

УДК 666.263.2

А. П. ПАВЛЕНКО, кандидат технических наук, М. В. БУЙ, кандидат физико-математических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ВЫБОР МЕТОДА ФОРМОВАНИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ КОРУНДОВОЙ КЕРАМИКИ

Рассмотрено влияние методов формования керамических малогабаритных изделий на некоторые свойства и износостойкость алюмооксидной керамики. Показана целесообразность использования метода горячего литья под давлением для получения керамики максимальной механической прочности.

Изделия из технической керамики находят широкое применение в различных областях промышленности и на транспорте, которые изготавливают по традиционной технологии, включающей этапы приготовления пресс-порошков или формовочных масс, формования изделий, обжига и послеобжиговой обработки [1]. Выбор технологических приемов обуславливается размерами, формой и предназначением изделий.

Метод формования во многом определяет свойства спеченных керамических материалов, от него зависит состав формовочной массы, содержание в ней технологической связки, величина усадки при спекании, пористость, плотность и другие свойства спеченных изделий.

В настоящее время в производстве изделий из технической керамики наиболее широко используются следующие методы формования:

- прессование на гидравлических или пневматических прессах в пресс-формах;
- изостатическое прессование (газовое, жидкостное);
- горячее литьё под давлением из термопластичных шликеров;
- мундштучное прессование на экструзионных машинах;
- горячее прессование;
- взрывное (детонационное) формование;
- вибрационное уплотнение;
- формование электромагнитным импульсом.

Для массового производства изделий небольших размеров наиболее приемлемы горячее литье под давлением термопластичных шликеров, пластичное прессование формовочных масс и сухое (или полусухое) прессование порошков. Эти методы обладают присущими им достоинствами и недостатками, и выбор того или иного метода обусловлен рядом факторов, основными из которых являются:

- размеры изделия, требования к точности соблюдения размеров;
- форма изделия;
- чистота поверхности;

– предназначение изделия и его стоимость.

Выбор метода формования в значительной степени определен его технологичностью и оказывает значимое влияние на структуру и свойства спеченного керамического материала. С целью получения изделий с максимально плотной структурой и лучшими механическими свойствами проведено сравнение методов формования изделий из корундовой керамики марки ВК94-1 и дана оценка влияния способа формования на некоторые свойства и износостойчивость спеченного керамического материала.

Износостойкость материалов оценена по методике истирания керамических образцов прямоугольной формы размером $4 \times 4 \times 10$ мм на алмазной шайбе [2], которые изготавливались на шлифовально-полировальном станке ЗШП-350-1 с помощью приспособлений, обеспечивающих правильность углов параллелепипеда.

Испытания проводились в воздушной среде при температуре $20-25$ °С. Линейная скорость движения образцов по шайбе – $v = 15$ м/с, прижимающее усилие $F = 70$ Н. В процессе истирания керамика охлаждалась проточной водопроводной водой. Перед каждым циклом испытаний поверхность алмазной шайбы «вскрывали» наждачным камнем средней зернистости. За величину износа принималась среднearифметическая величина 10 измерений длины образцов.

Формование образцов методом горячего литья под давлением термопластичных шликеров проводилось на машине литья керамики модели У141 в высокоточные металлические формы с высокой чистотой рабочих поверхностей при температуре $70-85$ °С и давлении $0,1-0,6$ МПа. Шликеры готовились из предварительно высушенных порошков керамики ВК-94-1 с добавлением 13–16 масс. % органической связки, состоящей из 90 масс. % парафина и 10 масс. % воска пчелиного. Именно такое содержание технологической связки обеспечивает наилучшие литейные свойства шликеров. Выемка образцов из пресс-формы осуществлялась при ее разьеме.

Формование изделий методом пластического прессования проводили из пресс-порошков, содержащих в качестве технологической связки водный раствор поливинилового спирта (ПВС). Сухой ПВС предварительно растворяли в воде при температуре 65–70 °С в течение 4 часов из расчета получения десятипроцентного раствора. Керамический порошок перемешивали с водным раствором ПВС в количестве из расчета получения 3 % сухого остатка ПВС. Полученную пластичную массу перетирали последовательно через сита № 2 и № 1. Полученный порошок подсушивали на воздухе до остаточной влажности 3 %.

Прессование проводили на ручном гидравлическом прессе фирмы «CARL ZEISS JENA» (Германия) усилием 10 т в одноместные металлические прессформы при комнатной температуре. Изготовлены образцы (штабики) размером 7×7×67 мм. Поскольку площадь образца значительно превышает его толщину, то возможно использование одноосной и односторонней схемы прессования. Порошок в пресс-форме предварительно разравнивали и уплотняли на вибростоле. Давление прессования изменяли от 15 до 100 МПа. После снятия нагружения отформованный образец выталкивался из пресс-формы пуансоном.

Формование образцов методом сухого прессования проводили на гидравлическом прессе усилием 60 т в одноместные металлические прессформы. Схема прессования – одноосная, односторонняя. Пресс-порошки для сухого прессования готовились по вышеописанной технологии и просушивались до остаточной влажности 1 %. Прессование проводили при давлении от 100 до 400 МПа при температуре 180 °С.

Отформованные вышеуказанными способами образцы спекали в 2 стадии. Выжигание технологической связки проводили в электрической лабораторной печи КО-14 (Германия) в никелевых лодочках в засыпке глиноземом марки ГОО. Подъем температуры до 1100 °С проводился со скоростью 5 град/мин. Остывание – произвольное. Окончательное спекание проводили в высокотемпературной печи электрической СВК 5163.00.00.00 с хромитлантановыми нагревателями в воздушной среде, и в вакуумной электрической печи СШВ-1.2,5/25И2 в корундовых лодочках в засыпке алундом марки КО в условиях глубокого вакуума. Скорость подъема температуры в печи СВК – 3,5 град/мин, в печи СШВ – 10 град/мин.

По стандартным методикам [3] определены некоторые свойства спеченных керамических образцов. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Некоторые свойства спеченного керамического материала ВК94-1

Режим прессования			Режим спекания			Плотность $\rho \cdot 10^3$ кг/м ³	Усадка, %	Прочность на изгиб σ , МПа	Износ, изменение длины $\Delta L \cdot 10^3$, мм			
Метод прессования	Температура T, °С	Давление p, МПа	Температура T, °С	Время t, ч	Среда							
пластичное	20	15	1550	4,0	Воздушная	3,76	12,0	185	–			
		25				3,74	11,8	174	1,53			
		50				3,76	11,3	194	1,51			
		100				3,74	10,1	159	1,44			
полусухое	180	100				3,74	12,2	167	–			
		200				3,77	11,1	221	1,66			
		300				3,76	11,0	227	1,57			
		400				3,77	10,8	237	1,67			
литье	75	0,5						3,73	14,0	222	1,62	
пластичное	20	15				1600	4,0	Воздушная	3,74	12,8	165	–
		25							3,77	11,8	186	–
		50							3,75	11,4	166	–
		100	3,75	11,3	174				154			
полусухое	180	100	3,78	12,4	167				–			
		200	3,76	11,5	165				–			
		300	3,77	11,3	176				–			
		400	3,78	11,1	189				–			
литье	75	0,5			3,73				14,1	235	140	
пластичное	20	15	1550	3,0	Вакуум				3,82	11,7	211	–
		25							3,82	11,4	228	–
		50							3,84	11,2	241	135
		100				3,84	10,9	214	125			
полусухое	180	100				3,82	12,0	199	–			
		200				3,86	11,8	238	132			
		300				3,85	11,9	215	136			
		400				3,86	11,8	212	131			
литье	75	0,5						3,73	13,9	243	135	

Проведена оценка внешнего вида спеченных образцов: сохранность формы, видимые трещины, сколы, поры, раковины, неоднородности структуры, цвет керамики. Как и ожидалось, значимых различий между образцами, полученными различными методами формования, не наблюдалось. Наиболее ровная поверхность получена на образцах горячего литья в металлические формы. На образцах, полученных методом сухого прессования, наблюдались неоднородности поверхности и границы зерен, очевидно, вследствие неодинаковой плотности упаковки частиц порошка при формовании.

Анализ результатов позволил отметить влияние технологических факторов на некоторые свойства спеченных керамических изделий.

Плотность. Установлено, что наиболее значимо влияют на плотность керамики условия спекания – наибольшая плотность у образцов, полученных спеканием керамики в вакуумной печи, причем особенно заметно на образцах, отформованных методом прессования порошков. Интересно, что плотность образцов, полученных методом горячего литья, практически не меняется от условий спекания. Скорее всего, вакуум способствует улучшению спекания по границам зерен, что актуально для образцов, полученных прессованием. Неожиданным результатом явилось слабое влияние давления прессования на плотность керамики.

Усадка. Наиболее значимо влияет метод формования на усадку изделий. В основном это обусловлено различным содержанием связки в отформованных изделиях. Однако в прессованных изделиях сказывается и плотность упаковки порошков при формовании в зависимости от приложенного давления: с повышением давления прессования усадка снижается.

Механическая прочность. Наиболее неожиданный результат – механическая прочность полученной керамики. Она наибольшая у образцов, формованных методом литья, причем при любых условиях спекания, при наименьшей плотности. По всей вероятности, это обусловлено более равномерным распределением частиц керамики по объему образца: отсутствуют границы между гранулами пресс-порошка, которые являются, по-

видимому, концентраторами различных дефектов структуры, ослабляющих материал.

Износостойкость. Анализ полученных результатов позволяет констатировать:

– атмосфера печи оказывает наибольшее влияние на износостойкость спеченных керамических материалов – при спекании в вакууме износостойкость материалов выше независимо от способа формования;

– наиболее износостойкие материалы получают методом пластичного формования, хотя и сухим прессованием и горячим литьем под давлением возможно формование изделий достаточно высокой износостойкости;

– давление прессования (в исследуемых интервалах) оказывает незначительное влияние на износостойкость полученных материалов;

– наиболее износостойкие материалы получены методом пластичного формования при температуре 20 °С, давлении 120–200 МПа, и последующим спеканием их в вакуумной печи в течение 2 ч при температуре 1550 °С.

Выводы. При выборе метода формования можно руководствоваться следующими рекомендациями:

1 Для получения керамики максимальной плотности, а также изделий простой формы с наименьшей усадкой следует использовать методы пластического и сухого прессования. Причем спекание рекомендуется проводить в условиях глубокого вакуума.

2 Для получения керамики максимальной механической прочности, а также для изделий сложной формы целесообразно использовать метод горячего литья под давлением термопластичных шликеров.

Список литературы

- 1 Балкевич, В. Л. Техническая керамика / В. Л. Балкевич. – М. : Изд. по строительству, 1968. – 200 с.
- 2 Дынкович, В. Н. Методика ускоренной оценки износостойкости керамических материалов / В. Н. Дынкович, А. П. Павленко // Трение и износ. – 2006 (27). – № 2. – С. 221–224.
- 3 Бакунов, В. С. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / В. С. Бакунов. – М. : Стройиздат, 1972. – 351 с.

Получено 20.11.2009

A. P. Pavlenko, M. V. Buy. Choice of a method of formation of small-sized products from corundum ceramics.

Influence of a method of formation of small-sized products on some properties and wear resistance of corundum ceramics is considered. The expediency of use of a method of hot moulding under pressure for reception of ceramics of the maximum mechanical durability is shown.