

Таким образом, термомагнитометрическим методом возможно определение магнитных фаз в композите из нескольких магнитных компонентов путем идентификации температуры Кюри. Так же, получена корреляция высоты весового скачка на ТГ и высоты пика на ДТГ кривых от процентного содержания компонента в композите. Установлено, что с увеличением содержания литий-титанового феррита увеличивается высота весового скачка на ТГ(М), а также происходит увеличение высоты пика на ДТГ(М) зависимости, для литий-цинкового феррита наблюдается обратная зависимость. Данная корреляция будет использоваться в будущем для проведения количественного фазового анализа магнитных материалов термомагнитометрическим методом.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.*

Список литературы:

- [1] Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М. *Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов.* – М.: Металлургия, 1979. – 472 с.
- [2] Оценка фазового состава литий замещенных ферритов с помощью термомагнитометрического анализа и математического моделирования [Электронный ресурс] = *Estimation of substituted lithium ferrite phase composition by thermomagnetic analysis and mathematical modeling* / А. П. Суржиков [и др.] // *Контроль. Диагностика.* — 2014. — № 11. — [С. 30-33]
- [3] *Investigation of the Phase Composition of Lithium-Titanium Ferrites by Thermo-Magnetometric and X-Ray Analysis [Electronic resource]* / A. L. Astafyev, E. N. Lysenko, A. P. Surzhikov // *Advanced Materials Research : Scientific Journal.* — 2015. — Vol. 1085 :
- [4] *Development of control method for ferrite phase composition using thermomagnetic analysis [Electronic resource]* / A. L. Astafyev [et al.] // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* — 2014. — Vol. 66:
- [5] *Estimation of thermomagnetometry method sensitivity for magnetic phase determination [Electronic resource]* / A. L. Astafyev, A. P. Surzhikov, E. N. Lysenko // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* — 2016. — Vol. 110

## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Беркутов Игорь Владимирович<sup>1</sup>, Кинжагулов Игорь Юрьевич<sup>1</sup>, Быченко Владимир Анатольевич<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий  
механики и оптики*

<sup>2</sup>*Учреждение науки «Инженерно-конструкторский центр сопровождения эксплуатации космической  
техники»*

*Федоров Алексей Владимирович, д.т.н.*

*berk.iv@mail.ru*

Современное развитие процессов изготовления сложных технических изделий требует внедрения новых наукоемких технологий. К такой категории можно смело отнести аддитивные технологии, которые активно внедряются в процессы производства сложнопрофильных изделий в космической и авиационной отраслях промышленности. Одной из реализаций данных технологий является метод селективного лазерного спекания (СЛС).

Микроструктура образцов изделий, полученных методом СЛС, существенным образом зависит от характеристик исходного порошка и режимов их изготовления. Лазерное выращивание имеет сходство с процессами сварки, однако, в отличие от последнего, термическое воздействие при выращивании более интенсивное и длительное, что обуславливает возникновение механических напряжений, анизотропию механических свойств и склонность к образованию трещин, а при нарушении режима или используемой фракции исходного порошка - к образованию пор. Соответственно, существует вероятность возникновения брака, что при производстве ответственных и дорогостоящих изделий недопустимо.

Особенности изделий, полученных методом СЛС, такие как анизотропия свойств, пористость, структура и дефекты зависящие от режима производства, а также отсутствие необходимого объема достоверной информации об акустических свойствах получаемых материалов и процессах возникновения разноориентированных дефектов не позволяют применить известные методики и нормативные документы по ультразвуковому контролю. Исходя из этого, в докладе представлены результаты экспериментальной

апробации ультразвукового и лазерно-ультраузвукового методов с целью оценки возможности их применения для контроля дефектов и пористости заготовок, полученных СЛС.

Исследования параметров распространения ультразвуковых волн (УЗВ) проводились с использованием ультразвуковых преобразователей с номинальной рабочей частотой от 2,5 до 10 МГц. Контроль проводился в теновом режиме с анализом формы ультразвукового импульса, а также спектра сигнала (рис. 1).

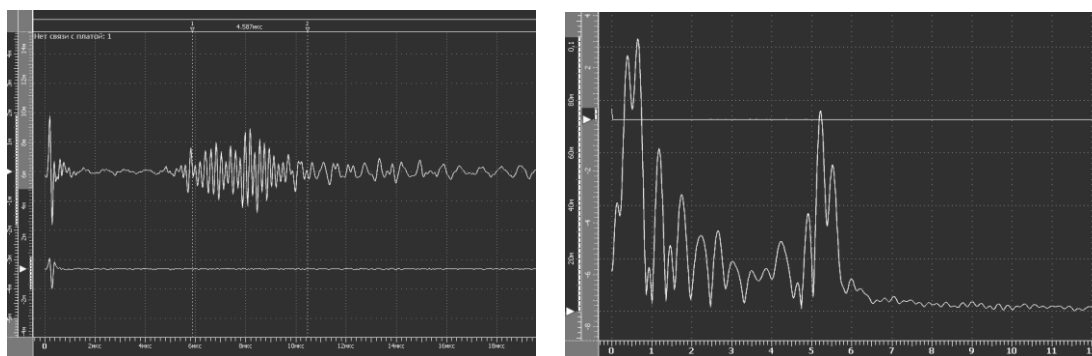


Рис.1. Форма полученного ультразвукового импульса и спектр сигнала

Несмотря на то, что прошедший сигнал сильно ослабляется, его спектр имеет хорошо выделенный максимум с малой дисперсией в данном направлении и свидетельствует о возможности проводить контроль даже в присутствии большой пористости.

Так же в ходе работ были проведены экспериментальные исследования возможности контроля деталей и изделий, полученных СЛС, лазерно-ультраузвуковым методом с использованием дефектоскопа УДЛ-2М с широкополосными оптоакустическими преобразователями.

Лазерно-ультраузвуковое оборудование используется для прецизионных измерений времени пробега ультразвукового импульса в материале изделий. При известной толщине изделия это позволяет определять с высокой точностью скорость распространения продольных ультразвуковых волн. Так же лазерно-ультраузвуковой метод может быть применим и для контроля сплошности объекта. Акустическое изображение одного из исследованных образцов приведено на рис. 2.

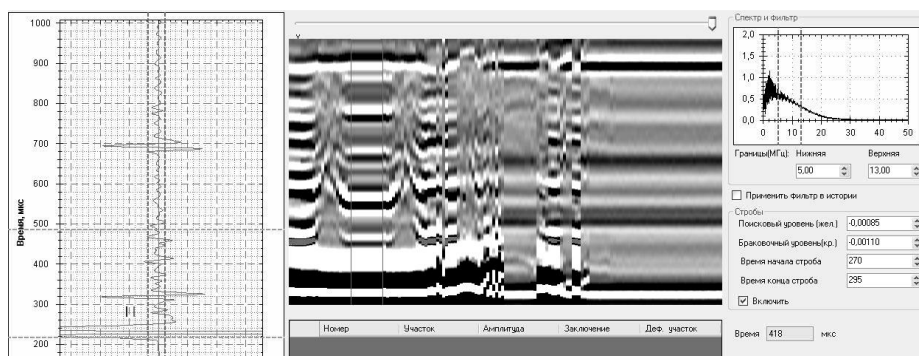


Рис.2. Акустическое изображение исследованного образца

Результаты экспериментальных исследований показали, что кроме учета анизотропии свойств объекта контроля, высокоточное измерение скорости распространения УЗВ позволяет оценить состояние материала и его соответствие заданным требованиям как по завершении производства так и на различных стадиях дополнительных обработок. Данный подход позволяет оценить соблюдение режимов производства и последующих обработок.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МАГНИТОПОРОШКОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Чеснокова Александра Алексеевна  
Ярославский государственный технический университет  
Калаева Сахиба Зияддин кзы, к.т.н  
Shurochka1802@yandex.ru