

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Г. Л. ПЕТРОСЯН, Г. С. АПОЯН, Г. В. МУСАЕЛЯН

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИИ «АБРАЗИВ-СВЯЗКА» С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОЙ ПОРИСТОСТИ МАТЕРИАЛА

Абразивно-металлические композиции, получаемые методом порошковой металлургии, широко используются для изготовления режущего инструмента. Различные методы формования позволяют получать материалы с варьируемой остаточной пористостью. Обычным прессованием (двухсторонним, односторонним) и с последующим спеканием получают материалы со сравнительно большой пористостью, в то время как экструдированные материалы имеют высокую плотность.

В работе [1] показано, что меняя зернистость и концентрацию абразива, в одинаковых условиях обычного прессования получают разные композиционные материалы. Но наличие остаточной пористости в абразивно-металлических композициях затрудняет определение действительных механических свойств композиционного материала. Исключая влияние пористости, теорией пластичности пористых материалов были получены диаграммы деформирования абразивно-металлических композиционных материалов [1].

Уравнения теории пластичности пористых упрочняющихся материалов [2, 3] учитывают изменение пористости в процессе формования и основаны на предположениях Грина [4]. Однако, как показывают экспериментальные исследования [2, 5], величина пористости, определяемая формулами теории пластичности пористых материалов, расходится с данными экспериментов.

В данной работе приведены результаты исследования механических свойств прессованных и экструдированных композиций «абразив-связка» с учетом реальной пористости материала.

Учет особенностей пористости в реальных материалах осуществляется введением постоянных для данного материала коэффициентов m и n в уравнения теории пластичности пористых материалов и их определением экспериментальным путем.

Тогда уравнения теории течения пористых изотропных материалов примут вид:

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{1}{\beta^{2n+0.5}} \left(\frac{3}{2} S_{ij} S_{ij} + 9\alpha^2 \sigma_0^2 \right)^{1/2};$$

$$d\bar{\sigma}_{\text{экв}} = \beta^{2n+0.5} \left(\frac{3}{2} de_{ij} de_{ij} + \frac{d\epsilon_0^2}{\alpha^2} \right)^{1/2};$$

(1)

$$de_{ij} = \frac{3d\bar{\epsilon}_{\text{экв}}}{2\sigma_{\text{экв}} \beta^{2n}} [\sigma_{ij} - (1 - 2\alpha^2) \delta_{ij} \sigma_0];$$

$$d\sigma = \frac{9\alpha^2 (1 - \nu) d\bar{\sigma}_{\text{экв}}}{\beta^{2n} \sigma_{\text{экв}}} \sigma_0.$$

где $\sigma_{\text{экв}}$, $d\bar{\sigma}_{\text{экв}}$ — эквивалентное напряжение и приращение деформации; de_{ij} , $d\epsilon_{ij}$, S_{ij} , σ_{ij} — соответственно, компоненты девиаторов и тензоров приращений пластических деформаций и напряжений; $\sigma_0 = \delta_{ij} \sigma_{ij} / 3$ — среднее напряжение; $d\epsilon_0 = \delta_{ij} d\epsilon_{ij} / 3$ — приращение средней деформации; δ_{ij} — символ Кронекера; α , β — функция пористости в [5].

Для исследования механических свойств абразивно-металлических композиций были изготовлены цилиндрические образцы диаметром 8 и высотой 10 мм на металлической связке М1 (Cu 80% + Sn 20%). В качестве абразива использовались сортированные на вибростоле зерна белого электрокорунда марки 23А изометрической формы различной зернистости (80/63, 160/125, 315/250) и концентрации абразива (50, 100, 150%).

Прессованные образцы изготовлены технологией, описанной в [1].

Образцы диаметром 20 и высотой 10 мм получены двусторонним прессованием под давлением 60 МПа и нагревом в герметических условиях до 700–750°С в течение 10 мин, которые затем подвергнуты экструзии, совмещая процессы формования и спекания, с коэффициентом вытяжки $\lambda = 2, 4, 6$ (λ — отношение площадей поперечного сечения заготовки и экструдированного материала). Полученные спеченные абразивоносные стержни разрезались алмазным кругом, удалялись оболочки, шлифовались цилиндрические поверхности и торцы.

Образцы подвергались одноосному сжатию. Увеличение степени сжатия осуществлялось ступенчатым нагружением. После каждой i -той ступени измерялись значение силы P_i , диаметр d_i и высота h_i образца.

На основании полученных данных строятся истинные диаграммы сжатия и кривые изменения пористости в координатах $\sigma - \epsilon$ и $\nu - \epsilon$,

где $\sigma = \frac{P_i}{F_i}$ — осевое напряжение; $\epsilon = \ln \left(\frac{h_0}{h_i} \right)$ — осевая пластическая деформация; F_i — текущее значение площади поперечного сечения образца; h_0 — начальная высота образца.

Используя зависимости (1) для одноосного сжатия, получаем

$$\sigma_{\text{эпн}} = \frac{1}{2^{n-0,5}} \cdot \tau, \quad d\bar{\varepsilon}_{\text{эпн}} = \frac{2^{2n-0,5}}{1+2^n} d\varepsilon; \quad (2)$$

$$d\nu = - \frac{3z^n (1-\nu)}{1+2^n} d\varepsilon, \quad (3)$$

где $d\varepsilon$ — приращение осевой пластической деформации.

Текущая пористость образца и интеграл от эквивалентного приращения пластических деформаций после каждой i -той ступени нагружения определялись из выражений

$$\nu_i = \nu_{i-1} + \Delta\nu_i, \quad \int d\varepsilon_{\text{эпн}} \approx \sum_{i=1}^k \Delta\bar{\varepsilon}_{\text{эпн}}, \quad (4)$$

где k — число предыдущих ступеней нагружения.

Как следует из уравнения (3), на изменение пористости оказывает влияние только коэффициент m . Следовательно, экспериментально определяя изменение пористости ν от деформации ε , по формуле (3) можно найти значение коэффициента m . Для этого, зная начальную пористость материала ν_0 , приращение осевой пластической деформации $\Delta\varepsilon$ и задавая значения коэффициента m ($1,5 \geq m \geq 0,5$) с шагом 0,05, по формуле (2) определяем семейство кривых ν — ε . Коэффициент m определяется из условия совпадения кривых ν — ε , подсчитанных по формуле (3), с соответствующими экспериментальными кривыми. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ показала, что для всех исследуемых композиций $m = 0,75$.

На рис. 1 показаны теоретические кривые ν — ε для начальных пористостей $\nu_0 = 0,282, 0,212$ и $0,155$ при $m = 0,75$. Сводка экспериментальных результатов на рис. 1 обозначена точками.

Определение коэффициента n осуществляется по методике [1]. Используя истинную диаграмму сжатия σ — ε материала с различной начальной пористостью коэффициент $m=0,75$ и задавая значения коэффициента n ($0,05 \leq n \leq 1,0$) с шагом 0,05, по формулам (2) определяем значения $\sigma_{\text{эпн}}$, $\int d\bar{\varepsilon}_{\text{эпн}}$ и получаем семейство кривых $\sigma_{\text{эпн}}$ — $\int d\bar{\varepsilon}_{\text{эпн}}$. Диа-

грамме деформирования материала соответствует такое значение коэффициента n , при котором кривые деформирования образцов с различной начальной пористостью совпадут друг с другом, т.е. не будут зависеть от пористости материала. Установлено, что для всех исследуемых композиций $n = 0,5$.

На рис. 2 сплошными линиями 1,2 показаны диаграммы деформирования прессованного абразивно-металлического материала зернистостью 160/125, 50%-ой концентрации при $m_1 = 1$ и $m_2 = 0,75$, соответственно. Как следует из сопоставления кривых 1 и 2, коэффициент m оказывает незначительное влияние на характер диаграммы деформирования материала, приближая ее к экспериментально обоснованным результатам [6].

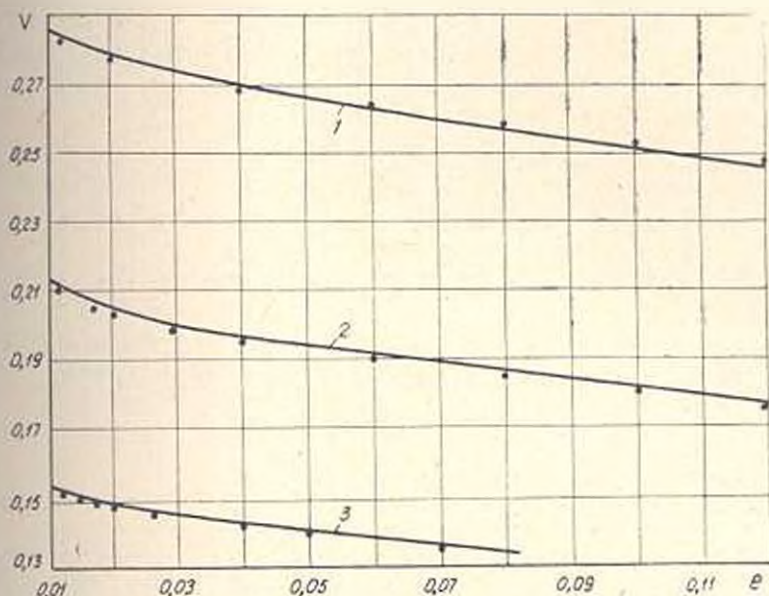


Рис. 1. Изменение пористости абразивно-металлических композиций в зависимости от деформации: 1 — $V_0 = 0,282$; 2 — $V_0 = 0,212$; 3 — $V_0 = 0,115$.

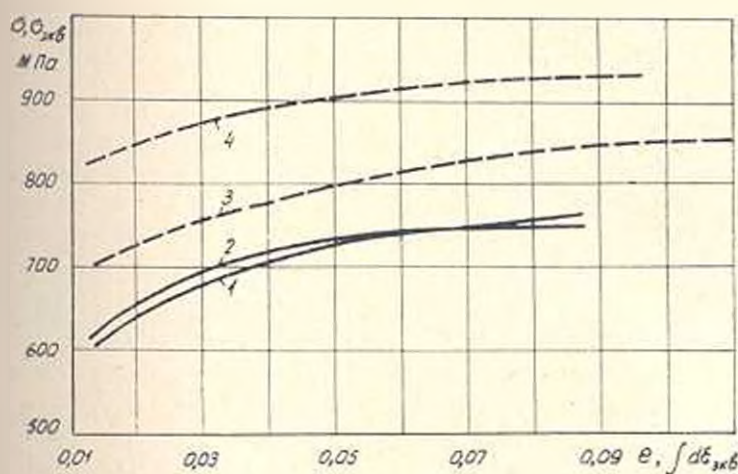


Рис. 2. Диаграммы деформирования прессованных (кривые 1, 2) и экструдированных (кривые 3, 4) абразивно-металлических композиций зернистостью 160/125, 50%-ой концентрации.

Исследования экструдированных образцов показали, что независимо от зернистости и концентрации абразива начальная пористость материала не превышала 5%. На основании анализа результатов одноосного сжатия для экструдированных образцов установлено, что диаграммы сжатия и деформирования экструдированного материала мало отличаются друг от друга из-за незначительной начальной пористости образцов.

На рис. 2 штриховыми линиями 3, 4 показаны диаграммы деформирования экструдированных образцов зернистостью 160/125, 50%-ой концентрации при $\lambda = 4$ и 6, откуда следует, что экструдированные абразивно-металлические композиции обладают более высокими показателями прочности, чем прессованные.

ЕрIII нм К. Маркса

Поступило 8 IX. 1980

Գ. 1. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Գ. 11 ԱՓՈՅԱՆ, Գ. 12 ԿՈՒՍԱՅԵԼՅԱՆ.

«ՀԳԿԱՆՅՈՒԹ-ԿԱԳԱՎՅՈՎ ՆՅՈՒԹ» ԿՈՄԻՏԵԻՑԻԱՅԻ ՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ՝ ՀԱՇՎԻ ԱՌՆԵԼՈՎ ՆՅՈՒԹԻ ԻՐԱԿԱՆ
ԽԱԿՈՏԿԵՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

11. ၆၄ နှစ် ၈ နှစ် ၆ နှစ်

Ռեսուրսների վերաբերյալ է կախյալ գործընթացների համար օգտագործվող մասնավոր
և չթաղուղիայով ստացված «ղեկանութ-կապակցող նյութ» կոմպոզիցիա-
ների մեխանիկական հատկությունները: Որոշված են ծակոտկեն նյութերի
պլաստիկության սեռության բանաձևերում մասնակցող ծակոտկենության
գործակիցները և կառուցված են այդ նյութերի զեֆոմազման դիագրամները:

ЛИТЕРАТУРА

1. Петросян Г. Л., Петросян Х. А., Алаян Г. С. Диаграмма деформирования пористого изотропного абразивно-металлического композиционного материала. «Сверхтвёрдые материалы», 1980, № 1, с. 22—25.
2. Петросян Г. Л. О теории пластичности пористых тел. «Известия вузов. Машиностроение», 1977, № 5, т. 10—13.
3. Петросян Г. Л. О теории пластичности пористых тел. Сб. «Тез. докл. XIX науч.-техн. конф. проф.-преподав. сост. втуз. Закавказ. респ., посвящ. 60-летию Великой Октябрьской Социалистической революции», Тбилиси, 1977, с. 26.
4. Грин Р. Дж. Теория пластичности пористых тел. Сб. пер. «Механика», 1973, № 4 (140), с. 109—120.
5. Скороход В. В., Мартымова Н. Ф. Особенности необратимой деформации спечённого пористого тела из упрочняющегося пластичного металла. Сообщ. 1. «Порошковая металлургия», 1977, № 4, с. 70—74.
6. Shima S., Oyane M. Plasticity theory for Porous Metals, "International Journal of Mechanical Sciences", 1976, v. 18.