина нижнего зажима 20 мм). Коэффициент A при испытании по методу «полуграб» больше, чем при испытании по методу «стрип» в среднем в 1,4 раза.

Расчет величины продольной деформации $\varepsilon_{расч}$ заготовок типовых конструкций при обтяжно-затяжном способе формования производят по следующему уравнению:

$$\varepsilon_{расч} = E_1 E_2 E_3 A_c Q_{don}^{0,5}, \quad (2.23)$$

где E_1 – коэффициент относительной деформируемости заготовок различных конструкций;

E_2 – коэффициент, учитывающий угол α разведения крыльев заготовки;

E_3 – коэффициент, учитывающий величину смещения α .

Для заготовки полуботинка с отрезной союзкой значение коэффициента E_1 принято равным единице.

Ниже приведены значения коэффициента E_1 для заготовок различных видов и конструкций, а также значения коэффициента E_2 и E_3 .

Значение коэффициента E_1

Заготовка полуботинка с отрезной союзкой.....	1,00
Заготовка полуботинка типа «Конверт».....	1,18
Заготовка ботинка с отрезной союзкой.....	0,95
Заготовка ботинка типа «Конверт».....	1,10
Заготовка туфли-лодочки.....	1,30

Значения коэффициента E_2		Значения коэффициента E_3	
α^0	E_2	α в мм	E_3
10	0,90	0	0,30
16	1,00	5	0,33
21	1,10	10	0,36

Продольная деформация заготовки распределяется неравномерно по длине заготовки, что необходимо учитывать при проектировании.

Деформация заготовки в носочной части в 1,5 – 1,8 раза превышает общую продольную деформацию, т. е.

$$\varepsilon_h = (1,5 \div 1,8) \varepsilon_{расч} . \quad (2.24)$$

В области союзки деформация составляет

$$\varepsilon_c = (1,0 \div 1,1) \varepsilon_{расч} . \quad (2.25)$$

В области берец

$$\varepsilon_b = (0,6 \div 0,7) \varepsilon_{расч} . \quad (2.26)$$

Таким образом, способ расчета деформации заготовки весьма сложен и требует соответствующих инженерных навыков. Однако он позволяет при знании тягучести исходных материалов заготовки точно устанавливать величину ее деформации при обтяжке. А это, в свою очередь, позволяет значительно сокращать повторные опытные изготавления обуви для корректирования ее модели.

2.3 Процесс формования верха обуви двух заготовок, обладающих различной жесткостью

Рассмотрим графически процесс формования верха двух заготовок, обладающих различной жесткостью и, следовательно, имеющих различную тягучесть. По оси абсцисс – величина растяжения заготовки и пружины (ε), по оси ординат – силы формования Р (рисунок 2.14).

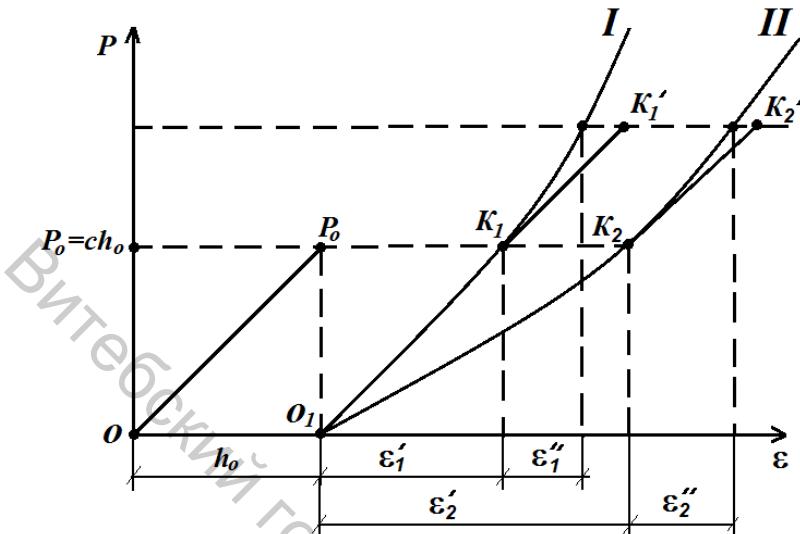
Растяжение заготовки начинается под действием силы P_o .

$$P_o = Ch_o, \quad (2.27)$$

где P_o – сила на конце рычага;

h_o – предварительное натяжение пружины;

C – жесткость пружины.



Кривая I – жесткая система; II – мягкая система.

Предварительное натяжение пружины, обладающей жесткостью, показано прямой OP_o .

$OP_o \parallel K_1K_1' \parallel K_2K_2'$ – характеризует растяжение пружины.

Рисунок 2.14 – Растяжение заготовок

различной жесткости

Первоначально момент силы растяжения заготовки относительно точки контакта рычага с эксцентриком меньше момента, создаваемого пружиной, происходит деформирование заготовки по кривым I и II, отрезки O_1K_1 и O_1K_2 .

Удлинения заготовки, в рассматриваемый период, составляют ε_1' , ε_2' , при этом $\varepsilon_1' < \varepsilon_2'$, так как при одинаковой настройке клещевого механизма первоначальная и наиболее значительная часть удлинения заготовки определяется величиной её удлинения под действием силы P_o . Начиная с точек K_1 и K_2 растяжение пружины происходит по прямой, эти прямые параллельны прямой OP_o . Растяжение пружины вызывает образование дополнительных сил, которые в свою очередь вызывают дополнительные удлинения заготовок ε_1'' , ε_2'' . При этом, так же как и на первом этапе растяжения заготовки, удлинение более тягучей заготовки будет больше по величине. Следовательно, при одинаковой настройке механизма обтяжной машины общее удлинение заготовки будет тем больше, чем больше её способность к растяжению.

Формование заготовки верха обуви по принципу упругого звена вследствие неравномерности удлинений различных заготовок ведет к необходимости исправлять перекосы, корректировать процесс обтяжки, ведет к перерасходу материала, снижает производительность, поэтому новое поколение оборудования работает по принципу постоянства перемещения рабочих органов машины. При этом теоретически каждая обувная заготовка в партии получает одинаковое по величине удлинение, которое запроектировано при разработке модели.

Список использованных источников

1. Фукин, В. А. Технология изделий из кожи : учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 1 / В. А. Фукин, А. Н. Калита ; под ред. В. А. Фукина. – Москва. : Легпромбытиздат, 1988. – 272 с.
2. Технология изделий из кожи : учебник для студентов вузов легкой пром-сти / под ред. проф. Ю. П. Зыбина. – Москва : Легкая индустрия, 1977. – 260 с.
3. Справочник обувщика (Технология) / Е. Я. Михеева [и др.] ; под ред. А. Н. Калиты. – Москва : Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1989. – 410 с.
4. Раяцкас, В. Л. Практикум по технологии изделий из кожи. : учеб. пособие для студентов вузов легкой пром-сти / под ред. В. Л. Раяцкаса. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 275 с.
5. Зыбин, А. Ю. Двухосное растяжение материалов верха обуви / А. Ю. Зыбин. – Москва : Легкая индустрия, 1973. – 120 с.
6. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А. П. Жихарев [и др.] ; под ред. И. С. Тарасовой. – Москва : Академия, 2004. – 448 с.
7. Куприянов, М. П. Деформационные свойства кож для верха обуви / М. П. Куприянов. – Москва : Легкая индустрия, 1969. – 248 с.
8. Михеева, Е. Я. Современные методы оценки качества обуви и обувных материалов / Е. Я. Михеева, Л. С. Беляев. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 248 с.
9. Акулова, Т. Е. Деформация заготовки при формировании / Т. Е. Акулова, Е. И. Буканков, З. А. Коптюбенко // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1971. – № 5. – С. 29–34.
10. Довнич, И. И. Определение деформации заготовки при формировании в условиях замкнутого контура / И. И. Довнич, С. И. Клобуков, А. Н. Калита // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1978. – № 3. – С. 38–40.
11. Данилов, Е. Н. Формование двухслойной заготовки на обувной колодке / Е. Н. Данилов, В. Н. Гарбарук // Известия высш. учеб. завед. Технология легк. пром-ти. – 1975. – № 1. – С. 110–115.
12. Гвоздевская, В. А. Влияние начальной деформации на релаксационные свойства хромовой кожи / В. А. Гвоздевская, Л. И. Адигезалов, А. С. Шварц // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1981. – № 8. – С. 58.
13. Цибизова, Е. М. Системный подход к проблеме формоустойчивости / Е. М. Цибисова, А. Н. Калита // Известия высш. учеб. завед. Технология легк. пром-ти. – 1986. – № 1. – С. 71–74.
14. Шаповал, Н. И. Влияние влаги и тепла на релаксационные процессы в коже / Н. И. Шаповал, М. П. Куприянов // Известия высш. учеб. завед. Технология легк. пром-ти. – 1968. – № 4. – С. 96–99.

15. Шестакова, Н. А. О релаксации напряжений в коже в зависимости от начального напряжения и влажности : сб. науч. тр. / Н. А. Шестакова, А. А. Калинина. – Москва, 1970. Вып. 36. – С. 109–115.
16. Батесене, М. Ю. Влияние влажности на формовочные свойства заготовок / М. Ю. Батисене, Д. А. Кирейлене // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1982. – № 12. – С. 44–46.
17. Кравченко, А. Д. Исследование влияния влаги на деформацию материалов верха обуви при двухмерном растяжении / А. Д. Кравченко // Известия высш. учеб. завед. Технология легк. пром-ти. – 1961. – № 6. – С. 84–91.
18. Батесене, М. Ю. Влияние влажности на формовочные свойства заготовок / М. Ю. Батисене, Д. А. Кирейлене // Кожевенно-обувная пром-ть. – 1982. – № 12. – С. 44–46.
19. Ратаутас, А. С. Исследование релаксационных свойств кожи для верха обуви при растяжении : автореф. дис. канд. техн. наук / А. С. Ратаутас ; КПИ. – Вильнюс, 1970. – 23 с.
20. Справочник по материалам, применяемым в производстве обуви и кожгалантерии / К. М. Зурабян [и др.]. – Москва : Shoe-Icons, 2004. – 209 с.

Учебное издание

ПРОЦЕССЫ ФОРМОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОЖИ

Курс лекций

Составители:

**Загайгора Клавдия Андреевна
Фурашова Светлана Леонидовна**

Редактор *Н. Н. Матвеева*

Технический редактор *С. Л. Фурашова*

Корректор *М. В. Самкович*

Компьютерная верстка *А. А. Сайкин, А. Д. Яблоков, Д. А. Грибанов
Н. Н. Матвеева*

Подписано в печать _____. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная № 1.
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. лист. _____. Уч.-изд. лист _____. Тираж ____ экз.
Заказ № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский
государственный технологический университет»
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 г.