

### III. ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 621.762

*Е.Б.Ложечников, Т.Ф.Новобранченко*

#### К ВОПРОСУ О МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СПЕЧЕННЫХ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ПОРОШКОВ

Многочисленные исследования, посвященные изучению свойств спеченных пористых материалов, позволяют качественно, а по некоторым параметрам и количественно определять зависимость механических свойств спеченных материалов от их пористости, размеров, формы и распределения пор, свойств материала порошка, особенностей технологии производства и других факторов. В то же время следует отметить большой разброс данных измерений даже при испытании в идентичных условиях образцов из одинакового материала из-за нестабильности макроструктуры спеченного материала.

В табл. 1 приведены формулы, полученные различными авторами на основании обработки опытных данных и теоретических исследований, показывающие зависимость предела прочности на разрыв от пористости прессовок. В формулах (12), (13) учтены размеры частиц порошка, в (2) – форма пор.

В остальных формулах размер и форма пор, материал порошка и особенности технологии изготовления (режим спекания) учтены коэффициентами.

Как видно из данных таблицы, увеличение пористости (при всех прочих равных условиях) приводит к уменьшению прочности спеченного материала.

Опыты показывают, что снижение размера пор, их замкнутость, уменьшение выходящих на их поверхность дефектов, являющихся концентраторами напряжений, обуславливают (при идентичности прочих условий) увеличение прочности и пластичности пористого материала.

Важным параметром, влияющим на прочность и пластичность, является форма пор, которая, приближаясь к сферической, увеличивает прочность и пластичность материала. Это связано с увеличением площади контактных сечений частиц. На механические свойства пористых материалов оказывает влияние величина частиц порошков. С увеличением их размера снижается прочность материала.

Однако следует учесть, что размер частиц порошка влияет на размер пор в спеченном материале. В то же время с увеличением размера частиц и

Т а б л и ц а 1. Математические зависимости прочности от общей пористости спеченных материалов

№ п/п	Формула	Обозначение	Автор
1	$\sigma_b = \sigma_0 (1 - \Pi)^n$	$\Pi$ — пористость, $n = 3$ $\sigma_0$ — прочность компактного материала	М.И.Бальшин
2	$\sigma_b = \sigma_0 [1 \cdot ДП(1+2S)]$	$D$ — коэффициент, учитывающий форму пор $S$ — константа	Б.У.Пинес
3	$\sigma_b = \sigma_0 \exp(-b\Pi)$	$b$ — константа	Е.Рышкович, В.Дакворт
4	$\sigma_b = K\sigma_0 \frac{v_0^{\frac{2}{3}} - v_0^{\frac{2}{3}}}{v_0^{\frac{2}{3}}}$	$v$ — относительная плотность прессовки	Н.Р.Басфорг, С.Б.Твисс
5	$\sigma_b = \sigma_0 (1 - 1,21)\Pi^{\frac{2}{3}}$		М.Эдье
6	$\sigma_b = K\sigma_0 \frac{1 - \Pi c}{1 + m\Pi}$	$K, c, m$ — константы	В.Т.Трощенко
7	$\sigma_b = \sigma_0 \left(1 - \frac{\Pi}{\Pi_{\Pi}}\right)^m$	$m$ — константа $\Pi_{\Pi}$ — пористость свободно спеченного порошка	К.К.Шиллер, А.И.Красовский
8	$\sigma_b = 32,8(1 - 1,36\Pi)(1 - \Pi)^{\frac{2}{3}}$		В.Галлина, Г.Манноне
9	$\sigma_b = \frac{1}{0,03\Pi + 0,02}$		Е.Дудрова и др.
10	$\sigma_b = \sigma_0 \frac{1 - \Pi}{1 + 3\Pi}$		Р.Хейнес

Окончание табл. 1.

№ п/п	Формула	Обозначение	Автор
11	$\sigma_b = [1 - \frac{\Pi}{\Pi_n} E] [1 + F (\frac{\Pi}{\Pi_n}) G]$	E, F, G – эмпирические константы	Д.И.Миллард
12	$\sigma_b = \sigma_0 K (\frac{x}{a})^2$	x – радиус межчас- тичной шейки a – радиус частицы	А.С.Найс, В.М.Шейфер
13	$\sigma_b = K \sigma_0 v^m \cdot \frac{1}{a}$	m – константа (m = 3–7)	Р.Герман

их однородности увеличивается пластическая деформация материала частиц, а также вероятность внутричастичной пористости, что положительно сказывается на прочности спеченного материала.

Существенное влияние на механические свойства спеченных материалов оказывают технология их изготовления и прежде всего режим и атмосфера спекания, последующая после спекания горячая или холодная пластическая деформация, способ формования и т.д.

Уменьшение скорости нагрева, увеличение выдержки и температуры спекания обеспечивают повышение механических свойств материалов. Большое влияние на прочность и особенно на пластичность материала оказывает атмосфера спекания: в чистом водороде – наиболее высокие механические свойства; повторное спекание (отжиг) в вакууме способствует улучшению свойств за счет дегазации пористого материала. Наличие же в атмосфере спекания примесей, например азота, ухудшает пластичность и прочность материала.

Следующая после спекания обработка с отжигом приводит к увеличению прочности и до определенной степени обжатия уменьшает влияние других факторов (размеров частиц) на свойства материала.

Проведенные испытания механических свойств спеченного проката из железных порошков показали, что способ формования материала не влияет на характер взаимозависимости прочности и пластичности.

Анализ приведенных в табл. 1 формул и сравнение их с результатами испытаний показывает наибольшую приемлемость формулы (3).