

- обработка интенсификатором полиэфирно-хлопковой ткани позволяет снизить температуру крашения полиэфирной составляющей до 100°C;
  - увеличение концентрации интенсификатора при обработке ткани перед крашением с 1 до 5 г/дм<sup>3</sup> при прочих равных условиях повышает интенсивность окраски. Об этом свидетельствует визуальная оценка и анализ образцов на приборе Datascolor 650;
  - концентрации интенсификатора 1-2 г/дм<sup>3</sup> достаточно для достижения интенсивности окраски подобной той, которая получается при высокотемпературном (130°C) крашении;
  - доказано приобретение окрашенным материалом антимикробных свойств.
- Результаты проведенной работы указывают на целесообразность использования интенсификатора для крашения смешанных полиэфирно-хлопковых тканей.

Список использованных источников

1. Вирник А.Д. Придание волокнистым материалам антимикробных свойств. - М.:ЦНИИТЭИлегпром, 1972. - 64с.
2. Тимошина Ю.А. Разработка трикотажных и нетканых волокнистых материалов с антибактериальными свойствами/ Е.А. Сергеева. – Казань: КНИТУ, 2014. – 179 с.

УДК 621.762.2

## КОМПОЗИТЫ Fe/SiC, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ

*Витязь П.А., д.т.н., академик, Жорник В.И., д.т.н.,  
Ковалева С.А., Хомич Н.С., к.т.н.*

*Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь*

*Григорьева Т.Ф., д.х.н.*

*Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация*

**Ключевые слова:** механокомпози́ты, механическая активация.

**Реферат.** Приведены результаты исследований формирования структуры порошковых композитов Fe/SiC при механической активации (МА). Показано, что при обработке порошковой смеси Fe и SiC в планетарной шаровой мельнице формируются композитные частицы с глобулярной микроструктурой. Основными этапами формирования композитов являются: диспергирование более твердой и хрупкой фазы SiC; фрагментация субмикроструктуры компонентов и их деформационное перемешивание; гомогенизация фазового состава каждой частицы с равномерным распределением глобулярных частиц хрупкой компоненты в матрице пластичного Fe. Образование механокомпозитов Fe/SiC с размером хрупкой составляющей 0,3-2 мкм в условиях МА с введенной дозой механической энергии 10,8 кДж/г происходит без существенных взаимодействий между компонентами.

Механохимический подход к получению материалов с новыми свойствами является одним из наиболее востребованных и активно развиваемых методов получения высокодисперсных и наноструктурированных порошков. В реализации метод является технически простым и экологически чистым, при этом позволяет не только проводить измельчение металлов, их активацию, сплавление, но и синтезировать композиты на основе разнородных классов материалов [1]. При использовании механокомпозитов особую роль играет структурное состояние, которое определяется особенностями протекания механохимического взаимодействия компонентов и дозой введенной механической энергии.

Как известно, структура формируемых композиционных порошков в условиях интенсивных механических воздействий может отличаться в зависимости от уровня твердости материала и соотношения твердости исходных компонентов. При этом основными механизмами формирования композитов при механическом сплавлении считаются конкурирующие процессы разрушения частиц и их сварки. Различают композиции типа «пластичный-пластичный», «пластичный-хрупкий» и «хрупкий-хрупкий». В работе J.S. Benjamin [2] показано, что механическое сплавление может успешно реализоваться, если имеется не менее 15% пластичной компоненты, поскольку хрупкие частицы не свариваются, а только разрушаются.

В данной работе представлены результаты исследований влияния интенсивной механической обработки на формирование структуры порошков Fe-SiC, которые относятся к комбинации «пластичный-хрупкий».

В качестве исходных компонентов использовали порошки карбонильного железа ПЖК с размером частиц  $d_{\text{ч}}=140-180$  мкм и монокристаллического карбида кремния  $\alpha$ -SiC фракции  $d_{\text{ч}}=40-180$  мкм.

Механическую активацию композитов состава 80мас.%Fe+20мас.%SiC проводили в высокоэнергетической планетарной шаровой мельнице Активатор-2S (пр-во ЗАО «Активатор», г. Новосибирск) с энергонапряженностью  $I=3$  Вт/г, рассчитанной согласно [3], в воздушной атмосфере при водяном охлаждении в течение 5, 10, 20 и 60 мин, что соответствует дозам введенной 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  $\text{CuK}\alpha_1$  ( $\lambda = 1,5406$  Å). Расчет и уточнение профильных и микроструктурных параметров (среднего размера кристаллитов  $\langle L \rangle$  и микронапряжений  $\Delta d/d=\varepsilon$ ) выполняли с использованием функции псевдо-Фойгта (Pseudo-Voight) и проведением полнопрофильного разложения дифрактограмм в угловом диапазоне  $2\theta = 30-120^\circ$  по процедуре Pawley в ПО «TOPAS». Для исследования микроструктуры полученных образцов использовали сканирующий электронный микроскоп и оптический Микро 200 (пр-во НПО «Планар», г. Минск).

Анализ данных рентгенофазового состава показывает, что существенного взаимодействия компонентов Fe и SiC с образованием новых химических соединений при длительности МА до 60 мин ( $D=10,8$  кДж/г) не происходит (рис.1).

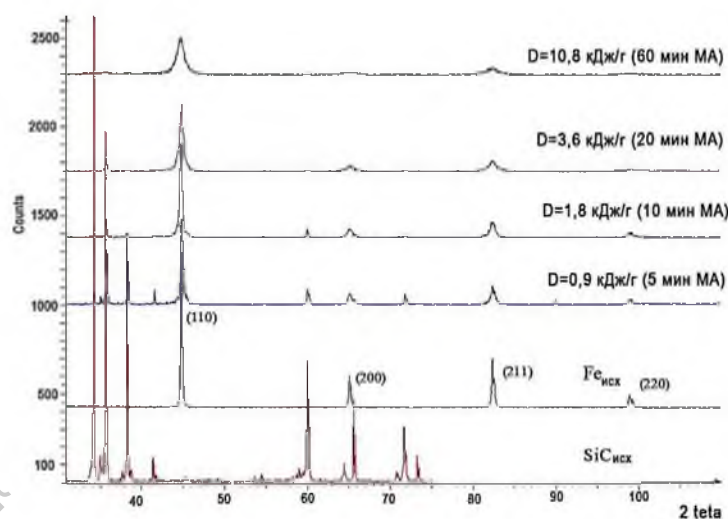


Рисунок 1 – Дифрактограммы продуктов МС порошковой смеси Fe-SiC с различной дозой введенной механической энергии

Увеличение дозы введенной механической энергии с  $D=0,9$  кДж/г до  $D=10,8$  кДж/г приводит к снижению интенсивности дифракционных отражений компонент, и особенно SiC (рис. 1), значительному их уширению, что обусловлено, по данным рентгеноструктурного анализа параметрами тонкой структуры, уменьшением размеров кристаллитов ( $\langle L \rangle_{Fe} = 160$  нм до  $\langle L \rangle_{Fe} = 12$  нм и  $\langle L \rangle_{SiC}$  до 16 нм) и ростом внутренних микронапряжений (до значений  $\epsilon_{Fe} = 1,4091\%$  и  $\epsilon_{SiC} = 0,8280\%$ ). Изменение параметров решетки 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 МА с дозой  $D=0,9-1,8$  кДж/г в смеси присутствуют как композитные частицы Fe/SiC, так и отдельные частицы Fe и SiC (рис.2). Формируется слоистая микроструктура. С увеличением значений до  $D=3,6$  кДж/г происходит утоньшение слоев с последующим равномерным распределением абразивных частиц в объеме матрицы железа и интенсивным диспергированием частиц как механокомпозитов Fe/SiC, так и включений SiC при значениях  $D=10,8$  кДж/г. Формируются композиты с глобулярной микроструктурой. Размер композитных частиц Fe/SiC снижается от  $d_{ch}=14-250$  мкм до  $d_{ch}=1,5-43$  мкм, а хрупких включений SiC – от  $d_{ch}=40-180$  мкм до  $d_{ch}=0,3-2$  мкм. В условиях МА с  $D=10,8$  кДж/г изменяется морфология композитных частиц, которые приобретают чешуйчатую форму. Морфология хрупких также меняется от осколочной до равноосной при достижении их размера ниже 0,5 мкм.

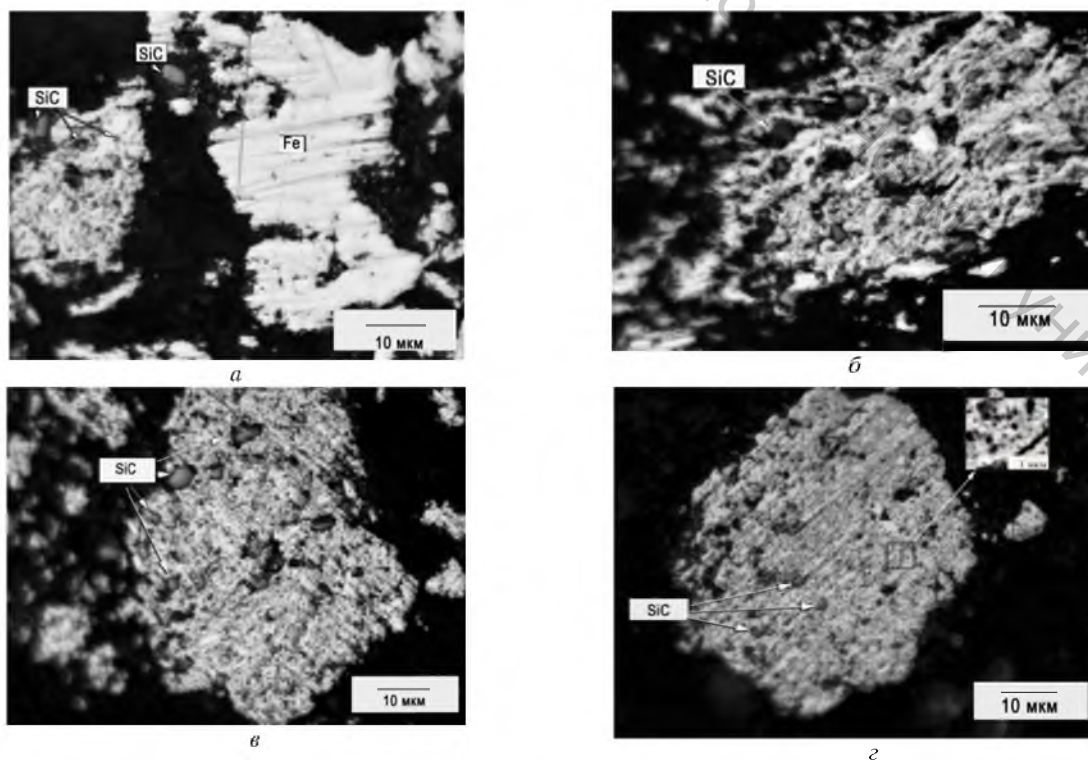


Рисунок 2 – Микроструктура композиционных частиц полученных при МА смеси Fe-SiC с дозой  $D$  (кДж/г): а – 0,9; б – 1,8; в – 3,6; г – 10,8

Основными стадиями формирования композитов являются: 1-диспергирование более твердой и хрупкой фазы; 2 – фрагментация субмикроструктуры компонентов и их деформационное перемешивание (хрупкая компонента распределяется на границах слоев пластичной составляющей, слои пластичного металла утончаются и «закручиваются»); 3 – гомогенизация химического (фазового) состава каждой частицы с равномерным распределением глобулярных частиц хрупкой компоненты в матрице пластичного.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ № Т15СО-005 и ИП №8 в рамках совместного проекта «НАНБ (БРФФИ) – СО РАН–2015» .

Список использованных источников

1. 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), 2010г. - 432 с.
2. Benjamin, J.S. Mechanical alloying // Sci. Amer. – 1976. - V. 234. - No. 5. - P. 40–48
3. Iasonna A., Magini M. Power measurements during mechanical milling. An experimental way to investigate the energy transfer phenomena // Acta Materialia. Vol.44. - No.3. - 1996. - pp.1109-1117.

УДК 677. 017. 6

## ГРАВИТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАПИЛЛЯРНОСТИ ТКАНЕЙ И НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волков В.А., проф., Азеев А.А., проф., Слабова К.Д., студ., Титов Ю.И., студ.

Московский государственный университет дизайна и технологии,  
г. Москва, Российская Федерация

**Ключевые слова:** капиллярность, краевой угол смачивания, распределение капиллярного пространства, гравитометрический метод, волокнистый состав, нетканый материал.

**Реферат.** Рассматриваются методы определения капиллярных параметров капиллярно-пористых тел на примере ткани. Предлагается гравитационный метод определения капиллярных параметров, в том числе и распределения капиллярного пространства по размерам капилляров. Определено влияние волокнистого состава нетканых стелечных материалов типа Стелан на капиллярные параметры.

**Введение.** Капиллярные свойства ткани, как известно [1] играют огромную роль в процессах облагораживания и отделки тканей и нитей, а также их модификации. Обычно капиллярность характеризуют по высоте поднятия воды за 30 мин. Но это способно привести к неправильным выводам, поскольку найденная таким методом «капиллярность» зависит не только от размера капилляров, но и от краевого угла смачивания, которые изменяются при очистке и модификации поверхности волокон [2].

В работе [3] приведен вывод и анализ уравнения Уошборна, которое позволяет рассчитать средний размер капилляров в ткани, если известна величина максимально возможного подъема жидкости по вертикальному образцу. В этой же работе предложен кинетический метод определения максимального подъема жидкости по вертикальному образцу ткани и расчета величины краевого угла смачивания. Другой вариант такого определения предложен в работе [4], в которой после разложения в ряд уравнения Уошборна получено уравнение линейной зависимости скорости подъема жидкости от высоты подъема.

В последнее время мы проводили исследования объемному поглощению жидкости и расчету распределения капиллярного пространства по размерам капилляров [5] с расчетом по специально разработанной программе для ПЭВМ [6]. Этот метод позволяет выявить важные параметры капиллярности, но его точность недостаточна, поскольку определить объем поглощенной жидкости с точностью более, чем  $0,1 \text{ см}^3$  не представляется возможным.

В этой связи нами разработан гравитометрический (весовой) метод определения капиллярных параметров капиллярно-пористых тел, точность определения количества поглощенной жидкости в котором на три порядка выше, чем в объемном методе. Схема использованной установки приведена на рис.1.

Для описания кинетики гравитационного впитывания жидкостей капиллярно-пористыми телами были получены уравнения

$$m_m \ln \frac{m_m}{m_m - m} - m = K_m t, \quad (1)$$

где  $m, m_m$  – масса поглощенной жидкости за время  $t$  и предельная масса поглощенной жидкости,  $K_m$  – константа весового поглощения жидкости.

Уравнение (1) является аналогом уравнения Уошборна для линейного поглощения жидкости [3]. Уравнение (1) неудобно для практического применения, поэтому оно было упрощено методом разложения логарифмической функции в ряд Тейлора. В результате преобразования было получено уравнение

$$m^2 = K(m_m - m)t, \quad (2)$$

которое по форме аналогично уравнению Уошборна для кинетики впитывания жидкости горизонтальными образцами

$$m^2 = Ct, \quad (3)$$

где  $C$  – константа уравнения кинетики впитывания жидкостей горизонталь-

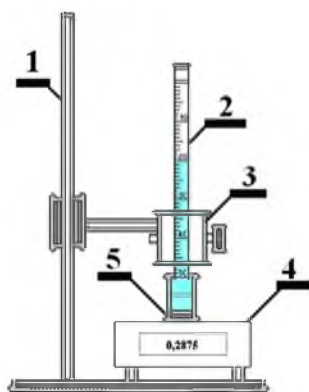


Рисунок 1 Установка для гравитационного определения капиллярности