

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОМОДУЛЬНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО НИТРИДА БОРА В ВЫСОКОМОДУЛЬНОЙ МАТРИЦЕ КАРБИДА ЦИРКОНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ZrC/H-BN

А.Н. ГРУШКОВСКАЯ¹, Ю.А. МИРОВОЙ^{1,2}

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: ang18@tpu.ru

Композиты с керамической матрицей представляют собой материал, относящийся как к композитам, так и к керамикам, состоят из керамических включений, распределенных в керамической (оксидной, карбидной, нитридной или другой неорганической, неметаллической) термостойкой матрице [1].

Проведение испытаний на определение твёрдости по Виккерсу регламентируется ГОСТ 2999-75 [2] и ISO 6507. Использовалась нагрузка в 5 кг. Измерение размеров отпечатка для расчёта твёрдости производилось с помощью изображения, снятого при помощи растрового электронного микроскопа (РЭМ) «VEGA3 TESCAN» с установленным термоэмиссионным вольфрамовым катодом [3]. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения твердости образцов

Содержание BN в исходной смеси, %	Средняя твердость, по методу Виккерса, кгс/мм ²
0	21,468
1	13,149
3	11,626
10	10,695
15	8,986

На рисунке 1 показано изображение отпечатков индентора Виккерса в месте укола образца ZrC и ZrC-10BN.

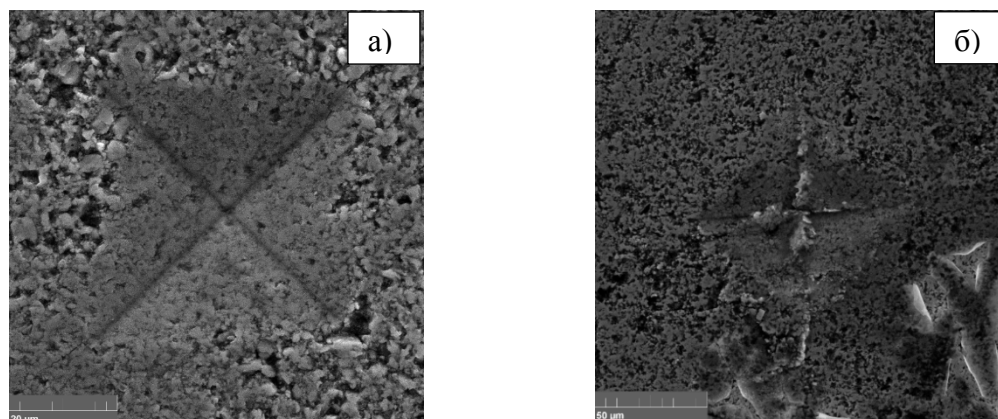
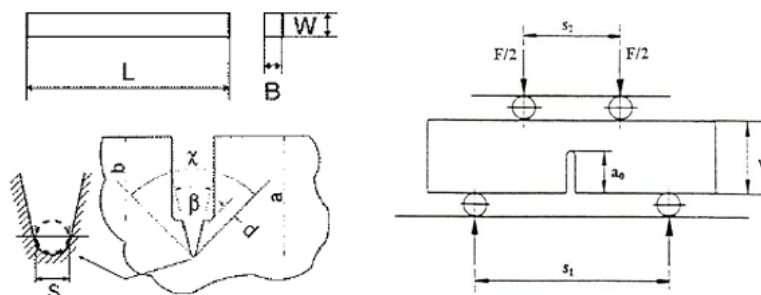


Рисунок 1 - Отпечаток Виккерса на образцах: а) на образце ZrC; б) на образце ZrC-10BN

K_{IC} определялся методом Single edge V-notch beam. SEVNB-метод заключается в формировании узкого V-образного надреза (рисунок 2) на одной из самых больших поверхностей образца, перпендикулярного длинной оси образца. Для получения V-образного профиля, первичный надрез был осуществлен с помощью электроэрозионной резки с шириной раскрытия 200 мкм, окончательный V-образный надрез был сформирован на вершине U-образного под углом 18°.



где, $a - 0,8-1,2$ мм, $b - 0,5$ мм, $c - 200$ мкм, $\beta - 18^\circ$, $L - 10$ мм

Рисунок 2 - Схематичное изображение формы V-образного надреза

Таблица 2 – Значение трещиностойкости образцов

Содержание BN в исходной смеси, %	Значения коэффициента K _{1C} , МПа* м ^{1/2} (SEVNB)
0	3,89
1	5,46
3	4,44
5	5,38
10	5,44
15	5,72

Рентгеноструктурный анализ порошков проведен на дифрактометре с использованием монохроматического Cu-K α излучения при величине катодного напряжения 20 кВ; с интервалом измерений 30 - 120°, с шагом гониометра – 0,05° и временем экспозиции – 3 сек.

Расчет областей когерентного рассеяния (ОКР) производился по формуле Дебая-Шеррера по самому интенсивному пику (D – величина ОКР, λ – длина волны рентгеновского излучения, θ – угол Вульфа-Брэгга, β_s – интегральная ширина линии, если считать, что всё уширение пика обусловлено размерами ОКР, k – коэффициент, зависящий от формы кристаллита. Коэффициент k в зависимости от формы частиц может принимать различные значения. Например, для сферических частиц k обычно принимают равным 0,9 [4].

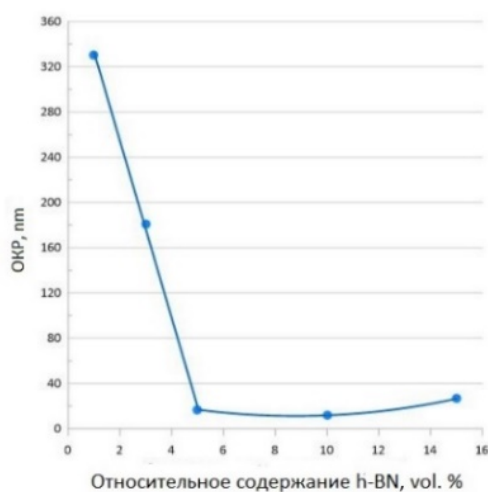


Рисунок 3 - Зависимость ОКР образца от содержания h-BN

Основываясь на полученных таким образом результатах (рисунок 3), можно отметить, что увеличение объемного содержания нитрида бора от 0 до 5% привело к резкому снижению значения размеров областей когерентного рассеяния рентгеновских лучей, однако дальнейшее увеличение содержания от 5% до 15% привело к незначительному росту ОКР. Можно предположить, что падение на первом участке может быть связано не с изменением размеров ОКР, а с появлением концентрационной неоднородности порошков.

Для понимания причин наблюдаемых эффектов, необходимо дальнейшее исследование, в частности, трибологические испытания, включающие спектроскопию Фурье, микроанализ и наноиндентирование приповерхностных слоев после трения.

Список литературы

1. Cook J., Gordon J.E., Marsh D.M. A mechanism for the control of crack propagation in all-brittle systems // Proc. R. Soc. Lond. A. – 1964. – 282. – 508-520.
2. Серия сканирующих электронных микроскопов VEGA 3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tescan.ru/products/vega-sem/> – 2017.
3. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу: дата введения 1976-07-01.
4. Scherrer P. Bestimmung der Grösse und der inneren Struktur von Kolloidteilchen mittels Röntgenstrahlen // Nachr. Ges. Wiss. Göttingen – 1918. – P. 98 – 100.

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТОМОГРАФИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Д.О. ДОЛМАТОВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: dolmatovdo@tpu.ru

Преимуществами аустенитных сталей как конструкционных материалов является их высокая коррозионная стойкость и жаропрочность. Важной частью контроля качества изделий из подобного материала является применение неразрушающего контроля, для чего широко применяются акустические методы [1].

Одной из сложностей при ультразвуковом неразрушающем контроле аустенитных сталей является высокий уровень затухания ультразвуковых волн, вызванный большим размером зерна. В этой связи, особую важность имеет корректный выбор методов и средств ультразвукового неразрушающего контроля. Целью данной работы является проверка эффективности использования ультразвуковой томографии с применением цифровой когерентной обработки сигналов антенных решеток на основе метода синтезированной апертуры для контроля материалов и изделий, изготовленных из аустенитных сталей. Интерес к данному подходу обусловлен возможностью получения результатов контроля в форме изображений дефектов высокого разрешения, по которым представляется возможным с высокой точностью определять параметры несплошностей [2].

Для этой цели была проведена серия экспериментов с использованием тестового образца толщиной 10 мм, изготовленного из стали 316L(N)-IG. Образец содержал две паза глубиной 1 мм, изготовленных на двух противоположных поверхностях образца.