

На электронно-микроскопических снимках образцов, спеченных после различных условий прессования (рис. 3), видно, что наиболее плотная структура наблюдается при полусухом прессовании и прессовании методом взрыва. Так, на снимке образца 9 Т, отпрессованного методом взрыва, наблюдается сплошной конгломерат порошкопризматических кристаллов.

Таким образом, на основании проведенного исследования установлено, что уплотнение композиций возрастает в ряду: термопластическое прессование \rightarrow полусухое прессование \rightarrow импульсное прессование (метод взрыва). Показатели физико-механических свойств при этом улучшаются. Данный вывод подтверждается электронно-микроскопическим исследованием структуры образцов.

Л и т е р а т у р а

1. Афанасьев Л.Н., Жданович Г.М., Киселев Л.И. Прессование на гидродинамических установках с помощью метательных взрывчатых веществ (порохов). — В кн.: Материалы 1-й Республиканской конференции по порошковой металлургии. Минск, 1971, с. 16—18. 2. Будников П.П., Гинстлинг А.М. Реакции в смесях твердых веществ. — М., 1965, с. 70. 3. Гегузин Я.Е. Физика спекания. — М., 1967, с. 314—320.

УДК 666.762.852

А.А.МАЛЬЦЕВ, И.С.КАЧАН, А.В.ДЕШКОВЕЦ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ SiC

В настоящее время разработана большая группа материалов на основе карбида кремния, которые находят все более широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря уникальному комплексу свойств, обусловленных природой карбида кремния [1—12]. В результате исследований метода реакционного спекания как в нашей стране, так и за рубежом получен высокоплотный самосвязанный карбид кремния, который успешно работает при высоких температурах и одновременно эффективно противостоит интенсивному абразивно-коррозионному воздействию среды [1, 3, 10].

Однако изготовление изделий из самосвязанного карбида кремния связано с проведением процесса спекания при температурах, превышающих 2100°C , в защитных газовых средах, что требует использования уникального высоко-температурного оборудования.

В настоящей работе предпринята попытка исследовать возможность получения изделий из карбида кремния, имеющих износостойкость, близкую к самосвязанному карбиду кремния, и в то же время спекаемых при температурах, позволяющих использовать обычное оборудование для обжига керамических материалов.

В качестве исходных материалов взяты порошки карбида кремния марки М 20, изготавливаемые абразивной промышленностью (содержание примесей менее 1,3%), и кристаллический кремний марки КР-О (содержание примесей менее 2%), получаемый методом электротермического восстановления кремнезема.

Поскольку процесс изготовления изделий включает две основные операции: формование и последующий обжиг, — были проведены исследования прессуемости композиций на основе (SiC+Si) с различным содержанием компонентов, а затем режимов обжига.

В работе [3] показано, что уплотнение некоторых смесей на основе карбида кремния разнообразного зернового состава с нефтекоксом и жидким бакелитом подчиняется уравнению

$$\lg \rho = a \cdot \lg P, \quad (1)$$

где ρ — кажущаяся плотность спрессованной заготовки, г/см³; P — давление прессования, кгс/см²; a — коэффициент, определяемый экспериментально.

Для исследования прессуемости композиций (SiC+Si) приготавливалась шихта с различным содержанием компонентов. В качестве связки использовалась бакелитовая смола марки ЛБС-3, которая вводилась в шихту в виде 15–20% раствора в этиловом спирте. Гранулометрический анализ исходных порошков показал, что размер частиц SiC находился в пределах 1–35 мкм, а частиц кремния — 1–30 мкм. Приготовленные шихты содержали 10%, 20, 30 и 40% кремния по массе.

Исследовалась также прессуемость порошка карбида кремния без добавок и порошка кремния. Количество связки во всех исследуемых составах было постоянно: 5% по весу сухого вещества. Прессование образцов $\varnothing 15 \times 15$ мм проводилось в закрытой пресс-форме. Шихта перед прессованием подсушивалась до влажности 5–7%. Экспериментальные данные приведены на рис. 1.

Обработка полученных экспериментальных зависимостей показала, что уравнение прессования описывается выражением (1), приведенным в работе [3], и в диапазоне давлений 300–3100 кгс/см² значение коэффициента a составляет 0,072–0,075. Однако на всех экспериментально полученных зависимостях при давлениях более 3100 кгс/см² для композиций (SiC+Si) с различным процентом добавок кремния наблюдается четкий излом, и зависимости хорошо описываются той же функцией [1]; коэффициент a существенно возрастает до 0,101–0,104 (рис. 2).

Из всех исследованных составов порошок кремния обладал лучшей прессуемостью. Уменьшение количества кремния, вводимого в шихту (см. рис. 1), существенно ухудшает прессуемость композиции (SiC+Si). Во всех композициях наблюдается ярко выраженная перепрессовка при относительной плотности 70–71%. Однако если для образцов с добавкой 10% Si перепрессовка наступает при давлении 5500 кгс/см², то в образцах с добавкой 40% Si пере-

прессовочные трещины появляются при давлении около 3000 кгс/см^2 , а у порошка без добавки кремния — при 625 кгс/см^2 .

После прессования образцы подвергались сушке по двухступенчатому режиму с изотермическими выдержками при температуре 90°C для удаления паров растворителя и при 180°C для полимеризации бакелитовой смолы.

Обжиг исследуемых образцов проводился в индукционной печи в защитной атмосфере. Режим обжига подбирался исходя из условия полного выгорания связки до температуры 1200°C с малой скоростью нагрева, последующим быстрым нагревом до 1600°C , выдержке при этой температуре и последую-

Рис. 1. Зависимость относительной плотности образцов из композиции SiC + Si от давления прессования:

1 — чистый Si; 2 — 40% Si; 3 — 30% Si; 4 — 20% Si; 5 — 10% Si; 6 — чистый SiC.

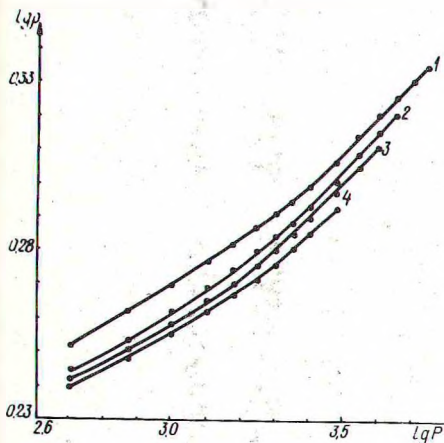
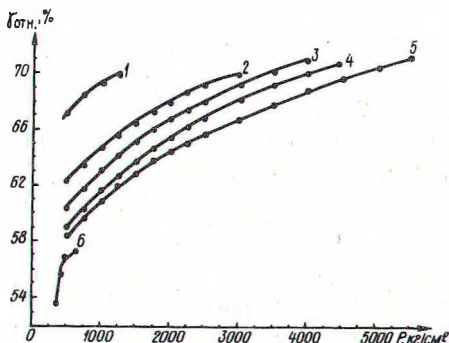


Рис. 2. Зависимость плотности образцов из композиции SiC + Si от давления прессования (в логарифмических координатах): 1 — 10% Si; 2 — 20%; 3 — 30%; 4 — 40% Si.

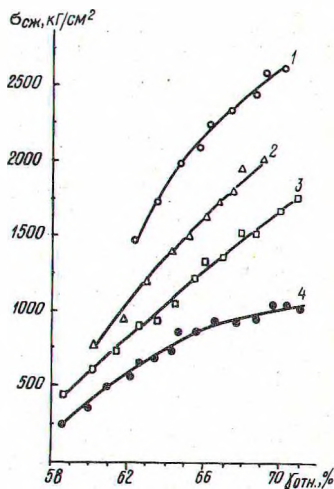


Рис. 3. Зависимость прочности на сжатие образцов из композиции SiC + Si от относительной плотности после прессования: 1 — 40% Si; 2 — 30%; 3 — 20%; 4 — 10% Si.

щим охлаждением вместе с печью. Обжиг образцов производился в засыпке из порошка карбида кремния с кремнием.

Визуальное исследование образцов после спекания показало, что наиболее качественно пропитались кремнием образцы, содержащие 30—40% Si. На их шлифах наблюдались небольшое количество мелких закрытых пор и хорошо пропитанная корковая зона глубиной 1—3 мм.

На образцах с малым содержанием кремния пористость была значительной, а в некоторых из них в изломе отсутствовал характерный блеск кристаллического кремния. Последующие испытания образцов на сжатие подтвердили выявленную закономерность (рис. 3).

Как видно из рисунка, максимальной прочностью на сжатие обладают образцы с содержанием 30—40% кремния. В образцах с меньшим содержанием кремния прочностные свойства ниже. Это, по-видимому, обусловлено более качественным заполнением пространства между частицами кремния в процессе жидкофазного спекания и образованием более прочного кремниевого скелета, цементирующего зерна карбида кремния, что приводит к увеличению прочностных свойств спеченного материала.

Сравнительные качественные испытания на износостойкость методом проб на абразивном круге образцов с содержанием кремния 30—40%, образцов из самосвязанного карбида кремния и образцов из материала ВК-6 показали, что износостойкость материала с 40% кремния ниже, чем самосвязанного карбида кремния, но выше, чем у материала ВК-6.

На основании проведенных исследований композиционный материал на основе карбида кремния с 40% кремния можно рекомендовать для изготовления износостойких изделий, работающих при обычных температурах.

Л и т е р а т у р а

1. Г н е с и н Г.Г. Тугоплавкие карбиды. — Киев, 1970.
2. К а р л и н В.В., Г а р ш и н А.П., Н о в и к о в А.А. Тугоплавкие карбиды. — Киев, 1970.
3. Г н е с и н Г.Г. Карбидокремниевые материалы. — М., 1977.
4. Д о б р о л е ж С.А. Карбид кремния. — Киев, 1963.
5. Карбид кремния: Сб. науч. тр. /Под общ. ред. И.Н.Францевича. — Киев, 1966.
6. К а й н а р с к и й И.С., Д е г т я р е в а Э.В. Карборундовые огнеупоры. — Харьков, 1963.
7. К а й н а р с к и й И.С., Д е г т я р е в а Э.В., К у х т е н к о В.А. Карборундовые изделия на связке из нитрида кремния. — Огнеупоры, 1960, № 4.
8. В о р о н и х и н Н.И., К р а с о т к и н а Н.И. Карборундовые огнеупоры на нитридной связке. — Огнеупоры, 1960, № 7.
9. Ф р а н ц е в и ч И.Н. Самосвязанные изделия из карбида кремния. — Порошковая металлургия, 1973, № 6.
10. Ф у н к е В.Ф., С а м с о н о в а Г.В. Изучение кинетики азотирования кремния. — ЖОХ, 1958, т. 28.
11. T u r k d o g a n E. T., B i l l s P. M., T i p e t t V. A. G. Appl. Chem., 1958, № 8, 296.
12. R u d d e s d e n S I N I Acta Crystallogr., 1958, 11, 465.