

оценка не учитывает бочкообразования и не полностью учитывает сжимаемость тела.

Характерно, что при наличии полной адгезии на контакте с инструментом лишь половина контактной поверхности, начиная от особой точки, является траекторией максимальных сдвигающих напряжений ($\theta = 45^\circ$), затем траектории поворачиваются и θ возрастает до 90° на вертикальной оси симметрии. Последнее показывает, что теория переходных областей требует уточнения в области малых значений τ_{\max} .

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Теоретические основыковки и горячей объемной штамповки /Е.М. Макушок, А.С.Матусевич, В.П.Северденко, В.М.Сегал. — Минск, 1968. 2. Новые методы исследования процессов обработки металлов давлением/ Под ред. Е.М.Макушка. — Минск, 1973. 3. Макушок Е.М. Механика трения. — Минск, 1974. 4. Макушок Е.М., Калининская Т.В., Белый А.В. Массоперенос в процессах трения. — Минск, 1978, 5. Фрохт М. Фотоупругость. — М., 1948, т. 1.

УДК 621.771.016

С.М.КРАСНЕВСКИЙ, В.Я.ЩУКИН

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММ ПЛАСТИЧНОСТИ МЕТОДОМ ПОПЕРЕЧНОЙ ПРОКАТКИ ОБРАЗЦОВ

При поперечно-клиновой прокатке вследствие ограниченной пластичности материала и специфичного для этого вида прокатки напряженно-деформированного состояния при определенных условиях в сплошной заготовке может происходить осевое разрушение металла, известное под названием "эффект Маннесмана". Методы определения предельной пластичности металлов (растяжение, кручение, осадка) не позволяют определить остаточную пластичность после поперечно-клиновой прокатки, так как эти методы фиксируют среднюю пластичность по всему сечению образца.

В связи с этим был предложен образец и метод определения пластичности, который заключается в поперечной прокатке плоских дисков в закрытых калибрах с заданной степенью обжатия [1]. Образец представляет собой цилиндр с отношением высоты к диаметру в пределах $0,2 \leq \frac{h}{d} \leq 0,5$, т.е. в центральной части образца сохраняется плоско-напряженное состояние.

Напряженно-деформированное состояние в центральной части образца исследовалось методом муаровых сеток.

Образцы из теллуристого свинца (0,05% Те) диаметром 90 мм и толщиной от 20 до 40 мм, механические свойства которого достаточно близки к свойствам жестко-пластического тела, прокатывали со степенями обжатия

1,05; 1,10; 1,15; 1,20 в клиновом инструменте с калибрами. В процессе прокатки, когда процесс приближался к стационарному, плиты затормаживали, и образец извлекался. На каждую степень обжатия в одинаковых условиях прокатывали два образца. Каждый из этих образцов сфрезеровывался до половины высоты и из двух половинок образцов составлялся разрезной образец, на плоскостях разреза которого фотохимическим способом наносили два семейства ортогональных растров — параллельно и перпендикулярно площадке контакта. Затем разрезной образец закладывался в клиновой калибр и деформировался поперечной прокаткой так, чтобы его жесткие области поворачивались на угол $1-4^{\circ}$. Для каждой степени обжатия подбирали такой этап деформации, чтобы количество полос муара было достаточным для математической обработки. При выполнении этапных деформаций плоскости разреза образца оставались плоскими. Получение картин полос муара, математическое сглаживание экспериментальных данных и расчет параметров напряженно-деформированного состояния производились по работе [2].

Расчет напряженного состояния проводился для случая плоско-напряженного состояния и велся по теории течения Леви-Мизеса:

$$\xi_x = \frac{H_i}{2k} (\sigma_x - \sigma); \quad \xi_y = \frac{H_i}{2k} (\sigma_y - \sigma);$$

$$\xi_z = \frac{H_i}{2k} (\sigma_z - \sigma); \quad \tau_{xy} = k \cdot \frac{\eta_{xy}}{H_i}$$

На скорости деформаций накладывалось условие несжимаемости

$$\xi_x + \xi_y + \xi_z = 0.$$

В качестве степени интенсивности сдвига принималась величина

$$\lambda_i = \int_0^t H_i dt,$$

где H_i — интенсивность скорости деформации сдвига; t — время.

Показатель напряженного состояния был представлен в виде отношения первого инварианта тензора напряжений σ к интенсивности касательных напряжений T_i . На рис. 1,а представлена зависимость показателя напряженного состояния $\frac{\sigma}{T}$ (1) и накопленной деформации на оси образца за цикл нагружения (2) при поперечной прокатке от степени обжатия образца.

С увеличением степени обжатия схема напряженного состояния смягчается и при обжатии 1,20 показатель напряженного состояния близок к чистому сжатию. Накопленная деформация за цикл нагружения на оси образца монотонно возрастает и при больших степенях обжатия достигает значительных величин.

Построение диаграмм пластичности производилось следующим образом. Строились экспериментальные кривые зависимости числа циклов нагружения до разрушения образца N_p от степени обжатия δ (рис. 1, б).

По кривым на рис. 1, а по заданной степени обжатия δ находили показатель напряженного состояния в центральной части образца и величину накопленной деформации на оси образца за 1 цикл. Суммарную степень деформации λ_p , накопленную на оси образца к моменту разрушения, определяли по формуле

$$\lambda_p = \lambda_{ц} \cdot N_p.$$

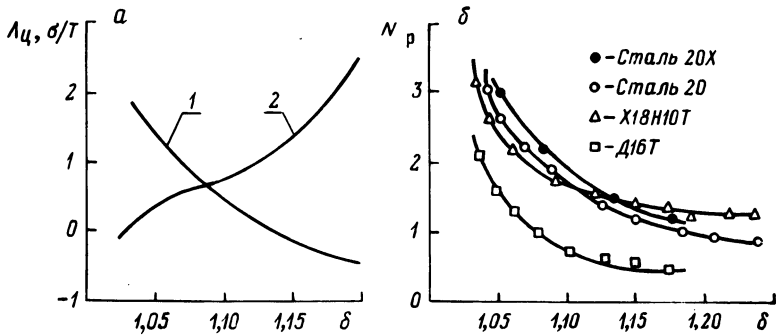


Рис. 1. Зависимости: а — показателя напряженного состояния (1) и накопленной деформации на оси образца за цикл нагружения (2) от степени обжатия; б — число циклов нагружения до разрушения от степени обжатия.

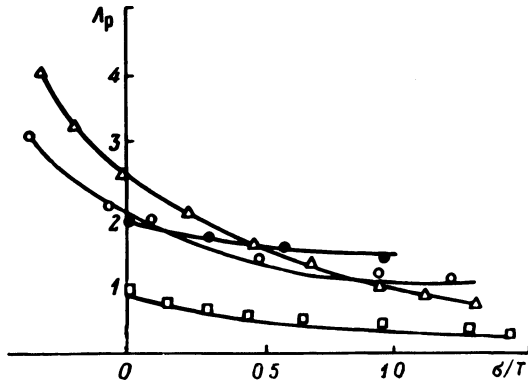


Рис. 2. Диаграммы пластичности, построенные методом поперечной прокатки образцов:
 ● — сталь 20X; ○ — сталь 20; △ — 1X18N10T;
 □ — 216 Т.

Варьируя степени обжатия, получим зависимость степени деформации к моменту разрушения от показателя напряженного состояния.

На рис. 2 представлены диаграммы пластичности, построенные растяжением гладких образцов, растяжением образцов с выточками, кручением, осадкой [3] (сплошные линии), и на эти кривые нанесены экспериментальные точки, полученные поперечной прокаткой образцов с различной степенью обжатия.

Достоинством метода является возможность определения локальной пластичности, т.е. пластических свойств в ограниченном объеме металла, расположенного в центре образца, что не обеспечивается обычными испытаниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новый метод испытания металлов/ А.С.Дубень, С.М.Красневский, Л.И.Стенько, В.Я.Щукин. — Информационный листок. Минск, 1978.
2. Сегал В.М., Макушок Е.М., Резников В.И. Исследование пластического формоизменения металлов методом муара. — М., 1974.
3. Колмогоров В.М. Напряжения. Деформации. Разрушение. — М., 1970.

УДК 621.762.4.001

Е.Б.ЛОЖЕЧНИКОВ, Г.В.ШЕДКО, А.Н.ДЕМИДОВ

ПРОКАТКА ПОРОШКОВ В ЭЛАСТИЧНОЙ ОБОЛОЧКЕ

Толщина и плотность прокатываемых из порошков полос, как известно, зависит от ряда геометрических и физических параметров: диаметра бочки валков, угла контакта порошка с валками, коэффициента трения порошка о валки, свойств порошка (коэффициента межчастичного трения и сцепления порошка) и др. [1,2]. При прокатке с оптимальными скоростями в вертикальном направлении обычно толщина полос составляет 0,005...0,010 диаметра бочки валков. При этом соотношение между толщиной $h_{\text{л}}$ и плотностью $\gamma_{\text{л}}$ порошкового проката описывается уравнением гиперболы (оси координат $h_{\text{л}}$ и $\gamma_{\text{л}}$ — асимптоты)

$$\gamma_{\text{л}} \cdot h_{\text{л}} = 0,5C^2, \quad (1)$$

где C — коэффициент интенсивности захвата, зависящий от свойств порошка, жесткости стана, скорости прокатки, условий подачи порошка.

Приблизительно прямая зависимость наибольшей толщины прокатываемых из порошков полос от диаметра бочки валков дает основание полагать, что интенсивность захвата и уплотнения порошка валками определяется объемом очага деформации. С его увеличением, вызванным увеличением диаметра бочки валков при постоянном угле захвата, возрастает объем