

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ ПОРИСТОСТИ В УСЛОВИЯХ ПЛАСТИЧНОСТИ СЖИМАЕМЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИХ СТРУКТУРЫ

Горохов В. М., Устинова Г. П.

*Институт порошковой металлургии НАН Беларуси, Минск, Беларусь,
Gorokhov47@mail.ru*

Нами разработана модель деформирования порошково-пористых сжимаемых сред, учитывающая эффекты упругости и пластичности. При формулировке определяющих соотношений принимали, что для изотропного упрочняющегося тела скорости деформаций могут быть представлены в форме аддитивного разложения упругой и неупругой компонент. Упругая составляющая тензора скоростей деформаций определяется законом Гука, в котором модуль Юнга и коэффициент Пуассона являются степенными функциями относительной плотности порошкового материала $\sigma_{\text{н}}^*$. Определение неупругой составляющей скоростей деформаций проведено в форме нормального ассоциированного закона течения, в котором выражение для потенциала, определяющего начало течения изотропного сжимаемого материала, принято в эллиптической форме, наиболее характерной для спеченных порошковых материалов

$$\frac{P^2}{\psi} + \frac{\tau^2}{\varphi} = (1 - \theta)\sigma_y,$$

где P – гидростатическое давление, τ – интенсивность касательных напряжений, σ_y – предел текучести твердой фазы пористого тела, θ – пористость, ψ и φ – функции пористости, вид которых зависит от конкретной структуры представительных элементов пористого тела. Для определения функций пористости рассматриваются два предельных случая: изостатическое сжатие $\tau = 0$, тогда $\Psi(\theta) = P^2/\sigma_y$, и сдвиг $P = 0$, $\varphi(\theta) = \tau^2/\sigma_y$.

Численные эксперименты проведены с использованием метода конечных элементов на базе пакета прикладных программ «MARC». В результате исследования особенностей локализации деформации при внешнем нагружении установлены закономерности распределения напряженно-деформированного состояния модельного пористого тела, включающего поры различной формы и ориентации. Выявлено наличие областей локализации пластической деформации вокруг концентраторов напряжений, которыми являются вершины многоугольников или точки концов диаметра, параллельного линии приложения нагрузки (для случаев пор сферической формы). Установлено, что эффективный процесс закрытия поры начинается с момента, когда развивающаяся при деформировании пластическая область перекрывает все пространство между порой и боковыми границами представительного элемента.

Сравнение усилий деформирования, необходимых для закрытия пор, показывает значительный выигрыш при использовании элементов сдвиговой деформации при прессовании металлических порошков. На основе результатов расчетов напряженно-деформированного состояния представительного элемента с порами различной геометрии, деформируемого по схемам сжатия и сдвига, определены функции пористости в условии пластичности сжимаемого пористого тела. Установлено, что функции пористости описываются полиномиальными зависимостями. Определены коэффициенты аппроксимирующих полиномов, что дает возможность использовать в условии пластичности уточненные значения функций пористости.