

циклических нагревах и охлаждениях, способствуя повышению их термоциклической стойкости.

Проведенные испытания тормозных барабанов на тепловой удар показали, что выход из строя опытных тормозных дисков и барабанов в условиях аварийного торможения менее вероятен. Использование модификатора из графита и ферросиликобария без изменения технологии получения отливок позволяет повысить качество и надежность деталей фрикционно-тормозной группы тракторов, автомобилей и других машин, имеющих в своей конструкции такие элементы.

УДК669.24/29.018:[539/25+539/26]

Н.А. Свидунович, проф., д-р техн. наук;
Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук; Г.П. Окатова, ст. науч. сотр.
А.С. Раковец, асп.; Ю.Г. Рудько, студ. (БГТУ, г. Минск)

ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ НАНОСТРУКТУРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОУГЛЕРОДА С ДОБАВКАМИ БОРА И ЖЕЛЕЗА

Изучение фазовых превращений в системе ультрадисперсных компонентов бор-углерод-железо связано с перспективами синтеза методами нанотехнологии новой нанокерамики с уникальными физико-механическими свойствами с учетом того, что для бора интенсивная пластическая деформация однозначно связана с формированием в композитах наноструктурного состояния.

При создании нового композита бор вводился в ранее полученный композит на основе экстрагированной фуллереновой сажи ($C_{Эфс}$)– $C_{Эфс}$ -10 Мас.%Fe, как показавший лучшие результаты в серии разработанных материалов [1]. Однако доминирующая в образцах композита на основе C -10%Fe связующая "фаза-основа" обладает пониженной трещиностойкостью, проявляющейся в образовании микротрещин при изломе образцов, при замерах микротвердости (допустимая нагрузка без образования микротрещин не более 50-100 г), что и определило направление дальнейших исследований.

Идея заключалась в том, что введение бора как микролегирующей добавки в сочетании с интенсивной пластической деформацией может способствовать доформированию в композите наноструктурного состояния с образованием новых боридных нанофаз и приведет к существенному повышению трещиностойкости – вязкости разрушения матрицы, т. е. увеличению конструкционной прочности композита, что важно для инструментальных и конструкционных материалов.

В качестве исходных компонентов использовались порошки экстрагированной фуллереновой сажи (80% $C_{Эфс}$), аморфный бор марки «А» (10%), микропорошок карбонильного железа (10%).

Приготовление шихты проводилось с обеспечением сохранения нанодисперсности исходных порошков и тщательности их перемешивания путем диспергирования в ультразвуковой ванне и перемешивания в микроатриторе.

Образцы спекались методом термобарической обработки на прессовой установке D0137A [2]. Метод обеспечивает быстрое уплотнение образцов до плотности, близкой к теоретической, с более высоким пределом прочности, повышенной твердостью, более точными размерами.

Для установления оптимальных технологических вариантов образцы спекались при постоянном давлении $P = 4$ ГПа, в температурных пределах 1100-1500 °С и времени спекания 30-140 с.

Исследованиями установлено, что в условиях интенсивной высокотемпературной пластической деформации в композите на основе экстрагированной фуллереновой сажи с добавкой Fe легированием 10% аморфного бора, как и прогнозировалось, произведена нанореструктуризация.

В результате получен композит на основе С-В-Fe гетерофазного аморфно-наноструктурного строения с высокотвердой углеродной матрицей, заполненной упрочняющими нанокристаллитами карбидов и боридов Fe и карбоборидов, и распределенными в матрице особо твердыми частицами углеродной фазы с аморфизированной поверхностью.

При определении трещиностойкости нанокompозита $C_{Эфс}-10\%B-10\%Fe$ микроиндентирование проводилось на микротвердомере Duramin-5 с фиксированием микроструктуры с отпечатками индентора, значений микротвердости и диагоналей отпечатков.

Определение коэффициента трещиностойкости нанокompозита $C_{Эфс}-10\%B-10\%Fe$ проводилось по формуле 1:

$$K_{1c} = 0,075 \cdot \frac{P}{a^{3/2}} \cdot 0,3101 \quad (1)$$

где P – нагрузка на индентор (кгс); a – половина диагонали индентора и трещины умноженная на 0,001 (мм); 0,3101 – коэффициент перевода кгс/мм^{3/2} в МПа·м^{1/2}.

Нагрузка на индентор подбиралась по состоянию структуры и микротвердости и составляла 25г – 2000г.

Анализ показал, что значения трещиностойкости фазы-основа в лучших образцах достигают 10 МПа·м^{1/2}.

Таким образом, как и прогнозировалось, легирование бором, обладающим уникальными свойствами, привело к существенным положительным изменениям структуры и свойств нанокompозита $C_{Эфс}-10\%B-10\%Fe$: повышению микротвердости, трещиностойкости и упругости матрицы, т. е. к существенному увеличению вязкости разрушения - повышению конструкционной прочности композита, что важно для инструментальных и конструкционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урбанович В. С., Куис Д. В., Окатова Г. П., Свидунович Н. А., Ойченко В. М., Баран Л. В. Влияние режимов термобарической обработки наноглерода под высоким давлением на образование и тонкую структуру сверхтвердой фазы. Материал конференции // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56, № 5. С. 31-35.
2. Урбанович В. С., Шкатуло Г. Г. Компьютеризованный комплекс для спекания нанокерамики при высоких давлениях // Порошковая металлургия. 2003. № 1/2. С. 21-27.

УДК (628.393.614.8)

Г.И. Касперов, доц., канд. техн. наук; Я.В.Тризнюк, студ.
(БГТУ, г. Минск)

Э.И. Михневич, проф., д-р техн. наук;
В.Е.Левкевич, проф., д-р. техн. наук
(БНТУ, г. Минск)

**ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ
В ОБЛАСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ
БОРТОВ КАРЬЕРНЫХ ВОДОЕМОВ**

Выполненный анализ научных и литературных источников показал, что в Беларуси эксплуатируется более четырех тысяч карьеров из них более шестидесяти промышленные карьеры с большой глубиной выработки (более 20м) и возможным образованием карьерных водоемов, затрудняющих эксплуатацию объектов. Для оценки и прогнозирования устойчивости бортов карьерных водоемов нами рассмотрены различные методики, которые используются в классических методиках механики грунтов.

В докладе рассматриваются результаты исследований, выполненных в 2019 году по ГПНИ «Информатика, космос и безопасность», задание 3.1.33. В исследованиях участвовали работники Белорусского государственного технологического университета, Белорусского национального технического университета, Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси. Карьеры рассматривались, как источники опасных техногенных процессов и явлений. В основу большинства из методов расчета устойчивости положен закон сохранения массы и расчета соотношения сдвигающих и удерживающих сил, которые определяют коэффициент устойчивости и состояние откоса.