

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Г. Л. ПЕТРОСЯН, М. Г. ОГАНИСЯН, А. В. ГЕВОРКЯН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ
 МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Изучение поведения деформируемого пористого материала основано на теории пластичности пористых тел. В [1] получены уравнения теории пластичности пористых упрочняющихся материалов, с помощью которых можно определять их текущую пористость. При этом используются функции пористости α и β [2], которые выражаются через относительную пористость идеализированного (относительно пор) материала. В [3] учет особенностей пористости в реальных материалах осуществляется введением в формулы теории пластичности постоянных параметров m и n для данного пористого материала. При этом теоретически установленные функции пористости α и β экспериментально корректируются параметрами m и n . Исследования показывают [3], что при использовании функций α и β Грина значения m и n колеблются в пределах от 0 до 1 (по [2] $m = 1$, $n = 0$). При этом расчеты ведутся с использованием ЭВМ, что затрудняет изучение свойств пористых материалов в заводских условиях.

В настоящей работе приводится методика определения действительных механических свойств пористых материалов, позволяющая упростить расчеты и исследовать пористые материалы с различными фракциями порошков и с широким интервалом изменения начальной пористости.

Подобно [3], механические характеристики пористых материалов определяют испытаниями цилиндрических образцов на одноосное сжатие и строят кривые $\sigma - \epsilon$ и диаграммы сжатия $\sigma - \epsilon$, где $\sigma = \frac{P}{F}$ — основное напряжение, P — сжимающая сила, F — текущее значение площади поперечного сечения образца, $\epsilon = \ln \frac{h_0}{h}$ — осевая пластическая деформация, h_0 и h — начальная и текущая высоты образца.

В случае одноосного сжатия из зависимости теории пластичности пористых материалов [3] имеем:

$$\sigma_{max} = k_1 \tau; \quad d\sigma_{max} = k_2 d\epsilon; \quad (1)$$

$$dv = \frac{3\alpha^m (1-v) d\varepsilon}{1+\alpha^m}; \quad (2)$$

$$k_1 = \frac{V\sqrt{1+\alpha^m}}{\beta^{n+0,5}}; \quad k_2 = \frac{\beta^{2n-0,5}}{V\sqrt{1+\alpha^m}}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{экв}}$, $\bar{d\varepsilon}_{\text{экв}}$ — эквивалентное напряжение и приращение пластических деформаций; $d\varepsilon$ — приращение осевой пластической деформации; k_1 и k_2 — соответственно, коэффициенты эквивалентного напряжения и приращения пластических деформаций.

Как следует из (2), на изменение пористости оказывает влияние только параметр m . Это позволяет, зная начальную пористость v_0 , приращение $d\varepsilon$ (принимают $\Delta\varepsilon = 0,1$) и задав значения m ($0 \leq m \leq 1$, шаг расчета 0,05), по (2) определить приращения пористости и строить графики семейства кривых $v - \varepsilon$. На этот же график наносят экспериментальную кривую $v - \varepsilon$ и определяют m , из условия совпадения экспериментальной кривой $v - \varepsilon$ с соответствующей теоретической.

Для обработки результатов испытаний всех образцов с различной начальной пористостью построены графики семейства кривых $v - \varepsilon$ (номограммы $v - \varepsilon$) для начальных пористостей от 0,04 до 0,5 с шагом 0,005. На рис. 1 показана номограмма $v - \varepsilon$ для начальной пористости $v_0 = 0,09$, которая позволяет для пористых материалов с различными начальными пористостями графически определить параметр m , используя экспериментальную кривую $v - \varepsilon$.

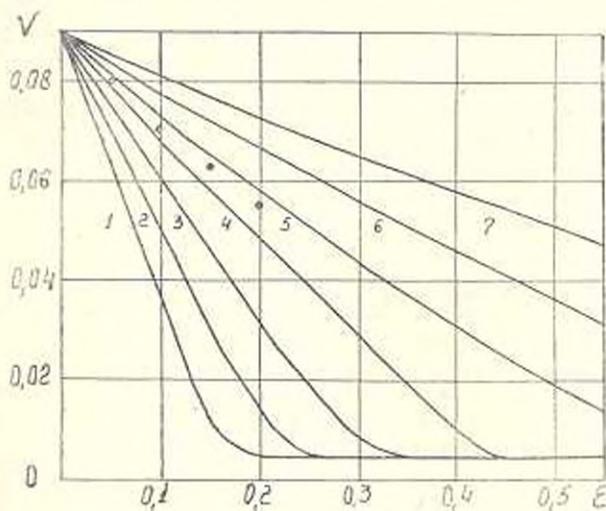


Рис. 1. Номограмма $v - \varepsilon$ для начальной пористости материала $v_0 = 0,09$
 (1 — $m = 0,4$; 2 — $m = 0,5$; 3 — $m = 0,6$; 4 — $m = 0,7$; 5 — $m = 0,8$; 6 — $m = 0,9$;
 7 — $m = 1$; ● — экспериментальные данные).

Можно упростить также определение параметра n . С этой целью для найденного m , различных значений параметра n ($0 \leq n \leq 1$, шаг расчета 0,05) и пористостей ($0,04 \leq v \leq 0,5$, шаг расчета 0,005) по формулам (3) подсчитывают коэффициенты k_1 и k_2 и сводят их в табл.

Как следует из табл., при уменьшении m и увеличении n , т. е. отклонении формы пор от сферической, влияние поправочных коэффициентов k_1 и k_2 возрастает. В этом случае для данной начальной пористости материала диаграмма сжатия $\sigma - \epsilon$ должна располагаться

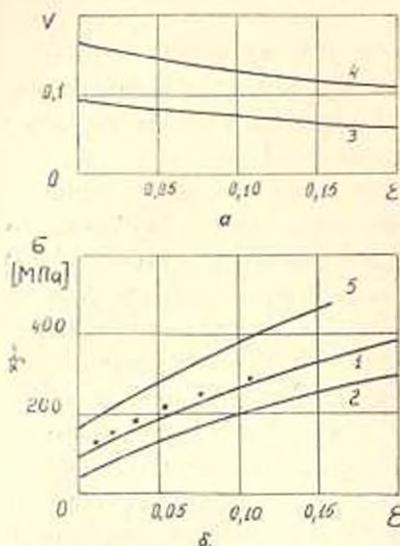


Рис. 2. Диаграммы деформирования материала. 1, 3 — диаграммы $\sigma - \epsilon$, $v = 0,09$; 2, 4 — при $v = 0,17$; ● — данные экструдированных ($\lambda = 2$) образцов при $v_0 = 0,05$.

значительно ниже диаграммы деформирования материала, т. к. несферические поры, являясь сильными концентраторами напряжений, в большой степени снижают механические свойства образца. Сфероидизация пор соответствующей термической обработкой приведет к уменьшению влияния коэффициентов k_1 и k_2 , а следовательно, улучшению механических свойств образца.

Расчеты для определения параметра n ведутся шаговым методом. В начале каждого шага текущие значения v и σ устанавливаются из графиков $v - \epsilon$ и $\sigma - \epsilon$. По полученным значениям пористостей материала v , из табл. определяют коэффициенты k_1 и k_2 для всех значений n . Величины $\sigma_{\text{экв}}$ и $\bar{d}\epsilon_{\text{экв}}$ устанавливаются по формулам (1) и по ним строят семейство кривых $\sigma_{\text{экв}} - \bar{d}\epsilon_{\text{экв}}$ [3]. Диаграмме деформирования материала соответствует такое значение параметра n , при котором кривые деформирования образцов с различной v_0 совпадают, т. е. не будут зависеть от пористости материала.

Таблица

Коэффициенты k_1 и k_2 для пористости $v = 0,09$

| n | m = 0,5 | | m = 0,6 | | m = 0,7 | | m = 0,8 | |
|-----|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | k_1 | k_2 | k_1 | k_2 | k_1 | k_2 | k_1 | k_2 |
| 0,4 | 1,5012 | 0,7881 | 1,4611 | 0,8081 | 1,433 | 0,8256 | 1,407 | 0,8415 |
| 0,5 | 1,5439 | 0,7451 | 1,5057 | 0,764 | 1,4783 | 0,7806 | 1,4455 | 0,7952 |
| 0,6 | 1,5878 | 0,7045 | 1,5485 | 0,7224 | 1,5156 | 0,738 | 1,4883 | 0,732 |
| 0,7 | 1,6329 | 0,6661 | 1,5925 | 0,683 | 1,5587 | 0,6978 | 1,5306 | 0,711 |
| 0,8 | 1,6793 | 0,6298 | 1,6377 | 0,6458 | 1,603 | 0,6598 | 1,572 | 0,672 |

В качестве примера исследуем механические свойства спеченного материала, полученного из латунной стружки марки ЛС59-1, которая в количестве 1100 т в год образуется на Кирово-Волжском заводе «Авто-

генмаш» при изготовлении деталей различного назначения. В этой связи определенный интерес представляет исследование механических свойств спеченных брикетов, изготовленных из стружки различных фракций (0,05...2 мм). Цилиндрические спеченные образцы на сжатие диаметром 10 мм, высотой 12 мм и начальной пористостью $v_0 = 0,07...0,3$ спекались в водороде в температурном интервале $750^\circ...780^\circ \text{C}$, с продолжительностью нагрева 1,5 ч. После спекания образцы испытывались на сжатие для установления параметров m и n с построением диаграммы деформирования материала. Результаты испытания образцов на одноосное сжатие приведены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 точками обозначены экспериментальные данные изменения пористости от деформации $v = \epsilon$ спеченной латуни из средней фракции стружки (0,25...0,63 мм) с начальной пористостью $v_0 = 0,09$ ($m = 0,75$).

На рис. 2 кривыми 1 и 2 показаны диаграммы сжатия $\sigma - \epsilon$ материала с начальными пористостями $v_0 = 0,09$ и $v_0 = 0,17$. Кривые 3 и 4 соответствуют изменениям пористости материала, а кривая 5 — его диаграмме деформирования ($n = 0,5$). Там же точками обозначены экспериментальные данные экструдированных ($\lambda = 2$) образцов, которые имели начальную пористость $v_0 \leq 0,05$.

Исследование механических свойств спеченных материалов, полученных из других фракций латунной стружки, а также из различных фракций стальной стружки марки 40X и распыленного медного порошка, показало, что для различных материалов параметры m и n различны, а для данного материала они почти не зависят от фракции и начальной пористости. Заметного влияния гранулометрического состава на диаграммы $\sigma - \epsilon$ не обнаружено и в [1].

Обработка результатов экспериментов показала, что для спеченной стали 40X $m = 0,75$ и $n = 0,85$, а для распыленной меди $m = 0,6$ и $n = 0,5$.

Анализ результатов испытания на одноосное сжатие всех цилиндрических образцов показывает, что пластичность спеченного материала в значительной степени зависит от фракции порошка. Так, например, при деформации $\epsilon > 0,1$ на всех испытываемых цилиндрических образцах, изготовленных из крупной фракции с малой и большей начальной пористостью $v_0 = 0,07...0,3$, появлялись трещины. Образцы же, изготовленные из мелкой фракции, подверглись большому пластическому деформациям $\epsilon > 0,3$ без заметного трещинообразования. Это объясняется большой поверхностью сцепления между частицами мелкой стружки, образующейся в процессе их формирования и спекания. Следовательно, для повышения пластичности и прочности материала из крупной фракции порошка (стружки) необходимо увеличить контактную поверхность сцепления частиц, подвергая материал, кроме соответствующей термической обработке, и большому пластическому деформациям при формировании.

1. Предложена методика исследования действительных механических свойств спеченных материалов, позволяющая облегчить определение параметров пористости и построение диаграммы деформирования

2. Установлено, что фракция и начальная пористость спеченных материалов не оказывают существенного влияния на параметры пористости m и n , тогда как спеченный материал из мелкой стружки обладает большей прочностью и пластичностью.

ԵրՊՈՒ իմ. Կ. Մարտի

17 V. 1981

Գ. Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Մ. Գ. ՀՅՈՂԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ա. Վ. ԴԵՎՈՐՅԱՆ

ՄԱԿՈՏԿԵՆ ԵՅՈՒԹԵՐԻ ԻՐԱԿԱՆ ՄԵԿԱՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԿԻԿԱ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Վ

Քերված է ծակոտկեն նյութերի իրական մեխանիկական հատկությունների որոշման մեթոդիկա, որը հնարավորություն է տալիս հշտացնելու հաշվարկները և ուսումնասիրելու տարբեր շափախ փոշու հատկանքներից ստացված և տարբեր ծակոտկենություն ունեցող նյութերը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Петросян Г. Л. О теории пластичности пористых тел.— Известия вузов. Машиностроение, 1977, № 5, с. 10—13
2. Грин Р. Дж. Теория пластичности пористых тел.— Сб. пер. «Механика», Мир, 1973, № 4 (140), с. 109—120.
3. Петросян Г. Л., Акопян Г. С., Мусасяня Г. В. Механические свойства композиции «абразив—связка» с учетом реальной пористости материала.— Известия АН АрмССР (сер. ТН), 1981, т. XXXIV, № 1, с. 18—22.
4. Кальнер В. Д., Горюшина М. Н., Шуберг Я. В. Деформационное упрочнение спеченого железа при холодной пластической деформации.— Металловедение и термическая обработка металлов, 1980, № 9, с. 34—36.