

НОВЫЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВС-МАТЕРИАЛЫ

В.Д. ЗОЗУЛЯ, д-р техн.наук



Институт структурной макрокинетики в Черногловке РАН

СВС-материалы – это материалы, полученные самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС-методом). Сущность метода заключается в способности порошкообразных элементов, веществ, газов, жидкостей (шихтовых смесей, прессовок) в определенных сочетаниях воспламеняться при локальном нагреве, например, от соприкосновения с разогретой электроспиралью, при дальнейшем распространении волны горения по всему объему реагирующей системы. В результате химического взаимодействия образуются новые вещества определенной химической формулы: карбиды, бориды, нитриды, интерметаллиды, халькогениды и др. Как правило, взаимодействующие компоненты подбирают в стехиометрических соотношениях, поэтому “лишних” газообразных продуктов не образуется, химическая реакция протекает без взрывов. Технологические СВС-процессы экологически приемлемы, безопасны, экономичны.

Реакции взаимодействия, являясь экзотермическими, выделяют тепло, которое способствует сплавлению, спеканию конечных продуктов. Однако такие сплавы, спеки в большинстве своем бесформенны, имеют трещины. Впоследствии их дробят, перемалывают и употребляют в порошкообразном виде – вводят в шихту композиционных спекаемых материалов, в том числе и триботехнического назначения. Например, спеченные из СВС-порошков нитридной керамики подшипники скольжения по своим антифрикционным свойствам при граничном трении, повышенных температурах успешно конкурируют с традиционно используемыми материалами-аналогами. Имеются также сведения о триботехнических свойствах СВС-наплавов, однако в технической литературе подобных публикаций практически нет, целенаправленных исследований по созданию СВС-материалов для узлов трения не проводилось.

Рассмотрим недостатки и преимущества СВС-метода, используя для сравнения ближайший

прототип. Таким является метод спекания порошковых композиционных триботехнических материалов, наиболее эффективных и перспективных для отечественного машиностроения. Оба метода имеют много общего: исходное сырье, порошки реагирующих компонентов, среду взаимодействия, технологические операции (смешение, прессование, термообработка), оборудование (измельчители, смесители, прессы, нагревательные печи) и т.п. Как было показано, методы СВС и спекания можно совместить для изготовления многих деталей, спрессованных из смесей металлических порошков, в том числе различными добавками. Для этого локальный разогрев прессовки (при соприкосновении накаленной электроспирали) необходимо заменить нагревом в камере электропечи до температуры начала горения. Как видно из термограммы СВС-спекания



спрессованных цилиндров (диаметр 10x15 мм), при достижении температур 500 – 700 °С многие материалы на основе меди, алюминия, титана и др. воспламеняются, температура прессовки мгновенно повышается на 200 – 300 °С (рис.1).

Благодаря экзотермическим процессам можно сэкономить 25 – 30% электроэнергии, так как при чрезмерном увеличении температуры электропечь автоматически отключается. Для получения порошковых материалов на жаростойкой основе – никелевой, медной, алюминиевой спекание в режиме горения возможно также на воздухе. Анализ термогравитограмм такого СВС-спекания показывает, что прирост веса образцов за счет окисления незначительный. По крайней мере, прочностные характеристики этих материалов не ниже, чем после обычного печного спекания в восстановительных средах.

СВС-спекание подшипников скольжения на воздухе улучшается, если в шихту добавлять 1,5 – 2 масс.% масла и охлаждать спеченные детали в масляной ванне. Такой оригинальный способ уменьшает поверхностное окисление при горении, так как горящее масло образует восстановительную среду – сажу. Охлаждение в масле после спекания также уменьшает окисление и совмещает операции охлаждения и пропитки, необходимой для придания подшипникам эффекта самосмазывания. Данный эффект у СВС-материалов проявляется более четко благодаря особенностям формирования пористого каркаса. Если при обычном печном спекании количество пор зависит главным образом от усилия прессования, крупности порошка, то в случае СВС-синтеза образуются дополнительные пористые каналы, упрочненные интерметаллидными слоями. Это

происходит благодаря образованию в локальных очагах горения жидкой фазы, которая всасывается тугоплавкой основой, образуя равномерно распределенные включения износостойких интерметаллидов и оставляя после себя сферообразные сообщающиеся поры-каналы. В процессе эксплуатации втулок-подшипников в порах накапливается, циркулирует масло, уменьшая износ самосмазывающегося узла трения. Для образования такой системы пор необходимо соблюдение оптимальных соотношений порошковых компонентов. Пористость образуется, когда металлический каркас матрицы (медь) более тугоплавкая, чем отдельные включения легкоплавкого металла-воспламенителя (алюминия). В этом случае дисперсное упрочнение происходит посредством пустотелых трубообразных включений интерметаллидов, образующихся по стенкам пористых каналов. Судя по одномерной направленности капилляров, можно предположить, что движение жидкой фазы ориентировано соответственно фронту распределения волны горения. По-видимому, такие структурно-направленные пористые материалы могут иметь большое значение для получения фильтров.

Наличие равномерно расположенных в материале реакционно-взаимодействующих ячеек (места контактов разноименных частиц) является причиной возникновения температурного градиента в промежутках между ними. Это способствует возникновению дополнительного капиллярного теплопереноса жидкой фазы, образующейся возле локальных источников горения и равномерно перераспределяющейся по объему пористого каркаса. Благодаря этому структурно-фазовый состав материала после

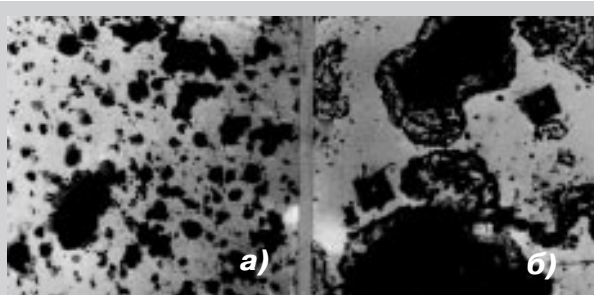


Рис. 2. Микроструктура алюминиевой порошковой бронзы (Бр.А10) после СВС-спекания в местах образования дополнительных пор:
а - увеличение x150; б - увеличение x350

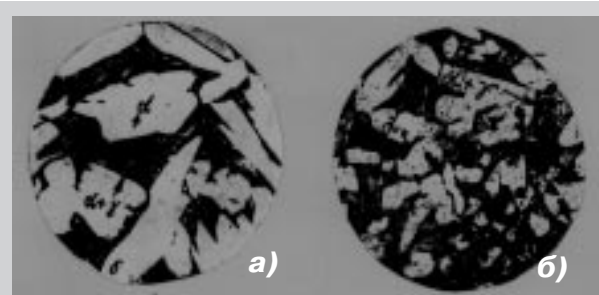


Рис. 3. Микроструктура литой алюминиевой бронзы Бр.А10 (а - увеличение x500) и такой же бронзы, полученной СВС-спеканием (б - увеличение x1000)

Прочностные и триботехнические свойства композиционных СВС-материалов

Химический состав материалов, мас.%	Предел прочности на сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	Усадка при сжатии, Σ , %	Твердость H_v , МПа	Износ, мкм/км ($\rho=10$ МПа, $v = 1$ м/с)	Коэффициент трения	Способ спекания
8Al + 92Cu	1080 ± 10	40	700 ± 30	0,025	0,050	СВС
10Al + 90Cu	870 ± 30	37	860 ± 30	0,045	0,052	СВС
8Al + 92Cu (эталон)	996 ± 10	46	650 ± 30	0,035	0,050	Обычный
20Ni + 50Al + 30TiC	150 ± 20	6	-	0,030	0,095	СВС
2Ni + 2Ti + 6Al + 60Cu + + 30TiC	275 ± 20	12	-	0,020	0,072	СВС
13Ti + 57Cu + 30Al ₂ O ₃	320 ± 20	10	-	0,016	0,080	СВС
2Al + 18Cu + 50Ti + + 30 TiC	450 ± 20	16	-	0,010	0,070	СВС
2Al + 18Cu + 50Ti + + 30 TiC (эталон)	420 ± 20	18	-	0,016	0,060	Обычный
6Ni + 7Al + 56Cu + 30TiC	450 ± 20	14	-	0,012	0,060	СВС
6Ni + 7Al + 56Cu + 30TiC	440 ± 20	12	-	0,017	0,070	Обычный

карбидами, оксидами, алмазами и другими износостойкими добавками. Их наличие несколько снижает прочность, но значительно повышает износостойкость, особенно при абразивном изнашивании, в паре с высокотвердыми стальными валами и т.п.

Таким образом, металлические порошкообразные СВС-материалы по сравнению с матери-

алами-аналогами обеспечивают более высокие антифрикционные свойства изделий, особенно в режиме самосмазывания. Кроме того, при изготовлении деталей триботехнического назначения СВС-спекание экономичнее, технически эффективнее, экологически чище, чем обычное печное спекание.

Высшая школа России:
конверсия и приоритетные технологии
Вторая Всероссийская
научно-практическая конференция
Москва



Алтайский государственный
технический университет
Россия, 656099, Барнаул,
пр-т Ленина, 46
Тел. (3852) 25 76 75

Пористые проницаемые
металлокерамические материалы

Предназначены для изготовления фильтроэлементов в установках механической очистки жидкостей и газов, элементов пористого охлаждения, диспергаторов потоков, элементов капиллярного транспорта.

Обладают высокой стойкостью к действию агрессивных газов при повышенных температурах, высокой коррозионной стойкостью к действию сильных кислот и их смесей.

Диапазон регулируемых размеров пор, мкм	15 - 500
Общая пористость, %	20 - 70
Температура эксплуатации в воздушной среде, °С	до 1000