

5. Alfyorova E.A., Lychagin D.V. Deformation relief in crystals as a way of stress relaxation. // Letters on Materials – 2017. –Vol. 7. (2). – P. 155–159.
6. Lychagin D V., Alfyorova EA. Slip as the basic mechanism for formation of deformation relief structural elements. // Physics of Solid State – 2017. –Vol. 59 (7) – P.1433–1439.
7. Alfyorova E.A., Lychagin D.V. Self-organization of plastic deformation and deformation relief in FCC single crystals. // Mechanics of Materials – 2018 –Vol. 117 – P.202–213.
8. Kuznetsov V.P., Smolin I.Y., Dmitriev A.I., Tarasov S.Y., Gorgots V.G. Toward control of subsurface strain accumulation in nanostructuring burnishing on thermostrengthened steel. // Surface and Coatings Technology – 2016 – Vol. 285 –P. 171–178.
9. Huang B., Kaynak Y., Arvin C., Jawahir I.S. Improved surface integrity from cryogenic machining of Al 7050-T7451 alloy with ultrafine-grained structure. // Advances in Materials and Processing Technology – 2015 – Vol.1 –P.361–374.
10. Bayat Asl Y, Meratian M., Emamikhah A., Mokhtari Homami R., Abbasi A. Mechanical properties and machinability of 6061 aluminum alloy produced by equal-channel angular pressing // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture –2015 –Vol. 229 – P.1302–1313.

ПОЛУЧЕНИЕ ТУГОПЛАВКИХ НИТРИДОВ НИОБИЯ И ТАНТАЛА И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*А.О. Чудинова, аспирант, А.П. Ильин, д.ф.-м.н., проф.
Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, Россия,
E-mail: chudinova.1509@mail.ru*

В настоящее время в аддитивных технологиях используются различные методы: электронно-лучевое сплавление, электродуговое напыление и др., а также множество комбинированных методов, сочетающих множество воздействий различными физическими полями. В то же время недостаточное внимание уделяется получению материалов для самих аддитивных технологий.

Получение тугоплавких нитридов в воздухе в условиях теплового взрыва смесей нанопорошка алюминия с оксидами металлов представляет как практический интерес для материаловедения, так и для теории реакционной способности воздуха при высоких температурах.

Цель работы: получение тугоплавких нитридов ниобия и тантала синтезом сжиганием смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидами ниобия и тантала.

В таком методе для получения нитридов используется азот воздуха, и процесс синтеза осуществляется при атмосферном давлении [1-3]. Установлены, корреляционные зависимости выхода нитридов для разных соотношений нанопорошка алюминий с соответствующими пентаоксидами.

Для выполнения качественного и количественного фазового анализа использовали дифрактометр «Дифрей-401» [4]. Обработку рентгенограмм проводили по стандартному методу сравнения рефлексов с данными картотеки ASTM (Американское общество испытаний материалов) с рефлексами исследуемого материала. Дифференциальный термический анализ (ДТА) проводили с использованием термоанализатора SDT Q600 Научно-аналитического центра ТПУ [5].

В работе достигнут выход нитрида ниобия $Nb_2N = 47$ отн. %, нитрида тантала $Ta_2N = 54$ отн. %. Анализ синтезированных нитридов показал, что основное количество частиц продуктов синтеза (95-98 %) составляют частицы с характерными размерами меньше 1 мкм.

В состав продуктов сгорания входят также нитрид алюминия AlN , $\alpha-Al_2O_3$, $\gamma-Al_2O_3$. Такой состав перспективен для электродугового и плазменного нанесения защитных покрытий на детали устройств, работающих в экстремальных условиях (лопатки турбин авиационных двигателей; сопла ракетных двигателей, в материалах, использующихся в реакторах).

С помощью дифференциального термического анализа была оценена реакционная способность исходного нанопорошка алюминия и исследуемых смесей на основании следующих параметров: степень окисленности (α , %), температура начала окислительного процесса ($T_{но.}$, °C), удельное тепловыделение (ΔH , кДж/г) и максимальная скорость окисления ($V_{ор}$, мг/с). Типичная термограмма смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом тантала представлена на рисунке 2.

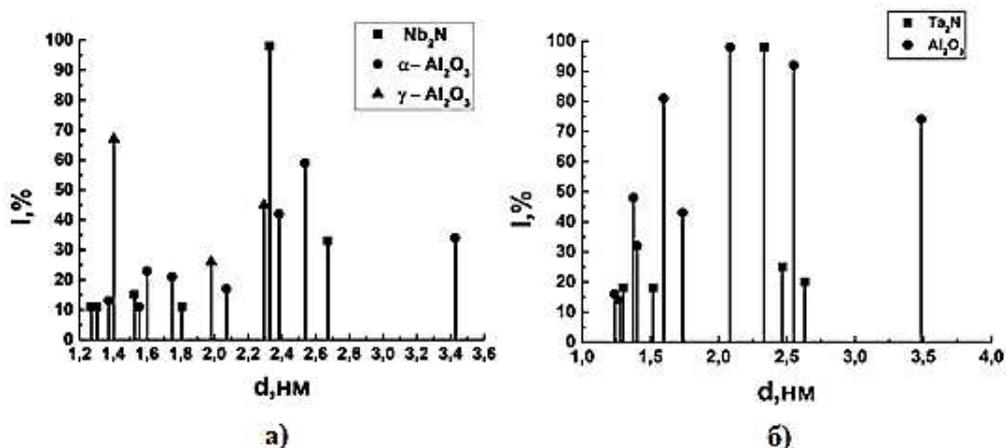


Рис. 1. Рентгенограммы продуктов сгорания в воздухе смесей: а) НП Al : Nb₂O₅ = 3:1; б) НП Al : Ta₂O₅ = 4:1

Из полученных данных ДТА следует, что температура начала окислительного процесса для всех смесей намного выше комнатной температуры и составляет более 400 °С, поэтому исследуемые смеси непирофорны.

Таким образом, применение тугоплавких нитридов ниобия и тантала позволяет осуществить полный цикл получения и нанесения как однослойных, так и многослойных защитных покрытий с повышенными термическими и механическими характеристиками.

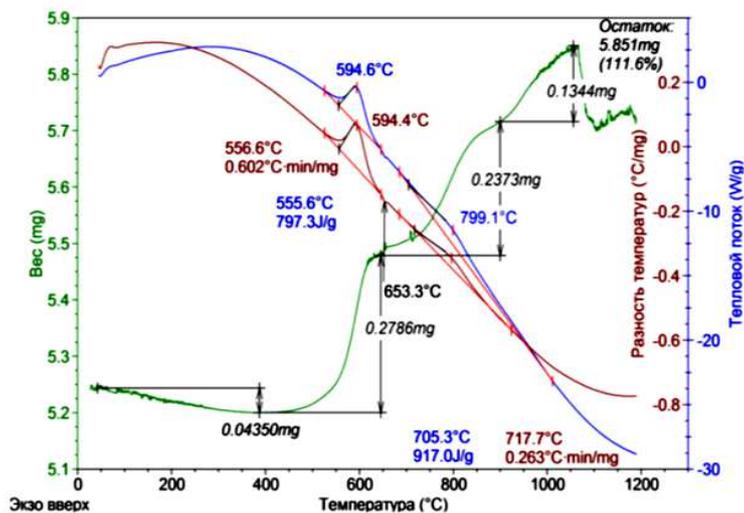


Рис. 2 – Термограмма смеси нанопорошка алюминия с пенаксидом тантала с массовым соотношением 4:1 (атмосфера – воздух, скорость нагрева 10 °С, вес – 5,851 мг)

Работа выполнена при поддержке Государственного задания «Наука», проект № 11.1928.2017/4.6.

Список литературы

1. Ильин А.П., Рот Л.О. Новый механизм высокотемпературного химического связывания азота воздуха // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6-6. – С. 1377-1381.
2. Alexander Pyin, Andrei Mostovshchikov and Liudmila Root. The Resource-Saving Technology of Aluminum Nitride Obtaining During Combustion of Aluminum Nanopowder in Air [Electronic resource] / A. P. Ilyin, A. V. Mostovshchikov, L. O. Root // *MATEC Web of Conferences*. — 2016. — Vol. 85 : Chemistry and Chemical Technology in XXI Century (CCT 2016).
3. Самсонов Г.В. Нитриды / Г.В. Самсонов // Киев: Наукова думка, 1969. – 377 с.

4. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, 1976. – 232 с.
5. Уэндландт У. Термические методы анализа. – М.: Мир, 1978. – 218 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСЧЕТА В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЧНЫХ
ФАЗИРОВАННЫХ РЕШЕТОК В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ И МАШИН**

*Д.О. Долматов, Д.А. Седнев, к.т.н.
Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: dolmatovdo@tpu.ru*

Повышение достоверности результатов эхо-метода ультразвукового контроля является одним из важнейших направлений развития данного вида дефектоскопии, который широко применяется в машиностроении. Получение трехмерной визуализации внутренней структуры объекта контроля возможно с использованием ультразвуковых томографов, в которых используются матричные фазированные решетки. В данной работе предлагается алгоритм пространственно-временной обработки эхо-сигналов, зарегистрированных элементами матричной фазированной решетки.

Ultrasonic nondestructive testing is used extensively in mechanical engineering. The development of systems of ultrasonic testing is conditioned by the necessity to increase the reliability of the inspection results. The obtaining of three-dimensional visualization of an internal structure of a controlled object is possible via the application of ultrasonic tomographic systems with matrix phased arrays. In this work, the post-processing algorithm of ultrasonic data registered by the elements of matrix phased array is proposed.

Эхо-метод ультразвукового неразрушающего контроля является одним из наиболее распространенных методов дефектоскопии материалов и изделий в различных областях машиностроения. Современное развитие данного метода неразрушающего контроля связано с необходимостью повышения достоверности его результатов. В этой связи большой интерес представляют ультразвуковые томографы с постобработкой зарегистрированных эхо-сигналов. Такие системы позволяют получать синтезированные изображения внутренней структуры объектов контроля, по которым возможно с высокой точностью определить форму и размер дефектов, оценить степень их влияния на функционирование образца. Получение синтезированных изображений осуществляется за счет пространственно-временной обработки эхо-сигналов с использованием специальных алгоритмов, основанных на методе синтезированной апертуры.

Преимуществом применения в ультразвуковых томографах матричных фазированных решеток является возможность получения трехмерных синтезированных изображений внутренней структуры объектов контроля в одной измерительной позиции. Для получения изображений высокого качества регистрация акустических данных должна осуществляться в режиме двойного сканирования, предусматривающий использование полного набора возможных комбинаций приемник/передатчик и обеспечивающий получение исчерпывающей информации о внутренней структуре объекта контроля [1]. Тем не менее, такой подход связан с большим объемом требуемых вычислений, необходимых для получения синтезированных изображений [2]. Это серьезно ограничивает применение на практике ультразвуковых томографов с матричными фазированными решетками. Одним из решений данной проблемы является разработка и использование вычислительно эффективных алгоритмов пространственно-временной обработки эхо-сигналов.

В ряде областей науки и техники, близких по своим принципам к ультразвуковому неразрушающему контролю (например, гидролокация и сейсмология), широкое распространение получили алгоритмы, основанные на расчетах в частотной области [3,4]. В случае эхо-метода ультразвукового контроля адаптация существующих в других областях подходов возможно только при условии учета его особенностей:

возможное наличие сред с различными акустическими свойствами на пути распространения акустических волн, обусловленное типом применяемого акустического контакта и свойствами объекта контроля; объект контроля является ограниченной областью пространства.

В рамках данной работы был разработан алгоритм расчета в частотной области для ультразвуковой томографии с использованием матричных фазированных решеток. Предложенный алгоритм основан на методе фазового сдвига и интерполяции Столта [5,6].

Для проверки эффективности разработанного алгоритма применялись данные, полученные с использованием компьютерных симуляций, которые проводились в программном пакете CIVA 2016,