

Для проверки полученных результатов и возможности их использования был проведен эксперимент, в котором образцы материалов подвергались одному, двум и трем миллионам циклов изгибов.

Полученные экспериментальные данные близки к значениям, рассчитанным по описанным формулам (рис. 3). Ошибка опыта не превышала 4-5%.

### Л и т е р а т у р а

1. Новые методы физико-механических испытаний искусственной кожи и пленочных материалов / В.Н.Фектистов, Н.С.Ланеева, Н.Г.Кузьмина, С.Б.Рывкин. - М.: Легкая индустрия, 1969, с. 10-15.
2. Полякова Л.Г. Новый прибор для исследования на устойчивость к многократным механическим воздействиям материалов для верха обуви. - В кн.: Совершенствование техники и технологии производства кожи, обуви и дубильных экстрактов. М.: Легкая индустрия, 1974, сб. № 1, с. 112-116.
3. Справочник обувщика. - М.: Легкая индустрия, т. 1, 1970, с. 72.
4. Смольникова Г.Н. Исследование устойчивости искусственной кожи на волокнистой основе для верха закрытой обуви к повторным деформациям как одному из основных факторов, определяющих ее износ: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - М., 1969, с. 25-29.
5. Акимова Е.В., Михеева Е.Я. Об устойчивости к повторным механическим воздействиям материалов верха обуви. - Кожевенно-обувная промышленность, 1978, № 12, с. 45-48.
6. Акимова Е.В., Михеева Е.Я. Об износостойкости систем материалов верха обуви. - Кожевенно-обувная промышленность, 1979, № 11, с. 56-59.
7. Демидович Б.П., Марон И.А., Шувалова Э.З. Численные методы анализа. - М.: Наука, 1976, с. 112-120.

УДК 685.31.001.5

А.З.Козлов, канд. техн. наук (ВТИЛП),  
А.Н.Жаров, канд. техн. наук (МТИЛП)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЗАГОТОВКИ НА МАШИНАХ ТИПА ЗНК С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Совершенствование процессов в обувной промышленности требует неуклонного повышения качества обуви при одновременном расширении ее ассортимента и интенсификации производства.

Важная роль в решении этих задач принадлежит разработке и внедрению автоматизированных систем технологической и конструкторской подготовки производства. Создание подобных систем предполагает разработку методов, позволяющих алгоритмизировать технологические процессы. В первую очередь это относится к процессу формования заготовки верха обуви на колодке, который во многом определяет качество готовой продукции.

В работах, проведенных в МТИЛПе и ВТИЛПе, рекомендовано использовать для анализа процесса формования аналитические методы, которые основаны на моделировании самого процесса. В качестве моделей сложной поверхности колодки предложены поверхности тел, образованных вращением кривых второго порядка. Сущность метода поясняется с помощью рис. 1.

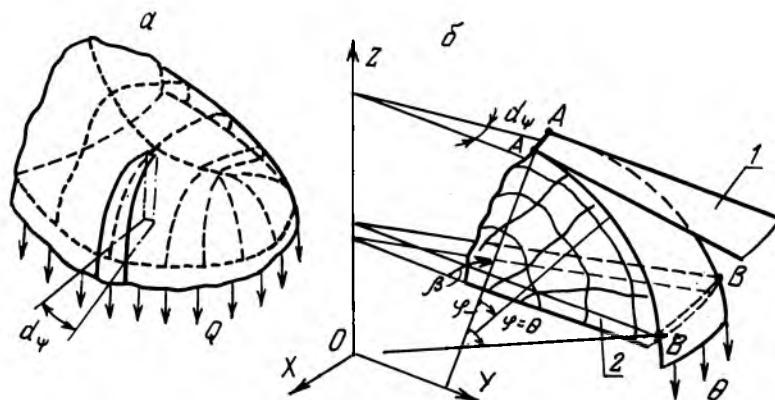


Рис. 1. Элемент заготовки, формуемой на колодке (а) и на поверхности тела вращения (б).

На нем изображен метод деформирования носочно-пучковой части заготовки, которая испытывает наибольшие напряжения. Силы  $Q$  действуют на заготовку со стороны клещей. Каркас колодки представлен в виде вертикальных сечений, ориентированных по нормали к контуру стелечной грани. Двугранным углом  $d_\phi$  выделен участок заготовки и колодки, который соответствует определенному сечению (рис. 1, а).

При вытяжке заготовки ее напряженное состояние на выделенном участке может быть поставлено в соответствие напряженному состоянию детали заготовки 1 (рис. 1, б), которая формируется на поверхности тела 2, образованного вращением кривой второго порядка относительно оси  $OZ$ . Геометрические ха-

рактеристики кривой должны быть получены аппроксимацией сечений соответствующего участка поверхности колодки.

Положение детали на поверхности определено углами  $\beta$  и  $\varphi = \theta$ . Углы образованы осью ОУ и нормалью меридионального сечения. Угол  $\varphi$  принят для обозначения текущих координат поверхности в направлении меридиана. Начало его отсчета всегда совпадает с углом  $\beta$ .

Анализируя процесс формования детали на поверхность тела вращения, получаем [1] два уравнения. Первое из них выражает соотношение между меридиональными и широтными деформациями материала. Второе – соотношение между удельными нагрузками, действующими соответственно в меридиональном и широтном направлениях. В совокупности с двумя уравнениями взаимосвязи [2] они образуют единую систему.

Для случаев формования детали на сферическую и торовую поверхность система имеет вид:

$$\frac{d\psi}{d\varphi} + \psi \frac{\sin(\beta + \varphi)}{k - \cos(\beta + \varphi)} - \phi \frac{\sin\beta}{k - \cos(\beta + \varphi)} = \frac{\sin(\beta + \varphi) - \sin\beta}{k - \cos(\beta + \varphi)}; \quad (1)$$

$$\frac{dq}{d\varphi} + q \left[ \frac{\sin(\beta + \varphi)}{k - \cos(\beta + \varphi)} - f \right] - P \left[ \frac{\sin(\beta + \varphi) + f \cos(\beta + \varphi)}{k - \cos(\beta + \varphi)} \right] = 0; \quad (2)$$

$$\phi = \frac{1}{E} (q^n - P \frac{n}{\mu}); \quad (3) \quad \psi = \frac{1}{E} (P^n - \mu q^n), \quad (4)$$

где  $\phi$ ,  $q$  и  $\psi$ ,  $P$  – деформации и удельные нагрузки на материал соответственно в направлении меридианов и параллелей;  $E$ ,  $\mu$ ,  $n$  – показатели деформационных свойств обувных материалов, определяемые путем обработки результатов испытания образцов на двухосное растяжение [2];  $f$  – коэффициент трения детали о поверхность тела вращения;  $k = R/r$  – отношение геометрических параметров тора.

На основе уравнений (1)–(4) сформулированы краевые задачи первого порядка. Их решение осуществлено численным методом на ЭВМ "Наири-К". Варьируя значениями  $k$ ,  $\beta$ ,  $E$ ,  $\mu$ ,  $n$ , получим:  $q(\varphi)$ ,  $P(\varphi)$ ,  $\psi(\varphi)$ ,  $\phi(\varphi)$ . Их анализ позволил выявить общие закономерности в распределении деформаций и удельных нагрузок при формировании детали заготовки на поверхность тел, образованных вращением любой выпуклой кривой второго порядка.

Применительно к процессу вытяжки заготовки на колодке эти закономерности выражаются следующим образом. Если выделить

сечения заготовки, направленные от линии гребня колодки по нормали к контуру стелечной грани, то характер распределения деформаций  $\Phi$  вдоль сечения и деформаций  $\Psi$  поперек сечений будет общим для любого сечения носочно-пучковой части заготовки. Этот характер отражают эпюры на рис. 2, а, б. Эпюры  $q(\Psi)$  и  $P(\Psi)$  (рис. 2, в, г) отражают характер изменения удельных нагрузок, направленных соответственно вдоль и поперек сечения.

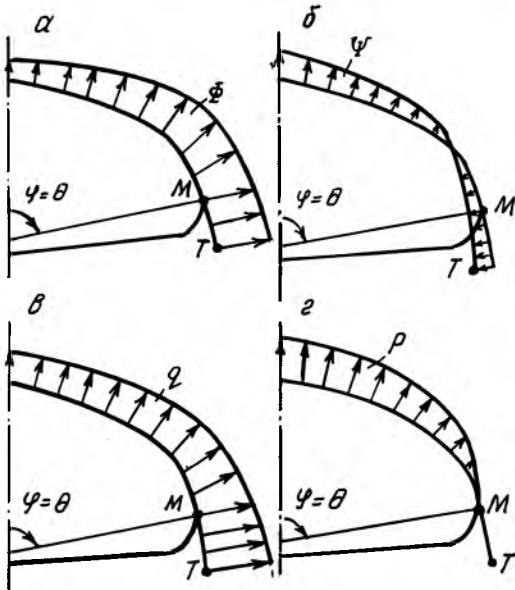


Рис. 2. Характер распределения деформаций (а, б) и удельных нагрузок (в, г) при формировании заготовки.

Практически по всей площади заготовки, принявшей форму носочно-пучковой части колодки, напряженное состояние является двухосным с различным соотношением продольных и поперечных удлинений. В тыльной части колодки это соотношение может быть равно 1 (симметричное растяжение). И только в зоне затяжной кромки (участок МТ) заготовка подвергается одноосному растяжению. Точка М соответствует линии прилегания материала к колодке, а точка Т – месту захвата заготовки клещами.

Установлено возрастание продольных деформаций  $\Phi$  и удельных нагрузок  $q$  при переходе от тыльной части колодки к стелечной грани. При этом поперечные деформации  $\Psi$  и удельные нагрузки  $P$  уменьшаются. При наличии отрицательных значений  $\Psi$  сокращается материал по периметру заготовки.

Приведенные результаты позволяют рекомендовать для исследования деформационных свойств обувных материалов методы, которые учитывали бы всю совокупность напряженных состояний формируемой заготовки. При испытании образцов кож должны определяться обобщенные показатели, характеризующие свойства материалов при одноосном, двухосном симметричном и несимметричном растяжениях.

В целом разработанная аналитическая модель имеет следующие достоинства: позволяет оценить деформированное состояние заготовки на участках колодки с различной степенью кривизны и установить влияние показателей свойств материала на процесс формования, дает возможность рассчитать удлинения заготовки и усилия, действующие на нее со стороны клаещей. Это создает предпосылки для разработки и создания автоматизированных систем технологической и конструкторской подготовки производства.

#### Л и т е р а т у р а

1. Жаров А.Н., Коэлов А.З. Деформации и силы растяжения детали при осесимметричном формировании. – В сб.: Исследование и проектирование машин и агрегатов легкой промышленности. М., 1978, с. 17–19.
2. Жаров А.Н. Коэлов А.З. Комиссарова А.И. Взаимосвязь деформаций и напряжений материалов для верха обуви при двухосном растяжении: Науч. труды МТИЛП. – М., 1979, № 43, с. 32–36.
3. Коэлов А.З. Метод расчета деформаций заготовки верха обуви и усилий, действующих на рабочий инструмент при формировании. – М.: ЦНИИТЭИлэгпищемаш, 1978, № 4, с. 12–16.