

Микротвердость прокатанных образцов измерялась по Виккерсу. На рис. 5 видно, что твердость исходной заготовки (кривая 4.1) ниже, чем твердость прокатанных образцов. Заготовка, прокатанная при обжатии  $\delta = 1,10$  (кривая 4), имеет большую твердость, чем исходная, но меньшую, чем заготовки, прокатанные при большем обжатии  $\delta = 1,15$  (кривые 4.2, 4.6, 4.9).

Точность размеров калиброванной поверхности при прокатке по разным схемам и при различных степенях обжатия практически одинаковая. Некруглость калиброванных цилиндрических участков прокатанных заготовок составляет 0,02...0,05 мм, конусность по длине отсутствует.

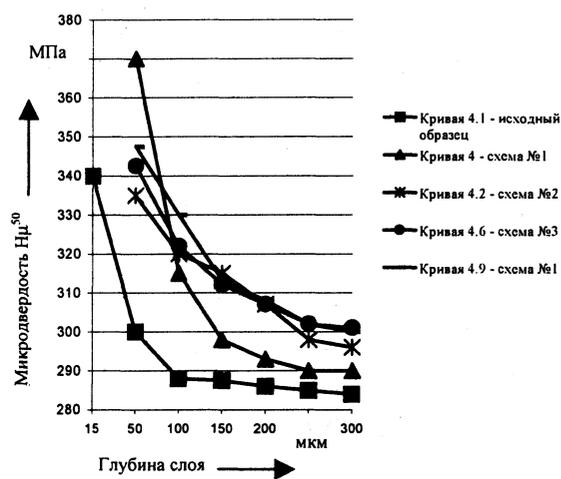


Рис. 5

В рассматриваемых схемах прокатки-калибровки деформационный процесс в поверхностных слоях заготовки характеризуется пластическим течением металла в условиях комбинированного вдавливания и сдвига.

В первой схеме сдвигающие напряжения (деформации), вызванные прокаткой и проскальзыванием роликов относительно заготовки, однонаправлены. Этим обстоятельством можно объяснить уменьшение шероховатости поверхности и более высокие прочностные показатели поверхностного слоя.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен и апробирован новый способ калибрования цилиндрических наружных поверхностей изделий типа тел вращения, совмещающий процессы калибрования с поперечно-клиновой прокаткой их отдельных элементов, который может быть эффективно использован при производстве ответственных деталей машин и инструмента. Калибрование обеспечивает снижение шероховатости поверхности с  $Ra = (1,25-12,5)$  мкм до  $Ra = (0,25-0,63)$  мкм, повышение точностных и прочностных показателей поверхностного слоя.

2. Проведенные исследования использованы при разработке и внедрении стана СХП80 для прокатки осей транспортера ТСН.00.611 на Павловском авторемонтном заводе.

УДК 621.762

## ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ПРОВОЛОЧНОГО ТЕЛА НАМОТКИ

Канд. техн. наук ПЕТЮШИК Е. Е.,  
инж. ЯКУБОВСКИЙ А. Ч., канд. техн. наук, доц. ЯКУБОВСКИЙ Ч. А.

Белорусская государственная политехническая академия

Широкое применение пористых проницаемых материалов на основе порошков различных металлов и керамики, сеток различного способа плетения, волокон в устройствах фильтрования жидкостей и газов, глушения шума и гашения пламени, нагревателях, катализаторах и прочих

формирует комплекс предъявляемых к ним требований. Среди них – повышение надежности и эффективности работы в различных условиях эксплуатации, в том числе при динамических знакопеременных нагрузках, в условиях высоких температур и агрессивных сред, при снижении

себестоимости и повышении технологичности в изготовлении, что влечет дальнейшее совершенствование существующих или создание новых проницаемых материалов. Материалы с организованной поровой структурой на основе проволоочных тел намотки являются одним из перспективных вариантов реализации современного комплекса требований.

Авторами разработаны пористые проницаемые материалы с организованной поровой структурой на основе проволоки, процесс изготовления которых заключается в намотке ее на оправку и последующем радиальном деформировании тела намотки. На стадии намотки проволоки осуществляется управление структурными характеристиками пористого материала, т. е. происходит предварительное формирование структуры его порового пространства. Окончательное формирование структурных и каркасных характеристик изделия происходит на стадии деформирования. Естественно, что для осуществления необратимого процесса формоизменения заготовки необходимо пластическое деформирование, что вызывает необходимость его изучения.

Достаточно высокая регулярность контактов в телах намотки позволяет свести задачу к описанию взаимодействия проволок в единичном контакте, а именно к взаимодействию двух соприкасающихся цилиндров, нагруженных сосредоточенной сжимающей силой.

В общем случае, когда два соприкасающиеся цилиндра образуют между своими осями некоторый произвольный угол, в результате действия сосредоточенной сжимающей силы они деформируются, и первоначально точечное касание переходит в соприкосновение по площадке контакта, имеющей форму эллипса.

Первоначально цилиндры деформируются упруго, а затем, при достижении предела текучести  $\sigma_T$  материала проволоки, деформация переходит в пластическую область нагружения, т. е. выполняется так называемое условие пластичности, которое можно записать по теории средних касательных напряжений или теории энергии формоизменения (условие Губера–Мизеса–Генки) в следующем виде:  $\sigma_i = \sigma_T$  [1]. Здесь  $\sigma_i$  – интенсивность напряжений. В теории пластичности применяется инвариантная величина  $\epsilon_i$ , называемая интенсивностью деформации. Интенсивность напряжений является впол-

не определенной функцией от интенсивности деформации, почти не зависящей от типа напряженного состояния и определяемой лишь свойствами материала:  $\sigma_i = f(\epsilon_i)$  – обобщенная кривая деформирования [1].

Если в упругой области расчеты подчиняются линейному закону Гука ( $\sigma = E\epsilon$ , где  $E$  – модуль упругости), то в пластической области расчеты следует вести иными методами. Существует несколько методов расчета при упругопластической деформации [1]:

- метод схематизации кривых деформирования;
- метод переменных параметров упругости;
- графоаналитический метод (метод последовательных приближений).

**Метод схематизации кривых деформирования (диаграмм растяжения)** применяется для упрощения расчетов в пластической области (рис. 1). Здесь  $\sigma_B$  – предел прочности;  $\epsilon_B$  – пластическая деформация, соответствующая пределу прочности;  $\epsilon_T$  – пластическая деформация, соответствующая пределу текучести;  $E_K = \frac{\sigma_B - \sigma_T}{\epsilon_B - \epsilon_T}$  – касательный модуль (или модуль упрочнения). Для некоторой промежуточной точки С

$$\sigma_C = \sigma_T + (\epsilon_C - \epsilon_T)E_K.$$

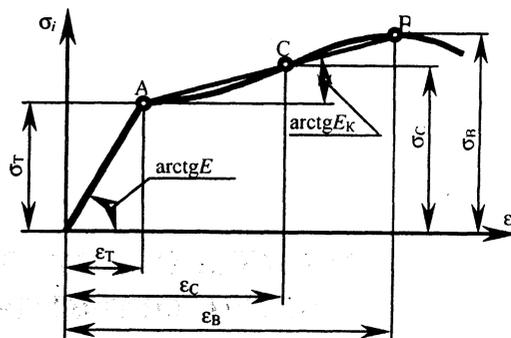


Рис. 1

Схематизация производится различными способами в зависимости от вида диаграммы и метода решения конкретной задачи (рис. 2):

- с линейным упрочнением (рис. 2а);
- без линейного упрочнения (рис. 2б) – диаграмма Прандтля (материал, следующий диаграмме Прандтля, называется идеальным упругопластическим);
- без линейного упрочнения и упругой деформации (рис. 2в); в некоторых случаях упру-

гой деформацией по сравнению с пластической можно пренебречь (материал, следующий этой диаграмме, называется жесткопластическим).

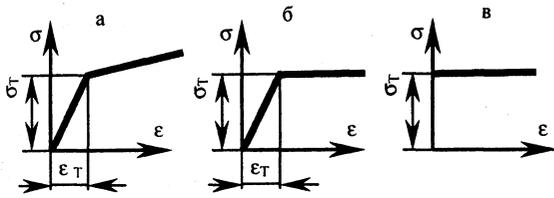


Рис. 2

**Метод переменных параметров упругости** состоит в том, что уравнения деформационной теории пластичности можно представить как уравнения теории упругости, заменив в них модуль упругости  $E$  и коэффициент Пуассона  $\mu$  переменными параметрами  $E'$  и  $\mu'$ , выраженными в виде:

$$E' = E_c \text{ и } \mu' = \frac{1}{2} - \frac{1 - 2\mu E_c}{2E}, \text{ где}$$

$E_c = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}$  – секущий модуль на кривой деформирования  $\sigma_0 = f(\epsilon_0)$ .

**Графоаналитический метод** решения задачи выполняют в том случае, когда значение секущего модуля и коэффициент Пуассона заранее не известны (т. е. не известна конечная точка на диаграмме  $\sigma_0 = f(\epsilon_0)$ , до которой возрастают напряжения).

По заданным параметрам задачи, считая деформацию упругой, определяется интенсивность напряжений  $\sigma_i$  в упругом теле (рис. 3).

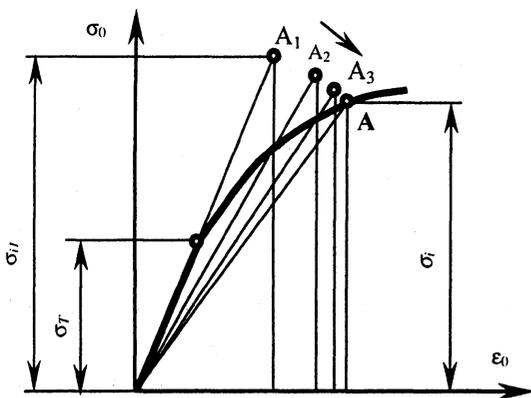


Рис. 3

Соответствующая найденному значению  $\sigma_i$  точка  $A_1$  откладывается на чертеже диаграммы растяжения (сжатия) для заданного материала тела. Далее методом последовательных приближений точка совмещается с диаграммой, после чего расчет заканчивается.

Рассмотрим вопрос о напряженно-деформированном состоянии цилиндров в пластической области деформирования, воспользовавшись методом переменных параметров упругости.

Основными параметрами, описывающими процесс деформирования двух соприкасающихся цилиндров (как модели проволочного тела намотки), являются: размеры  $a$  и  $b$  контактной площадки взаимодействующих цилиндров, величина их сближения  $\delta$ , наибольшее давление  $p_{max}$  на площадке контакта и максимальное усилие сжатия  $P$  в единичном контакте [2]. Представляя эти выражения, справедливые для упругой области нагружения, в виде уравнений деформационной теории пластичности, заменим в них модуль упругости и коэффициент Пуассона переменными параметрами

$$E' = E_c \text{ и } \mu' = \frac{1}{2} - \frac{1 - 2\mu E_c}{2E},$$

где

$$E_c = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0}.$$

То есть:

$$a = 1,144 n_a \sqrt[3]{Pr \frac{1 - \mu'^2}{E'}};$$

$$b = 1,144 n_b \sqrt[3]{Pr \frac{1 - \mu'^2}{E'}};$$

$$\delta = 1,311 n_\delta \sqrt[3]{\frac{P^2}{r} \left( \frac{1 - \mu'^2}{E'} \right)^2};$$

$$P_{\max} = 0,364 n_p^3 \sqrt{\frac{P}{r^2} \left( \frac{E'}{1 - \mu'^2} \right)^2};$$

$$P = \frac{75,12}{n_p^3} r^2 \left( \frac{1 - \mu'^2}{E'} \right)^2 \sigma_T^3.$$

Возможность точного расчета количества контактов в теле намотки позволяет перейти от напряжений и деформаций в единичном контакте к силовым и деформационным характеристикам процесса прессования всего тела в целом.

Таким образом, с учетом количества контактов в одном слое тела намотки и числа слоев можно определить общее усилие прессования.

Используя полученные зависимости, описывающие процесс пластического деформирования, представляется возможным (с учетом исходной структуры проволочного тела намотки) прогнозировать структурные и каркасные характеристики готового изделия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И. А., Мавлютов Р. Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
2. Piatsiushyk Y., Reut O., Yakubouski A., Boginsky L. Main Aspects of the Theory and Technology of Producing Permeable Materials with the Organized Porous Structure Through Deformation Processing // 15 International Plansee Seminar. – Austria, Reutte, 2001. – V. 3. – S. 285–299.

УДК 62-233.21/22

## ИЗНОСОСТОЙКИЕ САМОУСТАНОВЛИВАЮЩИЕСЯ ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ

*Канд. техн. наук, доц. НЕВЗОРОВА А. Б., инж. МОЙСЕЕНКО В. Л.,  
докт. техн. наук, проф. ВРУБЛЕВСКАЯ В. И.*

*Белорусский государственный университет транспорта*

При возможных деформациях вала и неточности выполнения монтажа применяются самоустанавливающиеся подшипники качения и скольжения. Их работоспособность во многом определяется конструкцией, материалами, из которых они изготавливаются, и условиями работы.

Большая проблема возникает с использованием в узлах трения металлических подшипников, работающих в абразивно-агрессивных, влажных средах. В таких условиях они быстро корродируют, заклинивают и в некоторых случа-

ях не только сами выходят из строя, но и приводят к интенсивному износу других деталей.

Например, самоустанавливающиеся подшипники качения 1606, 1209, установленные в узле МКШ – механизма кривошипной шайбы привода ножа травяной жатки КСК-100; 1308 и 1309, в опорах шнека разбрызгивателей органических удобрений, работают в условиях с интенсивным прерывистым режимом и не выдерживают сезонного срока эксплуатации даже при периодической смазке узлов трения.