

## ПРОГРЕССИВНЫЙ СПОСОБ ЛИТЬЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТОНКОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ КЕРАМИКИ

Г.Д. Бицоев, А.И. Росщектаев, С.В. Кайгородов (г. Усть-Каменогорск, Казахстан)

Керамические материалы в СВЧ-технике, микроэлектронике и приборостроении используются в основном в качестве изоляторов, к которым предъявляется ряд требований: механическая прочность, стойкость к термическим ударам, минимальные магнитные и электрические потери, высокая теплопроводность. Этим требованиям соответствует керамика из чистых окислов и нитридов металлов. Наивысшие показатели имеет керамика из оксида бериллия, особенно по теплопроводности (220-250 Вт/м<sup>2</sup>С), уступая только золоту, серебру и меди. Для сравнения на втором месте нитрид алюминия (90-100 Вт/м<sup>2</sup>С), затем оксид алюминия (20-25 Вт/м<sup>2</sup>С). Главный недостаток керамики из ВеО – его высокая токсичность в мелкодисперсном, аэрозольном, растворенном виде (первый класс опасности) и, следовательно, высокая стоимость.

В настоящее время основным методом получения сложных деталей из ВеО является их литье из термопластичного шликера при 70-80 °С. Термопластичные составы состоят из ВеО (мелкодисперсная твердая фаза) плюс 11% связки (парафин и воск). Высокая теплопроводность твердой фазы обуславливает повышенную жесткость литейной системы, что затрудняет управление структурообразованием отливки, а высокий процент связки приводит к значительной усадке и короблению сложных изделий при их обжиге. Поэтому выход годных изделий на существующей технологии 30-40 %. Регулирование количества связки, температуры, давления, применение ПАВ не приводит к положительным результатам. Для улучшения качества изделий и повышения производительности литья представляется целесообразным использование динамического воздействия на литейную среду и литевную форму до и в процессе заливки. К числу наиболее эффективных методов такого воздействия относят обработку ультразвуком (УЗ).

Физическая сущность УЗ воздействия на вязкие суспензии сводится к образованию кавитационных пузырьков, схлапывание которых создает огромные давления, являющиеся источником интенсификации физико-химических процессов, акустических течений и радиационного давления. Все это способствует протеканию процессов массо- и теплообмена по всему объему, а также возник-

новению звукокапиллярного эффекта, активно влияющего на процессы на границе раздела твердой и жидкой фаз.

Параметры ультразвукового воздействия: частота, амплитуда, длительность, подбираются таким образом, чтобы обеспечить не разрушение кластеров твердой фазы, а их уплотнения с уменьшением объема, а также способствовать более полной дегазации литейной среды. Кроме того, при этом уменьшается толщина сольватных оболочек на границах раздела жидкость-твердое тело, приводя к увеличению количества свободной связки. Все это приводит к изменению технологических параметров: повышение жидкотекучести позволяет получать сложные и тонкостенные изделия либо уменьшать количество связки а, следовательно, усадку при спекании; более полная дегазация литейной системы уменьшает количество пор, трещин, рыхлот и обеспечивает получение плотной керамики без внутренних дефектов.

Исследования показали, что частота УЗ воздействия должна находиться в диапазоне 18-24 КГц, при этом интенсивность воздействия должна составлять 0,1-0,9 Вт/см<sup>2</sup>.

Вязкость измерялась при температуре (80±05)°С при скоростях сдвига 1,3 сек<sup>-1</sup> и 0,65 сек<sup>-1</sup>. УЗ колебания создавались с помощью генератора УЗГ 2-4.

Результаты УЗ обработки первого компонента парафина представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость вязкости парафина от длительности УЗ обработки

Условия обработки	Вязкость, пуаз $\omega=0,65 \text{ сек}^{-1}$	Вязкость, пуаз $\omega=1,3 \text{ сек}^{-1}$
Исходный	2,8	2,3
УЗ – 3 мин	3,0	2,4
УЗ – (3+5) мин	2,7	2,4
УЗ – 30 мин	2,7	2,4

Результаты УЗ обработки второго компонента воска представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость вязкости воска от длительности УЗ обработки

Условия обработки	Вязкость, пуаз $\omega=0,65 \text{ сек}^{-1}$	Вязкость, пуаз $\omega=1,3 \text{ сек}^{-1}$
Исходный	2,7	2,2
УЗ – (3+5) мин	2,7	2,2

Результаты обработки связки (парафин – 85%, воск – 15%) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость вязкости связки от длительности УЗ обработки

Условия обработки	Вязкость, пуаз $\omega=0,65 \text{ сек}^{-1}$	Вязкость, пуаз $\omega=1,3 \text{ сек}^{-1}$
Исходный	2,8	2,4
УЗ – (3+5) мин	3,0	2,6

Таким образом на гомогенных системах воздействие УЗ практически не приводит к изменению их вязкости.

Совершенно другой эффект на шликере ВеО-90%, связка 10%), т.е. гетерогенной системе (таблица 4).

Таблица 4 – Зависимость вязкости термопластичного шликера от длительности ультразвуковой обработки

Время УЗ обработки, мин	0	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Вязкость, пуаз	78	57	52	49	45	44	43	43

За 12 минут обработки вязкость уменьшилась в 1,8 раза. Результаты последующей проверки сохраняемости вязкости в зависимости от времени, прошедшего после УЗ обработки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты изменения вязкости от длительности выдержки после ультразвуковой обработки

Время выдержки, мин	0	20	40	60
Вязкость, пуаз	43	44	44	47

Результаты свидетельствуют о хорошей сохраняемости приобретенных свойств.

Для изучения влияния УЗ воздействия на процесс литья штучных изделий сложной формы разработана и изготовлена экспериментальная установка.

Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1. Шликерный бак 1 конструктивно выполнен отдельно и имеет герметичный разъем (точка А) для присоединения к установке литья 2. Литьевая форма 3 прижимается механизмом 4 к заливочному отверстию (точка В).

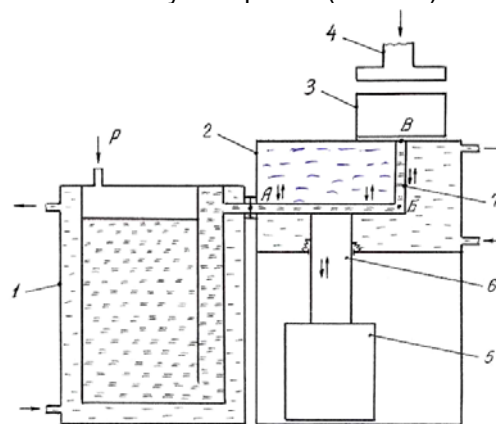


Рисунок 1 – Установка литья керамических изделий с ультразвуком

Системы разогрева и термостатирования (на рисунке не показаны) обеспечивают непрерывную циркуляцию горячей воды в шликерном баке и литьевой установке. Ультразвуковой преобразователь 5 генерирует УЗ механические колебания и передает их через волновод 6 к изогнутому трубчатому шликеропроводу 7. Волновод стальной, длиной кратной половине длине УЗ волны на резонансной частоте. Трубчатый шликеропровод выполнен из стали типа 18-8, имеет изогнутую форму с первым участком А-В и вторым участком Б-В. Посередине первого участка (симметрично точке О) прикреплен волновод. На этом участке шликеропровода А-В проходящий шликер обрабатывается поперечными УЗ волнами. В нем создается устойчивая кавитационная область. При этом снижается вязкость шликера. Уплотняется структура дисперсной фазы, улучшаются линейные свойства. На участке Б-В шликеропровода действуют продольные УЗ волны, которые обеспечивают ламинарное течение жидкого шликера и создают дополнительное УЗ давление, совпадающее с основным давлением литья.