

щенный твердый раствор на основе алюминия, в котором могут присутствовать выделения стабильных и метастабильных фаз. Отжиг быстрозатвердевших фольг вызывает распад пересыщенного твердого раствора, а также растворение и выделение фаз. Температура начала выделения фаз и их стабильность зависят от легирующего элемента.

Литература

1. Мирошнеченко И.С. Закалка из жидкого состояния — М.: Металлургия, 1982. — 168 с.
2. Lavernia E.J., Ayers J.D., Srivatsan T.S. Rapid solidification processing with specific applications to aluminium alloys. *Int. Mater. Rev.*, 1992, v.37, 1, p.1–44.
3. Ташлыкова-Бушкевич И.И., Шепелевич В.Г, Гутько Е.С.. Метастабильные фазы в быстрозатвердевших слабелегированных сплавах системы Al-Ge. *Физика и химия обработки металлов*, 2002, № 3., с. 79–85.
4. Ojha S. N. Undercooling and metastable phase formation in Al-Ge alloys. *Z. Metallkunde*, 1991, Bd. 82, 1, S. 41–47.
5. Василевич Е.Ю., Гутько Е.С., Шепелевич В.Г. Структура и свойства быстрозатвердевших фольг сплавов системы Al-Fe. Сб. н. тр. «Теоретические и технологические основы упрочнения и восстановления изделий машиностроения». Изд-во ПГУ. 2001. с.162.
6. Василевич Е.Ю., Шепелевич В.Г. Структура и свойства быстрозатвердевших фольг сплавов системы Al-Ni. Сб. н. тр. *Машиностроение*. 2001, вып. 17, с.256–260.

УДК 621.762

ИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЛИННОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Богинский Л.С., Петюшик Е.Е., Божко Д.И., Якубовский А.Ч.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Области применения порошковых материалов с развитием техники и технологии постоянно расширяются. Часто предпочтение отдается керамическим материалам на основе оксидов и карбидов, обладающим комплексом высоких эксплуатационных свойств: высокой жаро- и износостойкостью,

твёрдостью, прочностью, способностью противостоять воздействию агрессивных сред и др. По различным причинам характерна тенденция к производству массивных керамических изделий со значительным отношением поперечных размеров к длине: фильтрующих элементов — для увеличения грязеемкости, расходных электродов — для обеспечения возможности организации более длительного непрерывного цикла процесса нанесения защитных покрытий с целью повышения производительности и качества, инструментальных изделий — для расширения их номенклатуры.

Исходя из комплекса требований, предъявляемых к свойствам и размерам массивных керамических изделий, чаще всего существует общность требований, предъявляемых к параметрам заготовок на всех стадиях изготовления изделия. Так, на стадии прессования основные требования к прессовке обычно таковы: отсутствие нарушения сплошности, высокая равномерность распределения плотности по объёму, минимальное количество примесей в материале, «набираемых» в процессе прессования.

В большинстве случаев процессы прессования керамических материалов затруднены их физико-механическими свойствами: высокими показателями твёрдости и прочности, высокой хрупкостью. Это накладывает технологические ограничения на размеры и форму прессовок при их уплотнении, вызывает необходимость введения значительного количества связующих веществ, что приводит к загрязнению материала. Поэтому большинство наиболее распространённых способов прессования порошковых материалов оказываются неприемлемы для прессования длинномерных керамических изделий значительных размеров.

На рис. 1 приведен пример результата прессования заготовки дорна для калибрования отверстий из порошка на основе карбида вольфрама в зависимости от схемы прессования. При осевом прессовании в жесткой матрице (рис. 1, а) заготовки могут либо разрушаться, либо в скрытой форме имеют направленные плоскости искусственно наведенной системы трещин, которые могут слиться в единую поверхность разрушения на стадии разгрузки заготовки или в процессе ее спекания. Хорошо видны поверхности разрушения соответствующие «ковочному кресту» (пересечение линий скольжения) и распространяющихся на всю длину (или значительную ее часть) образца. Причиной такого разрушения является наличие внешнего трения заготовки и деформирующего инструмента, вызывающее неравномерность плотности прессовки на фоне ограниченного ресурса пластичности материала порошка. Кроме того, прессование по схеме одноосного сжатия для класса длинномерных изделий не позволяет в широких пределах варьировать формой прессовки, что определяет увеличение расхода материала и трудоемкости последующих технологических

ких операций механической обработки. Имеющий место градиент плотности по объему изделия вызывает и неравномерность ряда эксплуатационных свойств готового изделия. такого разрушения является наличие внешнего трения заготовки и деформирующего инструмента, вызывающее неравномерность плотности прессовки на фоне ограниченного ресурса пластичности материала порошка. Кроме того, прессование по схеме одноосного сжатия для класса длинномерных изделий не позволяет в широких пределах варьировать формой прессовки, что определяет увеличение расхода материала и трудоемкости последующих технологических операций механической обработки. Имеющий место градиент плотности по объему изделия вызывает и неравномерность ряда эксплуатационных свойств готового изделия.

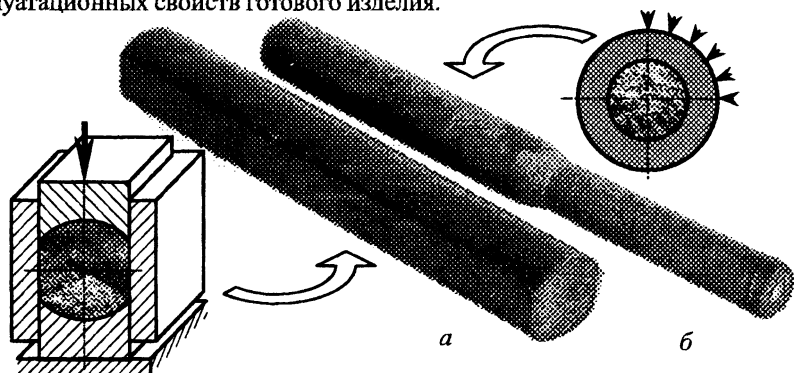


Рис. 1. Схема прессования стержня из порошка на основе карбида вольфрама:
а — одноосная; б — радиальная

Более приемлема радиальная схема прессования (рис. 1, б), обеспечивающая равномерное распределение плотности по объему прессовки, снижение энергозатрат на процесс прессования, возможность усложнения формы прессовки и формирования специальных конструктивных элементов (центровых отверстий и т.п.). Наряду со схемой изостатического прессования радиальная схема [1] является классической для прессования крупногабаритных и длинномерных изделий из порошковых материалов, в том числе из порошков с ограниченным ресурсом пластичности. Реализуется радиальная схема обычно способами гидро- или газостатического, гидродинамического и сухого изостатического прессования.

Все способы прессования, предусматривающие воздействие на дискретную заготовку жидкого или газообразного тела, предполагают необходимость

герметизации формы с заготовкой и предварительного вакуумирования такой формы. Необходимость последней операции обусловлена наличием в объеме дискретной заготовки воздуха, который в процессе прессования сжимается и, оставаясь в порах прессовки, способен при снятии давления ее разрушить. Для керамических прессовок, обладающих весьма низкой прочностью на растяжение непосредственно после этапа прессования, это обстоятельство особенно важно. Основные способы декомпрессии – предварительное вакуумирование, вакуумирование прессмассы в форме в процессе прессования (при этом прессование производят в несколько последовательных ступеней) и плавный сброс давления после процесса прессования. Наличие операций вакуумирования и герметизации формы существенно усложняют технологический цикл прессования по указанным способам, затрудняют его механизацию и автоматизацию, снижают производительность, отрицательно сказываются на культуре производства.

Применение способа сухого изостатического прессования [1] позволяет отказаться от дегазации формы с порошком и, тем более, не требует ее герметизации. Наоборот, возможность сообщения тела порошковой заготовки с атмосферой через зазоры в технологической оснастке обеспечивает выход воздуха из порового пространства уже на стадии повышения давления прессования. Скорость декомпрессии прессовки зависит от ряда факторов: плотности, гранулометрического состава порошка и формы частиц, влажности шихты, размеров прессовки [2]. С увеличением размера прессовки скорость декомпрессии уменьшается, что определяет соответствующие требования к технологическим режимам прессования.

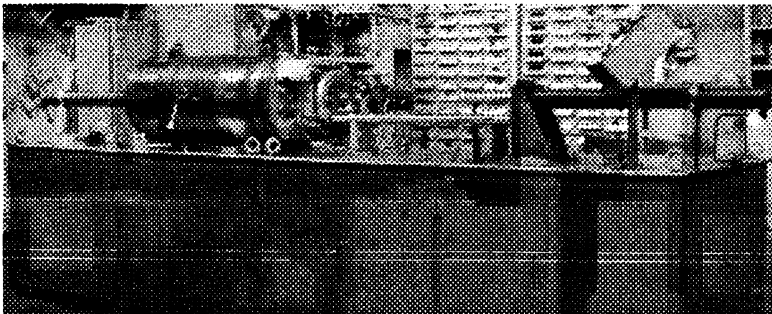


Рис. 2. Общий вид установки для радиально-изостатического прессования

Для прессования цилиндрических длинномерных изделий в виде массивных цилиндров из керамических порошков разработана конструкция и

изготовлена установка для радиально-изостатического прессования (рис. 2), снабженная устройством контролируемого плавного сброса высокого давления с целью декомпрессии прессовки. Установка обеспечивает возможность прессования массивных заготовок из порошков на основе диоксида циркония с максимальными размерами: длина — до 500 мм, наружный диаметр — до 80 мм при работе в ручном или полуавтоматическом режиме.

Установка содержит замкнутую гидравлическую систему высокого давления и снабжена встроенным источником высокого давления на базе насоса гидравлического регулируемого НГР-2000. Максимальное давление прессования — до 120 МПа. Вспомогательные перемещения механизированы и осуществляются посредством гидроприводов, объединенных замкнутой гидросистемой низкого давления. Установка обеспечивает производительность до 10 циклов в час.

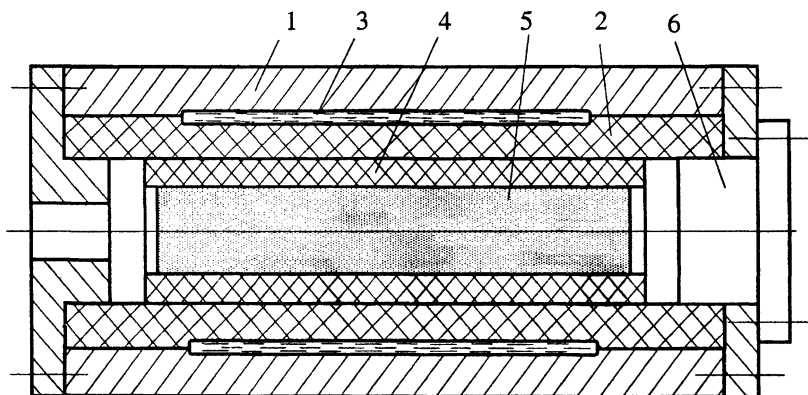


Рис. 3. Схема пресс-блока установки для радиально-изостатического прессования

Основным исполнительным узлом установки является пресс-блок (рис. 3). В основу его работы положен принцип радиального обжатия уплотняемого материала давлением жидкости через эластичные передающие среды. Кольцевой зазор между корпусом 1 и вкладышем 2 образует герметичную рабочую полость 3, заполненную жидкостью (маслом). Тем самым исключен контакт рабочей жидкости с формой, эластичная оболочка 4 которой передает давление непосредственно на порошок 5. Центральное отверстие вкладыша 2 образует рабочую камеру установки, определяющую размеры формы, используемой для прессования, и, таким образом, максимальные размеры получаемой прессовки. Осе-

вые деформации формы и прессовки 5 ограничены конструктивно, в том числе со стороны загрузочного отверстия — затвором 6. Заполнение формы исходной шихтой и извлечение прессовки производится вне установки. Переход на прессование изделий других размеров и конфигурации осуществляется заменой формы без переналадки оборудования.

Радиальное прессование по условиям деформирования уплотняемой заготовки в общем случае можно считать квазиизостатическим процессом. В случае, когда поперечные размеры прессовки невелики, а отношение к ним продольных размеров велико (более 5), краевые эффекты можно не учитывать. В случае прессования массивных прессовок, особенно для порошков с малой насыпной плотностью, наблюдается значительный градиент плотности на участках, примыкающих к торцам прессовки. Это обусловлено значительными перемещениями порошка в радиальном направлении и трением его по жестким элементам формы, а также реологическими свойствами материала эластичной оболочки. Для повышения равномерности распределения плотности по объему прессовки в процессе сухого радиально-изостатического прессования разработаны формы, содержащие составные эластичные оболочки, специальные эластичные прокладки и пробки, снижающие трение на границе порошок-форма и позволяющие реализовать в рассмотренном оборудовании схему изостатического нагружения порошковой заготовки.

Литература

1. Реут О.П., Богинский Л.С., Петюшик Е.Е. Сухое изостатическое прессование уплотняемых материалов. — Минск: «Дэбор», 1998. — 258с.
2. Попильский Р.Я., Кондрашев Ф.В. Прессование керамических порошков. М.: Metallurgia, 1968. — 272 с.