

## Заклучение

Исследовано механическое поведение при ударном нагружении структурного композита, полученного сваркой давлением чередующихся листовых заготовок сплава ВТ6 с пластинчатой и глобулярной структурами. Показано, что повышенными значениями ударной вязкости обладают Р-образцы, что обусловлено более высокой работой распространения трещины в них. Сравнительные исследования структурного композита и слоистого материала, состоящего из заготовок с глобулярной структурой, показали, что использование заготовок с пластинчатой структурой приводит к снижению ударной вязкости Р-образцов, ударная вязкость Т-образцов исследованных материалов одинакова. Пониженное значение ударной вязкости Р-образцов структурного композита связано с более низкой работой распространения трещины в них.

## Список литературы

1. Embury J.D., Petch N.J., Wraith A.E., Wright E.S. The fracture of mild steel laminates // Trans. of Metall. S. AIME. – 1967. – V 239. – P. 114-118.
2. Райт Е.С., Левит А.П. В кн. Композиционные материалы с металлической матрицей. – Т.4. Пер. с англ. М.: Машиностроение, 1978. – С. 49-110.
3. С.М. Cepeda-Jiménez, J.M. Garcia-Infanta, M. Pozuelo, O.A. Ruano, and F. Carreño. Impact toughness improvement of high-strength aluminium alloy by intrinsic and extrinsic fracture mechanisms via hot roll bonding // Scripta Materialia. – 2009. –V 61 – P. 407-410.
4. Ганеева А.А., Круглов А.А., Лутфуллин Р.Я. Разрушение слоистого материала с различным расположением поверхностей соединения // Перспективные материалы. – 2011 – № 12. – С. 92-96.
5. Петухов А.Н. Свободная от недостатков предшественников // Двигатель. – 2005. – №5 (41).
6. Бовина Л.Р. Кинетика разрушения конструкционных материалов. М.: Наука, 1989. – 230 с.
7. Ганеева А.А., Круглов А.А., Лутфуллин Р.Я. Ударная вязкость слоистых полуфабрикатов из титанового сплава ВТ6 // Деформация и разрушение материалов. – 2009. – №12. – С. 36-40.

## АНАЛИЗ ПОРИСТОСТИ БОРИДОВ ТИТАНА ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СВС ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

<sup>1</sup>Кулак М.М., <sup>1</sup>Платонов Л.Л., <sup>2</sup>Румянцева И.Н.

<sup>1</sup>ГНУ "Институт технической акустики НАН Беларуси" г. Витебск,  
[pl\\_70@mail.ru](mailto:pl_70@mail.ru)

<sup>2</sup>ГНУ "Физико-технический институт НАН Беларуси" г. Минск

Возрастающим интенсивным нагрузкам на поверхности узлов и механизмов современного машиностроения можно использовать новые материалы с уникальными физико-механическими, электрофизическими, физико-химическими или многофункциональными свойствами. К таким материалам относятся боридные соединения, которые находят все большее применение в качестве материала для износостойких покрытий.

Перспективным направлением, позволяющим достаточно просто синтезировать новые материалы, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). С помощью СВС решаются задачи по созданию новых композиционных материалов (новые марки твердых сплавов, литая керамика и т.д.).

В работе приведены данные металлографических исследований многофазной системы титан-бор. Металлографический анализ проводили с использованием металлографического комплекса на базе микроскопа "МИКРО-200" и растрового электронного микроскопа LEO1455VP фирмы "Карл Цейс" (РЭМ).

По экспериментальным данным в результате процесса СВС конечный продукт для системы титан-бор представляет собой пористый материал, основой которого является, синтезированный борид. При наложении на процесс СВС ультразвуковых колебаний с амплитудой 5 и 10 мкм пористость материала изменяется, что наблюдается визуально по изменению формы и размеров прессовок.

Для подтверждения этих данных были проведены исследования изменения пористости (плотности). На поперечном сечении в центральной части образца, в зоне с наименьшим количеством пор, при увеличении  $200\times$  проводили съемку с последующим обсчетом количества и размеров пор в данной зоне. Из графика изменения размера и количества пор в системе Ti-B с наложением ультразвука на процесс СВС (рис. 1) следует, что при наложении ультразвука на процесс СВС уменьшается количество крупных и возрастает количество мелких пор.

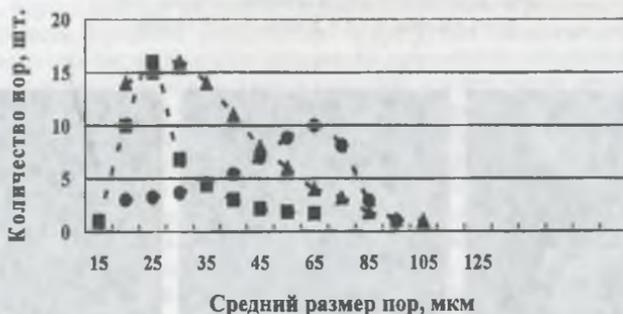
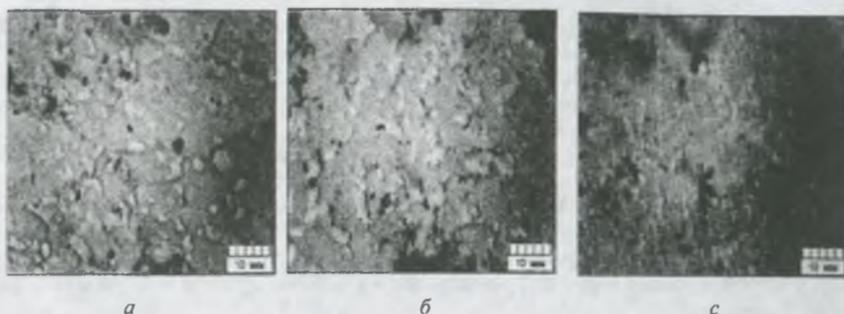


Рис. 1. Изменение размера и количества пор в системе Ti-B при наложении ультразвука на процесс СВС  
 ● — СВС; ▲ — СВС+5 мкм; ■ — СВС+10 мкм

При оптическом исследовании на нетравленных образцах выявляются две фазы (рис.2). Одна из них, основная — гладкое светлое поле (первая), другая — светлые вкрапления оплавленного вида хаотично расположенные по предполагаемым границам и по полю первой (вторая). Из снимка с относительно равномерным распределением вкраплений оплавленного вида (участки вне крупных пор) выделяем участок размерами: ширина — 44,85 мкм; высота — 36,16 мкм. После процесса СВС на указанном участке с долей площади 98,83% расположено 72 вкрапления с общей долей площади 14,13% (рис.3 а), а максимальный размер одиночного вкрапления составляет 4,75 мкм. В образце, обработанном ультразвуком с амплитудой  $\xi = 5$  мкм, на общем поле долей площади 96,93% доля площади, занимаемая 86-тью вкраплениями, составляет 17,67% (рис.3 б). Максимальный размер одиночного вкрапления составляет 9,83 мкм. В образце, обработанном ультразвуком  $\xi = 10$  мкм, на общем поле долей площади 96,34% доля площади, занимаемая 86-тью вкраплениями, составляет 3,94% (рис.3 с). Максимальный размер одиночного вкрапления составляет 1,25 мкм.

На основании проведенных исследований следует, что после СВС-процесса, количество фазы с видом оплавления составляет 1/7 часть от материала основы, при ультразвуковой обработке ( $\xi = 5$  мкм) — 1/5 часть; при ультразвуковой обработке ( $\xi = 10$  мкм) — 1/25. Т.е. при наложении ультразвуковых колебаний с амплитудой  $\xi = 5$  мкм включений стало больше, они стали крупнее и собрались в цепочки, а при наложении ультразвуковых колебаний с амплитудой  $\xi = 10$  мкм их стало меньше и их размер, уменьшился.



**Рис. 2.** Микроструктура образца системы Ti-V  
*a* -  $\xi = 0$  мкм; *б* -  $\xi = 5$  мкм; *с* -  $\xi = 10$  мкм



**Рис. 3** Маски выделения структурных составляющих фаз образца системы Ti-V  
*a* -  $\xi = 0$  мкм; *б* -  $\xi = 5$  мкм; *с* -  $\xi = 10$  мкм

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- наложение ультразвука приводит к изменению пористости синтезированных образцов;
- наложение ультразвука на процесс СВС уменьшает количество крупных и увеличивает количество мелких пор;
- наложение ультразвука приводит к перераспределению фазовых составляющих синтезированных образцов.