

зонах и принятии решения о состоянии контролируемого объекта. Преимущества МСК перед другими низкочастотными акустическими методами НК: обнаружения дефекта на больших глубинах, контроль материалов с высокими коэффициентами затухания упругих колебаний и материалов с малыми модулями упругости.

В современных дефектоскопах, построенных на МСК определение частотного спектра осуществляется на основе дискретного преобразования Фурье (ДПФ) методом быстрого преобразования Фурье (БПФ). Основным информационным параметром дефектоскопов является разность текущего и усредненного спектра для бездефектной зоны (с учетом или без учета фазы коэффициентов ДПФ). ДПФ – является косвенным дискретным спектральным измерительным преобразованием и занимает ведущую роль среди спектральных методов измерений параметров сигналов на конечных интервалах в частотной и частотно-временной областях.

$$S_N(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{kn}; \quad W_N = \exp(-j \frac{2\pi}{N}), \quad k = \overline{0, (N-1)}, \quad (1)$$

где  $x(n)$  – дискретный измерительный сигнал,  $n = \overline{0, N-1}$ ,  $S_N(k)$  – коэффициенты ДПФ (спектр).

Системный анализ выявленных тенденций развития дискретных спектральных измерений показал, что для широкого их применения, расширения сферы их приложений необходимо развитие теоретических основ данного перспективного вида измерений. Это объясняется, прежде всего, возникновением ряда проблем, появление которых связано с проявлением специфических эффектов (*эффект частоты, эффект утечки гребешковый эффект*), сопровождающих применение ДПФ.

В работе даны теоретические основы дискретных спектральных измерений частотных спектров на основе, разработанного авторами обобщения ДПФ, в виде параметрического дискретного преобразования Фурье (ДПФ-П)

$$S_N(k, \theta) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) W_N^{(k+\theta)n}, \quad k = \overline{0, (N-1)}, \quad (2)$$

где  $x(n)$  – дискретный измерительный сигнал,  $n = \overline{0, N-1}$ ,  $S_N(k, \theta)$  – бины ДПФ-П (спектр).

Список публикаций:

- [1] Пономарев В. А., Пономарева О. В. // *Метрология*. 2017. № 1. С. 20-32.
- [2] Пономарева О. В., Пономарев А. В. // *Вестник ИжГТУ имени М.Т.Калашникова*. 2015. Т. 18. № 3. С. 88-91.
- [3] Пономарева О. В. // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2014. № 1 (23). С. 100-107.
- [4] Пономарев В. А., Пономарева О. В., Пономарева Н. В. // *Интеллектуальные системы в производстве*. 2016. № 4 (31). С. 25-31.

## **Ультразвуковой контроль материалов на основе карбида кремния, синтезированных методом искрового плазменного спекания прекерамической бумаги**

**Седанова Елизавета Павловна<sup>1</sup>**  
**Сыртанов Максим Сергеевич<sup>1</sup>**  
**Кашкаров Егор Борисович<sup>1</sup>**  
**Юровских Артем Сергеевич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

<sup>2</sup>*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Бориса Ельцина*

*Научный руководитель: Лидер Андрей Маркович, д.т.н.*

*E-mail: eps4@tpu.ru*

Одним из ключевых факторов развития любой отрасли промышленности является обеспечение безаварийной эксплуатации установок и конструкций на предприятиях. Отсюда разработка новых материалов, свойства которых отвечают требованиям к готовым изделиям и сохраняются в процессе эксплуатации изделий, не теряет своей актуальности. Перспективность применения материалов на основе карбида кремния в промышленности обусловлена физико-химическими свойствами данного соединения, среди которых можно выделить жаростойкость, конструкционную прочность при относительно небольшой плотности материала, устойчивость к коррозии [1]. Данная работа было нацелена на исследование методом ультразвукового контроля структуры материалов на основе карбида кремния,

синтезированных методом искрового плазменного спекания (ИПС). Также в рамках исследования были определены плотность и модуль Юнга материалов, исследовано влияние параметров режима спекания на их значения.

В качестве исходного материала для спекания использовалась прекерамическая бумага [2] – композиционный материал, представляющий собой матрицу из органических волокон целлюлозы и неорганического порошкового наполнителя (карбида кремния). Использование прекерамических бумаг при высокотемпературном спекании позволит получать материалы заданной формы и геометрии, а их физическо-химические свойства возможно регулировать выбором материала наполнителя.

Синтез керамических образцов осуществлялся методом ИПС при температуре 2100°C и давлении 20 МПа и 40 МПа в течение 10 минут. Было установлено, что плотность образцов, измеренная методом гидростатического взвешивания, составила 2,087 г/см<sup>3</sup> и 2,331 г/см<sup>3</sup> для образцов, спеченных при давлении 20 МПа и 40 МПа соответственно. Ультразвуковой контроль осуществлялся с использованием одноканального датчика на 10 МГц. Результаты контроля показали, что спеченный материал представляет собой целостную структуру и не содержит трещин и расслоений. Данные, полученные в процессе ультразвукового контроля, были использованы для оценки модуля Юнга резонансным методом. Полученные значения составили 289,9 МПа и 295,1 МПа для образцов, спеченных при давлении 20 МПа и 40 МПа соответственно.

Результаты исследования демонстрируют, что при высокотемпературном спекании прекерамических бумаг с наполнителем карбид кремния методом ИПС возможно получение материалов высокой прочности за небольшой промежуток времени. Также наблюдается прямая зависимость значений плотности и модуля Юнга полученных материалов от величины давления, устанавливаемого для процесса спекания.

\*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" (Уникальный идентификатор проекта.: 14.578.21.0251).

Список использованной литературы:

- [1] Мэттьюс Ф., Ролингс Р. // *Композиционные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера. 2004. С. 408.*
- [2] Travitzky N. // *Pre-ceramic Paper-Derived Ceramics. J. Am. Cer. Soc. The American Ceramic Society. 2008. 91[11]. Pp. 3477-3492.*