

нагрева с последующим охлаждением. На поверхности тиглей не было обнаружено никаких трещин и других дефектов, что свидетельствует о хорошей стойкости изделий.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что существует оптимальный диапазон давлений 250—400 МПа, в котором метод гидродинамического прессования позволяет получать изделия сложной формы из трудноформуемых порошковых материалов разного гранулометрического состава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л о б а ш о в Б.П. Пористые материалы в новой технике. — В сб.: Порошковая металлургия в новой технике. М., 1968, с. 91. 2. Прессование на гидродинамической установке с помощью металловзрывчатых веществ/Л.Н. А ф а н а с ь е в , Г.М. Ж д а н о в и ч, А.А. М а л ь ц е в и др. — В сб.: Прогрессивные способы изготовления металло-керамических изделий. Минск, 1971, с. 96—108. 3. С и л и ч Л.М., К у р п а н Е.М. Исследование физико-механических свойств жаропрочных композиций, полученных различными методами Прессования. — В сб.: Стекло, ситаллы и силикаты, 1981, вып. 10, с. 92—95. 4. М а л ь ц е в А.А., Р о м а н О.В. Изделия из высокотемпературных материалов для работы в агрессивных расплавах. — Тез. докл. республ. научно-практич. конф. по антикоррозионной защите металлов. Минск, 1978, с. 62—63.

УДК 666.762.852

И.С. КАЧАН, канд. техн. наук (БТИ),
А.А. МАЛЬЦЕВ, О.И. КРОТ, канд. техн. наук (БПИ)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОРОШКОВ НИТРИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ

Большой интерес, который в последнее время проявляется к нитридным соединениям переходных металлов, объясняется необычным сочетанием экстремальных свойств, присущих этим соединениям [1—6].

Перспективными материалами для техники высоких температур и химического машиностроения являются нитриды алюминия и кремния, обладающие такими высокими физико-техническими свойствами, как тугоплавкость, сохранение при высоких температурах электроизоляционных характеристик, твердость и высокая износостойкость, термостойкость и устойчивость в агрессивных химических средах и расплавленных металлах.

Такие свойства обуславливают широкое применение нитрида кремния в составе различных жаропрочных конструкционных материалов, термистеров, нагревательных электродов, пресс-форм для горячего прессования, насадок сопел для разбрызгивания химически активных жидкостей, лопаток газовых турбин, тиглей, насосов для перекачки жидкого алюминия и многих других изделий. Устойчивость нитрида кремния в различных реагентах приведена в табл. 1 и 2 [7,8].

Особенно широкие перспективы внедрения этих материалов в народное хозяйство открывает богатство исходных продуктов (азота, кремния, алю-

Табл. 1. Устойчивость нитрида кремния в различных реагентах

Реагент	Температура, °С	Состояние	Стойкость, ч
1	2	3	4
20 %-ная HCl		Кипящая	>500
65 %-ная HNO ₃		— " —	>500
HNO ₃		Дымящая	>500
10 %-ная H ₂ SO ₄	70	—	>500
HPO ₃	20	—	>500
20 %-ная NaOH	20	—	>500
Cl ₂	30—900	—	>500
H ₂ S	1000	—	>500
H ₂ SO ₄ + CuSO ₄ + KHSO ₄	—	Концентрированный кипящий раствор	>500
NaNO ₃ + NaNO ₂	—	Кипящий расплав	115
48 %-ная HF	70	Кипящий расплав	116
NaV(SiO ₂) ₂ + V ₂ O ₅	1100	Расплав	4

Табл. 2. Стойкость нитрида кремния против действия расплавленных металлов [7]

Металл	Температура, °С	Время контакта, ч	Стойкость
Алюминий	1000	3000	Не действует
Свинец	400	144	— " —
Олово	300	144	— " —
Цинк	550	500	— " —
Магний	750	20	Слабо действует
Медь	1150	7	Сильно действует
Базальт	1400	2	Слабо действует

миния) в земной коре, а также появление эффективных и высокопроизводительных методов, позволяющих в широком диапазоне варьировать физико-химические свойства полученных порошков.

Наиболее распространенные методы получения порошков нитридных соединений сводятся к синтезу их из простых веществ в среде азота при температуре 1600—2000 °С. Однако сравнительный анализ продуктов, полученных этими методами, показал наличие в них примесей в виде твердых растворов, от которых невозможно избавиться вследствие их устойчивости при температурах синтеза [9,10].

Кроме того, указанные методы являются малопродуктивными и не удовлетворяют непрерывно возрастающие потребности промышленности в этих тугоплавких соединениях.

Проведенные фундаментальные исследования позволили разработать и внедрить принципиально новые методы получения порошков нитридных соединений. В первую очередь это разработанный в Советском Союзе метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [11,12]. Этот метод, не имеющий аналогов в мировой практике, возник на основе фундаментальных исследований механизма горения конденсированных систем. Он обладает высокой экономической эффективностью. Затраты на производство крайне низки благодаря высокой производительности и простоте используемого оборудования. В оптимальных условиях СВС происходит почти полное превращение исходных веществ в конечные. Количество непрореагировавших элементов составляет обычно 0,01–0,2 вес. %. Чистота конечного продукта по примесям не ниже чистоты исходных элементов, так как загрязнения при синтезе не возникает. Более того, из-за высоких температур происходит частичная самоочистка (испарение летучих примесей, восстановление окисных пленок на металлах).

В настоящее время получение порошков методом СВС вышло на промышленный уровень и с каждым годом возрастает.

Второй метод, который начинает все более широко применяться в производстве порошков, — это метод плазмо-химического синтеза (ПХС). Он осуществляется в условиях низкотемпературной плазмы, характеризующейся температурами порядка 5000–10000 К. При таких температурах все или значительная доля частиц плазмы (электроны, ионы, радикалы, нейтральные частицы) переходят в возбужденное состояние, приобретают высокую кинетическую энергию и взаимодействуют друг с другом с повышенной активностью и высокими скоростями. В зависимости от условий взаимодействия и конденсации возможно получение продуктов в виде аморфного или ультрадисперсного порошка, нитевидных кристаллов, пленок. Благодаря высокой конденсации энергии химические реакции в плазменных струях протекают практически мгновенно, что обеспечивает высокую производительность процесса. В настоящее время метод ПХС достаточно интенсивно развивается как за рубежом, так и в нашей стране [13].

Применение порошковых материалов на основе нитридных тугоплавких соединений открывает новые возможности повышения эксплуатационных свойств и работоспособности ответственных устройств в самых различных отраслях промышленности. Их использование будет непрерывно увеличиваться в связи с ростом эксплуатационных параметров технологических процессов и высокотемпературного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г.В. Нитриды. — Киев, 1969.
2. Самсонов Г.В. Неметаллические нитриды. — М., 1969.
3. Тот Л. Карбиды и нитриды переходных металлов. — М., 1974.
4. Мальцев А.А., Роман О.В. Изделия из высокотемпературных материалов для работы в агрессивных расплавах. — Тез. конф. по антикоррозионной защите металлов. Минск, 1978. — 62 с.
5. Гнесин Г.Г., Осипова И.И. Исследование нитридов. — Киев, 1975.
6. Линдней М.В., Катц Р.Н. Порошковая металлургия материалов специального назначения. — М., 1977.
7. Самсонов Г.В., Винницкий И.М. Тугоплавкие соединения. — М., 1976.
8. Косолапова Т.Я. Химические свойства тугоплавких соединений. — Ж. ВХО им. Д.И. Менделеева, 24, № 3, 1979, — 244 с.
9. Андриевский Р.А. Роль нитридов в создании современных тугоплавких материалов. — В сб.:

Методы получения, свойства и области применения нитридов. Рига, 1980. 10. Г у р и н В.Н. Методы синтеза тугоплавких соединений и перспективы их применения для создания новых материалов. — Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева, 24, № 3, 1979.— 212 с. 11. М е р ж а н о в А.Г., Б о р о в и н с к а я И.П. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез тугоплавких неорганических соединений. — Докл. АН СССР, 1972, 204, № 2, с. 366—369. 12. М е р ж а н о в А.Г. Проблемы горения в химической технологии металлургии. — Успехи химии, 1976, 45, вып. 5, с. 827—848. 13. Ц и е л е н У.А., М и л л е р Т.Н. Низкотемпературная плазма в технологии неорганических веществ. — Новосибирск, 1971.

УДК 666.94:666.97

В.Ф. ДОВНАР, Н.И. ДОВНАР (БИСИ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ТВЕРДЕНИЯ

Тепловая обработка цементсодержащих систем, как метод ускорения твердения цемента, известна давно. Способ же тепловой обработки с разогревом смеси в смесителе или в специальном устройстве перед укладкой ее в формы с последующей паротепловой обработкой предложен сравнительно недавно [1].

Вместе с тем имеются сведения [2], из которых следует, что использование на заводах предварительного электроразогрева бетонных смесей приводило к браку изделий из-за недостаточной прочности бетона или ее неустойчивости. Это указывает на необходимость продолжения и расширения исследований. Наши исследования проводились на портландцементе Волковыского завода М500, Нг-27 % с минералогическим составом клинкера: C_3S — 56,0 %; C_2S — 21,8 %; C_3A — 4,6 %; C_4AF = 15,5 %. Водоцементное отношение теста было принято равным 0,27; 0,35; 0,445. При каждом В/Ц изготавливалось четыре серии образцов: первые три серии формовались на виброплощадке при одинаковых параметрах уплотнения — частоте 50 Гц и амплитуде 0,40 мм. Причем температурные условия твердения в первой серии были нормальными, во второй — пропаривание осуществлялось по режиму 2+4+12+2. В третьей и четвертой серии свежеприготовленное тесто разогревалось до 80 °С. Формование образцов четвертой серии производилось с более интенсивными параметрами уплотнения: $f = 96$ Гц, $A = 0,45$ мм; условия твердения образцов этих серий были идентичны и соответствовали непосредственной пропарке после формовки при температуре 80 °С.

Разогрев цементного теста производился в течение 3 мин электротоком промышленной частоты регулируемого напряжения. Продолжительность формования до получения одинаковой степени уплотнения образцов подбиралась экспериментально и составила для теста при В/Ц-0,27—100 с, при В/Ц-0,35—60 и при В/Ц-0,445—20 с. Время пропаривания образцов всех серий, за исключением первой, принималось одинаковым и составляло 1200 град·ч. Дальнейшее хранение образцов-кубиков с ребром 3 см осуществлялось до испытания в нормальных условиях. По истечении 28 сут образцы испытывались. Помимо определения прочности для диагностики характера