

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

А. С. ФИАЛКОВ и Я. С. УМАНСКИЙ

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ,
ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ВЫДАВЛИВАНИЕМ

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 18 III 1954)

1. Для прессования выдавливанием металлических порошков характерна необходимость дополнительной (по сравнению с прессованием в прессформе) пластификации порошка, которая достигается введением в порошок органических добавок. Физико-химическое обоснование действия вводимых в металлический порошок веществ было дано П. А. Ребиндером и В. И. Лихтманом (¹⁻⁴). Проведенные ими исследования показали, что адсорбция на поверхности металлических порошков поверхностно-активных веществ обуславливает создание среды, участвующей в деформировании частиц. На эффективность действия активной смазки указывают и данные других авторов (⁵), проводивших эксперименты с порошком никеля.

Следует отметить формирующую роль пластификатора, обусловленную его высокой пластичностью, способствующей повышению коэффициента боковой передачи давления при прессовании металлических порошков (⁶).

В целях выяснения влияния вида пластификатора на пластическое состояние выдавливаемых смесей отдельные порции электролитического медного порошка смешивались с парафином и стеариновой кислотой. Приготовленные смеси загружались в контейнер и выдавливались через матрицу. Другая партия образцов из смеси медного порошка с парафином прессовалась при подогреве материала и контейнера, соответственно, до температур 42 и 45° (температура размягчения парафина, по Жукову, 50°, d_4^{20} 0,86)

На рис. 1 представлены типичные кривые истечения рассматривавшихся смесей. Как видно из рис. 1, вместо относительно плавной кривой прессования холодной смеси медного порошка с парафином кривая истечения смеси со стеариновой кислотой характеризуется резко выраженными скачками давления. Подобный же характер истечения материала наблюдается при прессовании подогретой смеси электролитического медного порошка с парафином.

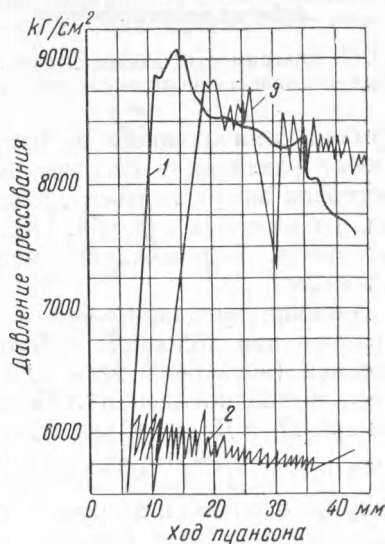


Рис. 1. Зависимость кривой истечения от вида пластификатора. 1—смесь с парафином, температура 20°; 2 — то же, температура 40°; 3—смесь со стеариновой кислотой

Таким образом, по классификации Н. С. Курнакова (^{7, 8}), в случаях выдавливания смесей медного порошка со стеариновой кислотой и подогретой до 45° смеси медного порошка с парафином отмечаются явления хрупкости вещества, в то время как при выдавливании смеси медного порошка с парафином при комнатной температуре вещество находится в пластичном при данных условиях истечения состоянии.

Поверхностно-активные свойства стеариновой кислоты, вводившейся в смесь с медным порошком, обусловили при выдавливании чрезвычайно резко выраженную деформацию частиц порошка (¹). Частицы электролитического порошка дендритной формы превращались при выдавливании в тонкие листочки при почти полном отсутствии взаимного зацепления.

Изложенное выше позволяет сделать вывод о том, что пластическое состояние порошковой смеси при выдавливании определяется пластифицирующими свойствами органической добавки (при неизменных условиях истечения).

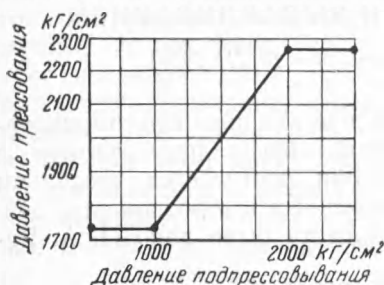


Рис. 2. Зависимость давления истечения от давления подпрессовывания

2. Процессом, предшествующим истечению порошков, является его уплотнение в контейнере пресса. Многочисленные исследования прессования металлических порошков в прессформе (⁹⁻¹¹) показывают, что при приложении к порошку нагрузки наблюдаются потери давления на трение о стенки прессформы. Следовательно, при уплотнении порошка, предшествующем истечению, образуются отдельные слои материала,

отличающиеся по напряженному состоянию и плотности. Отмеченные различия в физическом состоянии находящихся в контейнере прессовок могут явиться причиной дефектов структуры у выпрессованных и спеченных изделий. Последнее объясняется характером истечения материала, сопровождающимся опережением периферийных слоев центральными.

Влияние предварительного уплотнения на свойства образцов исследовалось при холодном прессовании смеси электролитического медного порошка (насыпного веса 1,52 г/см³) с 10 вес. % парафина. Указанная смесь выдавливалась в лабораторной матрице, имевшей диаметр контейнера $D = 15$ мм и выходное отверстие диаметром $d = 5$ мм (степень обжатия $\frac{D^2 - d^2}{D^2} \cdot 100 = 88,8$). В одном случае давление прилагалось сразу по окончании загрузки порошка в контейнер пресса. В других случаях выдавливанию предшествовали операции предварительного уплотнения материала при 1000, 2000 и 2500 кг/см². Прессование производилось при скорости хода пуансона 12 мм/мин. Образцы, предварительно не подпрессовывавшиеся и подпрессовывавшиеся при давлении 2000 и 2500 кг/см², спекались в токе водорода и азота при температуре 850° в течение 45 мин.

Результаты исследования представлены на рис. 2—4. Как показывает рис. 2, с повышением давления подпрессовывания (в определенных пределах) увеличивается необходимое давление истечения. Повышение необходимого давления истечения наблюдается лишь после превышения нагрузкой при подпрессовывании давления истечения предварительно не уплотнявшегося материала. Наблюдается также и рост объемного веса выдавленных прессовок. Рост давления с увеличением нагрузки при подпрессовывании следует объяснить увеличением контактной поверхности выдавливаемых прессовок.

Чрезвычайно характерны изменения величин усадок при спекании и

свойств спеченных образцов в зависимости от давления подпрессовывания. Из рис. 3 видно, что подпрессовывание материала активизирует усадочные изменения при спекании, снижает пористость образцов после спекания и весьма резко повышает механические свойства образцов. Существенные различия наблюдались и в форме пор после спекания материала (см. рис. 4).

Изложенные результаты исследования свидетельствуют о целесообразности разделения процесса прессования выдавливанием на две операции: предварительного уплотнения материала и формоизменения при истечении.

Как известно (⁶, ¹², ¹³), величина усадки зависит от исходной пористости прессовки и от избытка свободной энергии кристаллитов, составляющих частицы порошка. При одинаковой пористости величина усадки будет больше в случае большего количества контактных участков в прессовке. При подпрессовывании материала, повидимому, происходит перераспределение находящегося в смеси пластификатора с образованием дополнительных мест металлического контакта (при постоянной относительной плотности прессовки).

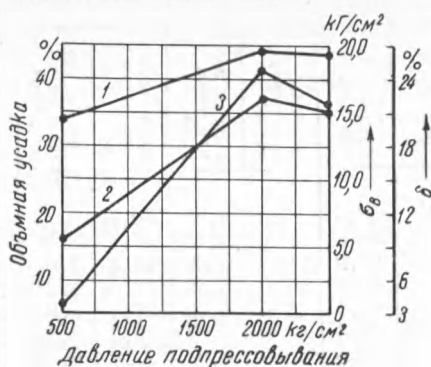


Рис. 3. Зависимость свойств спеченных образцов от давления подпрессовывания

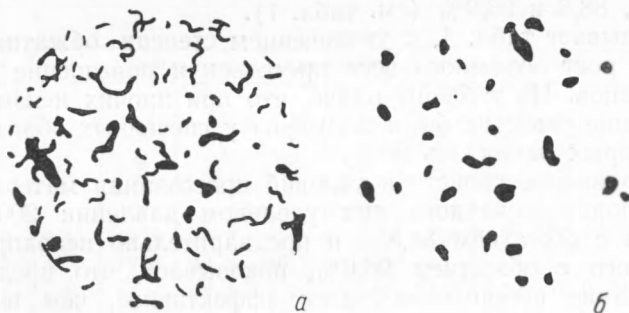


Рис. 4. Конфигурация пор в спеченных образцах в зависимости от давления подпрессовывания; $\times 480$, не травлено; а — материал не подпрессован; б — материал подпрессован при 2000 кг/см^2

Увеличение давления подпрессовывания вызывает также разрушение поверхностного слоя частиц и повышение неравновесного состояния структуры, обуславливающие интенсификацию усадочных процессов.

3. Известно (¹⁴), что при прессовании выдавливанием цветных компактных металлов удовлетворительные свойства достигаются при степени обжатия не ниже 89—90%. Это объясняется условием равномерной деформации материала и проходящей рекристаллизацией. При прессовании металлических порошков температура рекристаллизации и величина зерна порошкового металла не зависят, как правило, от степени деформации прессовки в связи с отсутствием прямой зависимости между величиной внешнего усилия и степенью действительной деформации отдельных частиц или участков частиц (¹⁵).

Как показано М. Ю. Бальшиным (¹⁶), температура начала рекристаллизации и величина зерна порошкового металла после спекания не зависят от давления прессования в связи с тем, что с изменением дав-

Влияние степени обжатия материала на давление истечения, объемный вес прессовок и свойства спеченных образцов (смесь электролитического медного порошка с парафином)

Содерж. парафина в смеси, %	Степень обжатия, %	Давление истечения, кг/см ²	Объемн. вес прессовок, г/см ³	Пористость (без параф.), %	Объемн. вес после спекания, г/см ³	Пористость после спекания, %	Усадка по диаметру, %	Усадка по длине, %	Усадка по объему, %	Предел прочности на разрыв, кг/мм ²	Относит. удлинение, %	Твердость по Виккерсу, кг/мм ²
10	88,8	1700	4,93	50,1	6,77	23,8	14,2	13,63	34,4	5,34	3,1	25,1
10*	88,8	22,0	4,98	49,6	8,01	10,0	17,25	18,3	44,4	16,1	24,8	36,0
10	96,0	2250	5,02	49,2	7,63	14,2	16,7	17,1	40,7	14,2	19,8	32,2
6	80,0	27,0	5,59	41,0	6,21	30,1	5,7	5,05	15,7	0,36	0	18,2
6	84,5	4100	6,02	36,4	5,90	33,8	1,2	1,3	3,7	1,2	0	19,5
6	88,8	4400	6,03	36,2	6,39	28,1	4,01	3,62	11,2	3,86	2,28	18,9
5	88,8	4800	6,0	35,9	6,53	26,5	3,09	6,86	12,6	0,74	0,35	19,2
5	96,0	92,0	6,49	30,7	7,36	17,3	5,38	5,64	16,6	11,3	9,5	27,5

* Материал предварительно подпрессован при 2000 кг/см².

ления прессования меняется величина контактной поверхности, напряженность же контакта остается без изменений.

В целях выяснения влияния степени обжатия при выдавливании порошковых прессовок на свойства образцов были взяты смеси электролитического медного порошка с 10; 6 и 5 вес.% парафина. Приготовленные порошковые смеси загружались в контейнер и выдавливались через конические матрицы с углом конуса 90° со степенью обжатия материала 84,5, 88,8 и 96,0% (см. табл. 1).

Как показывает табл. 1, с увеличением степени обжатия материала наблюдается рост объемного веса прессовок и повышение свойств спеченных образцов. Из таблицы видно, что при прочих неизменных условиях наилучшие свойства были получены у спеченных образцов, степень обжатия которых равнялась 96%.

Однако сравнение свойств и условий прессования материалов: предварительно подпрессованного при удельном давлении 2000 кг/см² и выдавленного с обжатием 88,8% и предварительно неподпрессованного и выдавленного с обжатием 96,0%, показывает, что предварительное подпрессовывание порошковой смеси эффективнее, чем выдавливание неподпрессованного материала с большей степенью обжатия.

Влияние степени обжатия материала на активизацию усадки при спекании объясняется отмечавшимися выше образованием дополнительных мест контакта и повышением неравновесного состояния структуры при неизменной относительной плотности выдавливаемого материала.

Поступило
11 II 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ П. А. Ребиндер, Юбил. сборн. АН СССР, посвящ. 30-летию Октябрьской Революции, ч. 1, М.—Л., 1947. ² В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, ДАН, **70**, № 5 (1950). ³ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Вестн. машиностр., **3** (1950). ⁴ В. И. Лихтман, Усп. хим., **22**, 7 (1953). ⁵ R. Kamn, M. Steinberg, J. Wulf, Metals Technology (Dec. 1948). ⁶ М. Ю. Бальшин, Порошковое металлостроение, М., 1948. ⁷ Н. С. Курнаков, С. Ф. Жемчужный, Журн. Рус. физ.-хим. общ., **45**, в. 5, 1004 (1913). ⁸ П. Я. Сальдау, Метод электропроводности при высоких температурах, Изд. АН СССР, М.—Л., 1952. ⁹ А. Г. Самойлов, Цветные мет., **4**, 149 (1946). ¹⁰ R. Selig, Metals Technology (Aug. 1948). ¹¹ M. Shenk, J. Wulf, J. of Metals, **1**, 9 (1949). ¹² В. А. Ивенсен, ЖТФ, **18**, № 10, 1290 (1948); **20**, № 12, 1483 (1950). ¹³ Б. Я. Пинес, Я. Е. Гегузин, ЖТФ, **23**, 11, 2078 (1953). ¹⁴ П. С. Истомин, Прессование металлов, М., 1944. ¹⁵ F. Sauerwald et al., Zs. f. anorg. Chem., **122**, 277 (1922); Zs. Metallkunde, **21**, 22 (1929); Zs. Elektrochem., **39**, 750 (1933). ¹⁶ М. Ю. Бальшин, Металлокерамика, 1938.