

УДК 621.762.4.011:661.665.2

*В. М. Лупарева*

## ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ПОРОШКА КАРБИДА ВОЛЬФРАМА НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРЕССОВАНИЯ

Порошковая металлургия (ПМ) является быстроразвивающейся отраслью, приобретающей все более широкое значение в нашей стране и во всем мире.

Высокая эффективность ПМ достигается при изготовлении материалов и изделий, которые невозможно или невыгодно получать другими методами. Это, например, металлокерамические твердые сплавы, тугоплавкие и антифрикционные материалы, сплавы для электронной и вакуумной техники и многие другие, без которых сегодня немыслимо современное машиностроение.

Типовая технологическая схема производства заготовок и изделий методом ПМ включает четыре основных операции: получение порошка исходного материала, формирование заготовки из него и её спекание, окончательную обработку. Каждая из указанных операций вносит свой важный вклад в формирование всех производственных характеристик конечных порошковых изделий.

Формование более чем любая другая операция лимитирует технологические возможности ПМ. В процессе формирования объем металлического порошка уменьшается обжатием и происходит консолидация, в результате которой формируется требуемая заготовка.

Наиболее распространенным в ПМ является и, вероятно, еще долгое время останется прямое прессование в стальных прессформах. В связи с этим выяснение закономерностей прессования продолжает оставаться актуальной задачей исследователей.

Одним из недостатков изделий, полученных методом прямого прессования в стальных прессформах, является неравномерная плотность по объему [1], в результате чего возникает неравномерная усадка изделий и искажение их геометрической формы при спекании. Механизм уплотнения (особенно для тугоплавких металлов) заключается в преимущественном межчастичном скольжении (перемещении частиц и повышении объемной плотности, вследствие заполнения пор, ликвидации арок, пустот и т.п.) и поэтому определяется параметрами межчастичного трения [2] и слабо зависит от физико-механических свойств. Установлено, что уплотняемость порошка снижается с увеличением его дисперсности [3]. Относительно изменения внутренних напряжений в объеме брикетов при прессовании никаких данных в литературе нет. Количественные зависимости деформационных процессов формирования от дисперсности порошка противоречивы.

В настоящей работе проведены исследования с целью выявления зависимостей упругого последствия, бокового давления и степени развития деформационных процессов при прессовании от длительности размола (дисперсности) порошка.

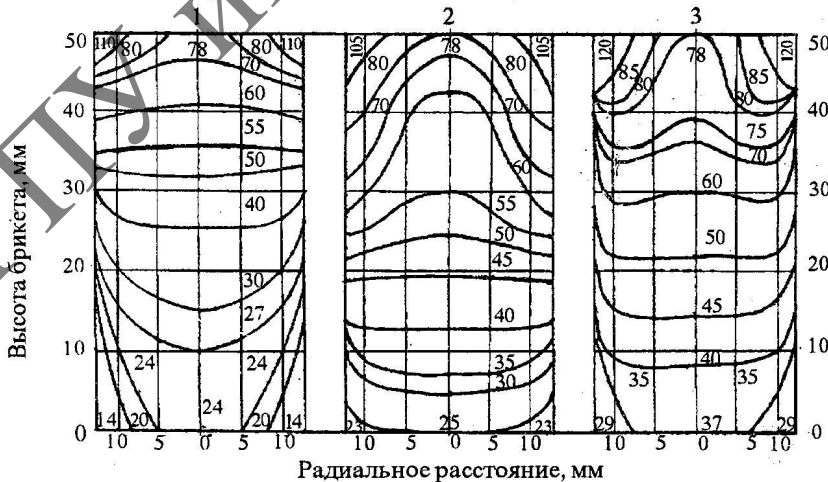


Рис. 1 Влияние длительности размола порошка WC на изменение вертикального давления по высоте и сечению брикетов. Давление прессования — 100 МПа. Длительность размола: 1 - 3 час; 2 - 24 час; 3 - 96 час.

Прессование производилось на 40-тонной испытательной машине ЦД-40. Порошок сжимался в неразборной цилиндрической стальной прессформе диаметром 25 мм с двухсторонним приложением нагрузки до заданного объема, что достигалось применением упоров. Усилие на пуансонах измерялось тензометрическими динамометрами. По полученным графикам определялась скорость релаксации напряжений во время выдержки при постоянном объеме брикета.

В качестве испытуемого материала был выбран порошок карбида вольфрама. Карбидная основа твердосплавной смеси делает ее малопластичной, труднопрессуемой и плохоформируемой. Информация об оптимальном сочетании параметров процесса формирования и дисперсности порошка в настоящее время отсутствует или носит случайный характер.

На начальном этапе работы было исследовано изменение вертикального давления по высоте и сечению брикета при формировании порошка карбида вольфрама различной дисперсности (длительности размола). Измерение осевого давления в различных местах брикета производилось по деформации тонких пористых дисков, изготовленных из медного порошка.

Результаты, представленные на рис. 1, показывают, что изменение дисперсности порошка приводит к изменению градиента напряжений в объеме прессовки. С изменением дисперсности порошков меняется степень их уплотняемости при сжатии. Это связано с изменением трения порошка о стенки прессформы и межчастичного трения. [2]. Следует предположить, что развитие процесса релаксации напряжений в объеме прессовки также зависит от дисперсности порошка. Выяснению этой зависимости посвящены дальнейшие эксперименты.

Порошки готовились путем размола в высокоэнергетическом измельчающем устройстве — атриторе емкостью 4 л. в спиртовой среде, при соотношении веса шаров к весу смеси 30:1. При изменении продолжительности размола были получены порошки различной дисперсности со следующей адсорбцией метанола (чем больше адсорбция, тем дисперснее порошок)  $A$ , мг/г: 0,071; 0,105; 0,163; 0,179 и 0,220. Адсорбция исходного порошка составляла 0,020 мг/г. При опытах применялось давление прессования 80 МПа, скорость нагружения 300 МПа/мин, время выдержки под давлением 60 сек.

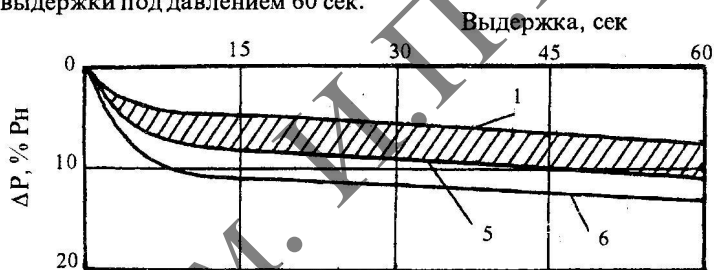


Рис. 2 Изменение давления на пуансонах в период выдержки брикетов из порошка WC при постоянном объеме. Давление в начале выдержки ~80 МПа. Адсорбция метанола: 1 - 0,020 мг/г; 2 - 0,071 мг/г; 3 - 0,105 мг/г; 4 - 0,163 мг/г; 5 - 0,179 мг/г; 6 - 0,220 мг/г.

Результаты, представленные на рис. 2, показывают, что увеличение адсорбции и, следовательно, дисперсности порошка, способствуют незначительному изменению давления на пуансонах в начале выдержки.

При этом период релаксации напряжений ( $\tau_p$ ) остается практически постоянным, а скорость релаксации ( $\omega_p$ ) растёт с увеличением дисперсности порошка (см. табл. 1).

Таблица 1

Влияние дисперсности порошка WC на релаксацию напряжений.

Адсорбция метанола $A$ , мг/г	0,020	0,071	0,105	0,163	0,179	0,220
Скорость релаксации $\omega_p$ Па/мин	142	160	171	189	201	213
Период релаксации $\tau_p \cdot 10^{-2}$ мин	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

При прессовании без упоров во время выдержки при  $P_n = \text{const}$  происходит дополнительное уплотнение порошка. Изменение плотности во время выдержки практически ничтожно и не зависит от дисперсности порошка ( $\Delta \gamma 1\%$ ). В целом же плотность брикетов снижается при увеличении дисперсности смеси. Исключение составляет плотность брикета, спрессованного из порошка WC, не подвергнувшегося размолу.

Увеличение дисперсности порошка приводит к весьма незначительному изменению упругого расширения при разгрузке: при прессовании с ограничителями оно снижается; без ограничителей — растет.

Проведенные исследования дали возможность выявить ряд существенных закономерностей изменения деформационных процессов при прессовании такого хрупкого материала, каким является карбид вольфрама. Учитывая полученные результаты, можно дать практические рекомендации по оптимизации условий прессования (давление, скорость, выдержка), что ведет к снижению брака (трещин и расслоя) при производстве дорогостоящих твердых сплавов.

#### *Литература*

1. Жданович Г. М. Теория прессования металлических порошков. — М.: Металлургия, 1969. — 120 с.
2. Андриевский Р. А. Порошковое материаловедение. — М.: Металлургия, 1991. — 204 с.
3. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства твердых сплавов. — М.: Металлургия, 1976. — 527 с.

#### *Summary*

*Dispersity's influence of WC powder on deformation processes of pressing has been researched.*