

МЕХАНОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПОРОШКОВ Fe/SiC ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

В.И. Жорник¹, С.А. Ковалева¹, Н.С. Хомич¹, В.К. Шелег²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

Приведены результаты исследований формирования структуры и свойств порошковых магнитно-абразивных композитов состава Fe-SiC при механосинтезе (МС). Показано, что при обработке смеси порошков Fe и SiC в мельнице с энергонапряженностью $I=3$ Вт/г формируются композиционные частицы с глобулярной структурой. Образование композитов Fe/SiC с размером абразивной составляющей 0,3-2 мкм в условиях МС с длительностью 60 мин происходит без существенных взаимодействий между компонентами. Установлено, что с увеличением длительности МС и уменьшением размеров абразивных частиц снижается производительность магнитно-абразивной обработки.

Перспективным способом финишной обработки поверхностей является магнитно-абразивная обработка (МАО), протекающая в процессе перемещения рабочей магнитно-абразивной среды по поверхности обрабатываемой детали под действием приложенного внешнего магнитного поля. При этом производительность процесса полирования и качество обрабатываемой поверхности определяются преимущественно составом и свойствами магнитно-абразивной рабочей среды. Обычно в качестве магнитно-абразивной рабочей среды используют смеси порошков железа и материала высокой твердости, таких как оксид алюминия, карбид титана, карбид кремния, диоксид кремния, алмаз и т.п. Композиты такого состава преимущественно получают металлургическим методом: спеканием с последующим размолом [1]. При этом недостатками существующих подходов являются: невысокий выход готового продукта; невозможность получения тонко размолотых частиц; слабая адгезия абразивных частиц, что приводит к неоднородности получаемого рельефа поверхности; агломерации абразивных частиц с образованием на поверхности грубых рисок и задиров.

Одним из эффективных способов получения композитов является интенсивная механическая обработка, проводимая в высокоэнергетических планетарных шаровых мельницах [2]. Основными преимуществами этого способа является не только возможность формирования порошков с большой контактной поверхностью, но и интенсификация различных физико-химических процессов в материалах, что способствует изменению их структурно-фазового состояния. Регулирование степени взаимного перемешива-

ния, размера частиц и реакционной способности композиций достигается путем изменения длительности обработки.

В работе представлены результаты исследований влияния интенсивной механической обработки на формирование структуры и абразивных свойств композита Fe/SiC.

В качестве исходных компонентов использовали порошки карбонильного железа ПЖК с размером частиц $d_u = 140\text{--}180$ мкм и карбида кремния $\alpha\text{-SiC}$ фракции $d_u = 40\text{--}180$ мкм. Механосинтез композитов состава $80\text{мас.}\% \text{Fe} + 20\text{мас.}\% \text{SiC}$ проводили в высокоэнергетической планетарной шаровой мельнице Активатор-2S (пр-во ЗАО «Активатор», г. Новосибирск) с энергонапряженностью $I = 3$ Вт/г, рассчитанной в согласно [3], в воздушной атмосфере при водяном охлаждении в течение 5, 10, 20 и 60 мин, что соответствует дозам механической энергии $D = 0,9; 1,8; 3,6$ и $10,8$ кДж/г.

Изучение фазового состава порошковых композитов и их параметров тонкой структуры проводили методами рентгеновской дифрактометрии в характеристическом излучении $\text{CuK}_{\alpha 1}$ ($\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$). Изучение абразивных свойств проводили на установке магнитно-абразивного полирования модели Т10, предназначенной для финишной обработки наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, на образцах оболочек ТВЭЛов из циркониевого сплава с последующим анализом параметров шероховатости обработанной поверхности (R_a). Оценивали весовой и размерной съема материала после обработки деталей в течение 5 мин.

Анализ данных рентгенофазового состава показывает, что существенного взаимодействия компонентов Fe и SiC с образованием новых химических соединений при длительности МС до 60 мин ($D=10,8$ кДж/г) не происходит (рис.).

Увеличение дозы введенной механической энергии с $D=0,9$ кДж/г до $D=10,8$ кДж/г приводит к существенному снижению интенсивности дифракционных отражений компонент, и особенно SiC (рис. 1), значительно их уширению, что обусловлено, по данным рентгеноструктурного анализа параметров тонкой структуры, уменьшением размеров кристаллитов (до $\langle L \rangle_{\text{Fe}} = 12$ нм, $\langle L \rangle_{\text{SiC}} = 16$ нм) и ростом внутренних микронапряжений. Изменения параметров решетки (a) фазы железа происходит незначительно. Можно предположить, что тонкодисперсные частицы карбида кремния при МА распределяются по границам железа без существенного взаимодействия.

Исследования микроструктуры композиционных частиц Fe/SiC, показали, что при МС с дозой от $D=0,9$ кДж/г до $D=1,8$ кДж/г в смеси присутствуют как композиционные частицы Fe/SiC, так и отдельные частицы Fe и SiC. С увеличением значений до $D=10,8$ кДж/г происходит равномер-

ное распределением абразивных частиц в матрице железа и интенсивное диспергирование частиц как механокомпозитов Fe/SiC, так и включений SiC, при этом наблюдается формирование глобулярной микроструктуры. Размер композиционных частиц Fe/SiC снижается от $d_q=14-250$ мкм до $d_q=1,5-43$ мкм, а абразивных включений SiC – от $d_q=40-180$ мкм до $d_q=0,3-2$ мкм. В условиях МС с $D=10,8$ кДж/г изменяется морфология композиционных частиц, которые приобретают чешуйчатую форму. Показано, что основными механизмами формирования композитов является измельчение компонентов с их деформационным перемешиванием.

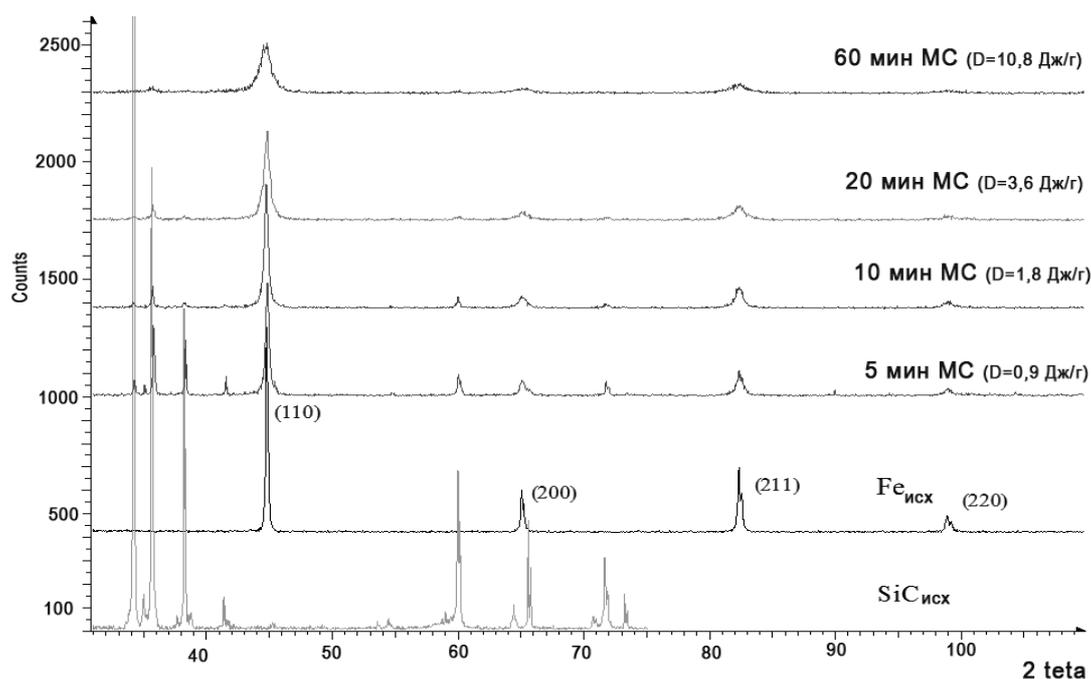


Рис. Дифрактограммы продуктов МС порошковой смеси Fe-SiC с различной длительностью обработки

Изучение абразивных свойств механокомпозитов Fe/SiC при обработке циркониевых сплавов показало, что МС с $D=1,8$ кДж/г позволяет снизить диапазон значений параметра Ra обрабатываемой поверхности в 2 раза (до $Ra=0,08-0,12$ мкм). Дальнейшее увеличение значений дозы введенной энергии до 1,8 кДж/г приводит к некоторому снижению параметров абразивной способности порошковых композитов (в 1,7 раза), что обусловлено уменьшением размеров частиц абразивной компоненты до $d_q=0,3-2$ мкм и их углублением в объем матричного железа. Однако следует предполагать, что диспергирование абразивной компоненты в данных условиях может способствовать снижению уровня значений параметров шероховатости обрабатываемой поверхности.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ № T15CO-005 в рамках совместного проекта «НАНБ (БРФФИ) – СО РАН-2015».

Литература

1. V.V. Nepomnyashchii, S.M. Voloshchenko, T.V. Mosina, etc. Metal Surface Finishing with magnetic abrasive powder based on Iron with Ceramic Refractory Compounds (Mechanical Mixtures) // Refractories and Industrial Ceramics. – 2014. – Vol. 54. – № 6. – pp. 471 – 474.
2. Механокомпозиты – прекурсоры для создания материалов с новыми свойствами: монография / отв. ред. О.И. Ломовский. – Новосибирск: Изд-во СО РАН (Интеграционные проекты СО РАН, вып. 26), 2010. – 432 с.
3. A. Iasonna, M. Magini. Power measurements during mechanical milling. An experimental way to investigate the energy transfer phenomena. Acta Materialia. Vol. 44 (1996). No.3. pp.1109 – 1117.

УДК 531.00

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

В.Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Одной из ведущих тенденций инновационного развития в системе технологического образования является усиление внимания к проблеме подготовки кадров качественно нового уровня. В связи с этим приоритетными становятся вопросы реализации современных подходов к процессу обучения в университетах. Реализация такого подхода в образовательном процессе требует внедрения новых обучающих технологий и педагогических приемов.

Межпредметная интеграция. Традиционная дискретно-дисциплинарная модель реализации содержания обучения на протяжении продолжительного периода обеспечивала подготовку поколений высококвалифицированных специалистов, соответствовавших требованиям своего времени, однако новые общественно-экономические отношения, а также изменение требований к современному специалисту обуславливают необходимость ее коррекции. В настоящее время интеграция рассматривается как перспективное направление совершенствования современного образования.

Основной принцип межпредметной интеграции заключается в том, что элементы знаний общеинженерных и специальных дисциплин должны конструироваться из элементов знаний фундаментальных дисциплин путем их укрупнения. При таком подходе к организации учебно-познавательной деятельности обеспечивается непрерывность и преемственность в изучении дисциплин, отсутствие дублирования материала. Однако при формировании графиков учебного процесса последнее слово остается за вузом, а конкретнее, за кафедрами. Содержание дисциплин регламентируется минимумом содержания образовательных программ, а также кафед-