

УДК 685.34.03.017.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН ДЕФОРМАЦИЙ ОБУВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ФОРМОВАНИИ ПОВЕРХНОСТЯМИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

В.Д. БОРОЗНА, А.П. ДМИТРИЕВ

(УО «Витебский государственный технологический университет», г. Витебск)

Придание заготовке верха обуви формы обувной колодки с помощью различных способов формования является сложным процессом, при котором должны учитываться как свойства используемых материалов, так и связанные с ними режимы формования. Процесс формования верха обуви представляет собой одновременное приложение к листовому материалу заготовки растягивающих усилий в различных направлениях, т. е. в той или иной мере является деформированием многоосным растяжением. Так как физико-механические свойства деформируемых материалов определяют дальнейшую формоустойчивость верха обуви, а значит и качество готовой обуви, поэтому для первоначального анализа механических параметров процессов формования проводят испытания материалов более простым двухосным симметричным растяжением.

Существует несколько вариантов испытания материалов на двухосное растяжение, которые отличаются между собой в основном принципом приложения деформирующих сил. Общим для всех этих испытаний является применение образца материала в виде круга. На рисунке 1 показаны схемы основных испытаний материалов верха обуви двухосным растяжением с помощью металлического шарика (рис. 1, а), жесткой сферой (рис. 1, б) и пуансоном в форме тора с вмонтированными по краям роликами (рис. 1, в).

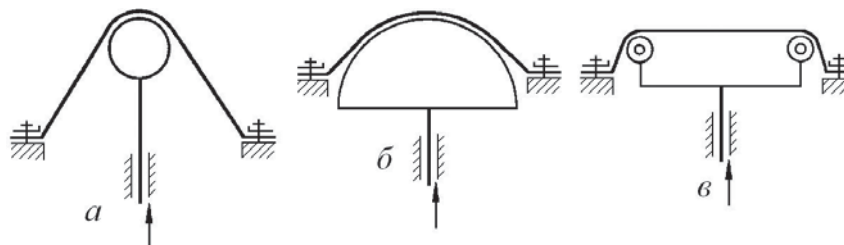


Рис. 1 Схемы нагружения материала при двухосном растяжении

Среди указанных методов испытания материалов наиболее часто используются рекомендуемые ТНПА методы продавливания зажатого по кругу образца шариком или жесткой сферой (рис. 1 а, б), диаметры которых соответственно меньше или равны диаметру исследуемого образца. Однако обувная колодка представляет собой достаточно сложную пространственную поверхность и даже части её лишь в первом приближении можно считать поверхностью сферической формы. Поэтому все указанные методы двухосного растяжения довольно далеки от действительной формы обувной колодки.

В УО «ВГТУ» на кафедре стандартизации разработаны присоединяемые к разрывным машинам устройства, которые имеют сменные наконечники продавливающих пуансонов различных пространственных форм и параметров. Для этих устройств получены расчетные формулы определения величин деформаций, которые испытывает материал на поверхностях некоторых тел вращения, как наиболее близко и достаточно просто, моделирующих носочно-пучковую часть обувной колодки. Математическая модель процесса формования плоских обувных материалов построена без учёта сил трения материала о формирующую поверхность, в связи с чем двухосное растяжение счи-

таем однородным. Так как используемые для верха обуви материалы имеют толщину значительно меньшую, чем линейные размеры заготовок, поэтому их толщина на значение деформации влияет незначительно, а значит таким влиянием можно пренебречь, считая материал абсолютно тонким.

Для зажатого по периметру кругового образца радиусом R в результате подъёма продавливающего пуансона на высоту h величины плоской и меридиальной относительных деформаций рассчитываются соответственно по формулам:

$$E_s = \frac{S - S_0}{S_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$E_m = \frac{L - d}{d} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где S_0 – первоначальная площадь деформируемого кругового образца радиуса, т.е. $S_0 = \pi \cdot R^2$, S – площадь поверхности образца после его продавливания в результате подъёма пуансона на высоту h , $d = 2 \cdot R$ – первоначальный диаметр образца, L – длина образца по меридиану поверхности вращения после подъёма пуансона на высоту h .

Растяжение материала в виде кругового образца радиусом R пуансонами сферической формы того же радиуса, а также в виде поверхностей эллипсоида или параболоида вращения, образованных соответственно вращением эллипса с большой полуосью $a = R$ вокруг малой полуоси $b = const$ и параболы $y = -\frac{R}{k}x^2$ вокруг оси симметрии, где k – коэффициент кривизны параболы, иллюстрирует рисунок 2.

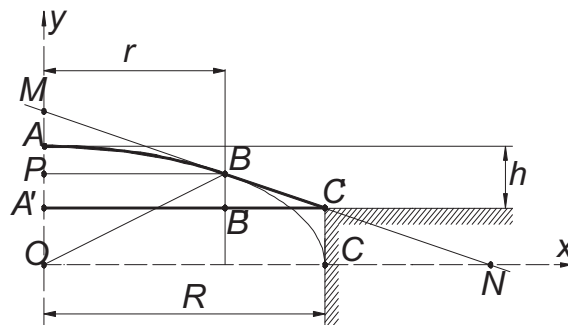


Рис. 2. Растяжение материала в виде кругового образца поверхностью тела вращения

При расчёте плоской деформации (1) учитываем, что $S = S_1 + S_2$, где S_1 – площадь боковой поверхности усечённого конуса с радиусами оснований $R = OC$, $r = PB$ и образующей $l = BC'$ и S_2 – площадь материала непосредственно облегающего поверхность тела вращения по дуге $\overset{\frown}{AB'}$. В результате проведённых расчётов получены следующие формулы.

При продавливании сферой:

$$E_s = \left(\frac{2R(R-h) + 2h^2}{R^2 + (R-h)^2} - 1 \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

При продавливании эллипсоидом вращения (формула 4):

$$E_s = \frac{2\pi R \left(\frac{b}{n} \right)^2 p \sqrt{m^2 + 4R^2 p^2} + \pi \frac{R}{c} \left(cR + b^2 \ln(c+R) - q(h) \sqrt{b^2 + q^2(h)} \right) - b^2 \ln \left(q(h) + \sqrt{b^2 + q^2(h)} \right) - \pi R^2}{\pi \cdot R^2 \cdot 0,01},$$

где с учётом параметра устройства $c = \sqrt{R^2 - b^2}$ коэффициенты вычисляются по форму-

лам: $p = b - h$, $m = b^2 - p^2$, $n = b^2 + p^2$, $q(h) = \frac{2 \cdot c \cdot b \cdot p}{n}$.

При продавливании параболоидом вращения:

$$E_s = \frac{6 \cdot a \cdot R \cdot \sqrt{k} \cdot (b + \sqrt{R^3}) \cdot \sqrt{4 \cdot b^2 \cdot R + k^2 + k^3 - c^3 - 6 \cdot k \cdot R^4}}{6 \cdot k \cdot R^4} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где коэффициенты определяются формулами: $a = \sqrt{\frac{R^3}{k} - h}$, $b = \sqrt{R^3} - a \cdot \sqrt{k}$,

$$c = \sqrt{\left(4 \cdot R^4 + k^2 - 4 \cdot \sqrt{k} \cdot R \cdot a \cdot (\sqrt{R^3} + b)\right)^3}.$$

При расчёте меридиальной относительной деформации (2) учитываем, что длина образца по меридиану L определяется как $L = 2 \left(L_{AB} \cup BC' \right)$, где L_{AB} длина дуги образца на поверхности тела вращения, а $d = 2R$.

В результате проведённых расчётов получены следующие формулы.

При продавливании сферой:

$$E_m = \left(\frac{\pi}{2} - \frac{h}{R} - 2 \cdot \arctg \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right) \cdot 100\%. \quad (6)$$

При продавливании эллипсоидом вращения с учётом того, что длина дуги образца на поверхности эллипсоида вращения определяется эллиптическими интегралами 2-ого рода $E(\alpha, \beta)$, значения которых находят численными методами, по таблицам или с помощью компьютерных программ. Тогда имеем:

$$E_m = \frac{\frac{p}{n} \sqrt{m^2 + 4p^2 R^2} + R \left(E \left(\frac{\pi}{2}; \varepsilon \right) - E \left(\arctg \frac{2b^2 p}{Rm}; \varepsilon \right) \right) - R}{R} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где $p = b - h$, $n = b^2 + p^2$, $m = b^2 - p^2$, $\varepsilon = \frac{\sqrt{R^2 - b^2}}{R}$.

При продавливании параболоидом вращения:

$$E_m = \frac{k^2 \cdot \ln \left| \frac{2 \cdot b \cdot \sqrt{R} + m}{k} \right| + 2 \cdot b \cdot m \cdot \sqrt{R} + 2 \cdot a \cdot m \cdot \sqrt{k \cdot R} - 4 \cdot k \cdot R^2}{4 \cdot k \cdot R^2} \cdot 100\%, \quad (8)$$

где коэффициенты вычисляются по формулам: $a = \sqrt{\frac{R^3}{k} - h}$, $b = \sqrt{R^3} - a \cdot \sqrt{k}$,

$$m = \sqrt{k^2 + 4 \cdot b^2 \cdot R}.$$

Для исследования формовочных свойств материалов верха обуви, полученные формулы (3-8) определяют величины плоской и меридиальной деформации при продавливании поверхностями тел вращения плоского круглого образца только с учётом параметров фигур вращения и переменной величины h – подъема продавливающего пуансона.

Полученные математические формулы позволят конструкторам обуви производить подбор материалов для верха обуви и определить режимы их формования с учетом максимально возможного их деформирования двухосным растяжением на поверхности тел вращения, как поверхностях наиболее лучше моделирующей носочно-пучковую часть формирующей колодки. Полученные результаты могут быть использованы для исследования процессов формования новых обувных материалов, а также для изучения различных способов формования, основанных на принципе постоянства деформации.

Руководитель – д.т.н., профессор БУРКИН А.Н.