

Elemental analysis of impurities in composite materials

Protective coatings based on the system of titanium (Ti) and aluminum (Al) are used in the manufacturing industry for processing cutting parts of tools (Fig. 1). Composite material $Ti_{1-x}Al_xN$, which is applied both in the form of a monolayer and multilayer coating, improves thermal stability and resistance to oxidation. Also, due to the combination of unique electrophysical and optical characteristics, structural modifications of AlN find wide application as various functional environments in modern micro-, nano- and optoelectronics.

The production of composite materials for tool-making purposes faces significant technical and economic difficulties (pressure 8–10 GPa and

temperature up to 1700–2200 K). To reduce the pressure and temperature of their synthesis, various reaction mixtures consisting of cubic boron nitride and a binder are used. In the process of thermobaric sintering, composite materials for various tool-making purposes are formed from these mixtures. At present, the world scientific community takes a comprehensive approach to the choice of composite materials. There are studies on the use of titanium- and aluminum-containing binders, and recently investigations have begun on the combined use of titanium- and aluminum-containing components of binders. However, no investigations have been conducted to study the elemental and



Fig. 1

Composite materials protect the cutting tools. Source: <https://pxhere.com/ru/photo/937445>

Рис. 1

Композитные материалы защищают режущие инструменты. Источник: <https://pxhere.com/ru/photo/937445>

Элементный анализ примесей в композитных материалах

Защитное покрытие на основе системы титана (Ti) и алюминия (Al) используется в обрабатывающей промышленности для обработки режущей части инструмента (рис. 1). Композиционный материал $Ti_{1-x}Al_xN$, который используется как в виде монослойного, так и мультислойного покрытия, улучшает термостабильность и стойкость к окислению. Также благодаря сочетанию уникальных электрофизических и оптических характеристик структурные модификации AlN находят широкое применение в качестве различных функциональных сред современной микро-, nano- и оптоэлектроники.

Получение композиционных материалов инструментального назначения связано со значительными технико-экономическими трудностями (давление 8–10 ГПа и температур до

1700–2200 К). Для снижения давления и температуры синтеза используются различные реакционные смеси, состоящие из кубического нитрида бора и связки. В процессе термобарического спекания из данных смесей формируются композиционные материалы различного инструментального назначения. В настоящее время мировая научная общественность всесторонне подходит к выбору композиционных материалов. Существуют работы по использованию титаносодержащих и алюминийсодержащих связок, а в последнее время начались исследования по совместному использованию титан- и алюминийсодержащих компонентов связок. Исследования по изучению элементного и примесного состава синтезируемых композитов не проводились.

Синтез композиционных материалов про-

impurity composition of synthesized composites.

The synthesis of composite materials was performed at the Scientific and Practical Materials Research Centre of the NAS of Belarus (Minsk). Samples of the B-N-Al-Ti system were synthesized from elemental Al, Ti and hexagonal modification of BN (in the ratio Al:Ti:BN=0.25:0.25:0.50 by weight) under high pressure from 2.0 to 5.0 GPa and at different temperatures from 500°C to 2000°C. X-ray diffraction data for B-N-Al samples showed that starting from a temperature of 1500°C and 2000°C and at a pressure of 5.0 GPa, the formation of Al_xNy , Ti_xNy phase, and the phase transition of hexagonal BN into cubic BN modification (Fig. 2) are observed.

Using neutron activation analysis (NAA), we determined the elemental composition of the synthesis equipment components (heater, container, plug), burden materials, and synthesized composite

materials. The study of the elemental composition of composite materials revealed that out of 40 elements found in the synthesis equipment components, only 8 migrate to composites (Mn, Br, Sr, Zr, Sb, La, Sm, Hf). Out of 34 elements determined in the burden materials, 27 were identified in the synthesized composites. It was found that the elements accumulate in the samples in different ways. For example, Sr, Sm, Hf, Th and U migrate into the depth of the sample. V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Sb, Ta, U accumulate in the upper layers along the width (diameter).

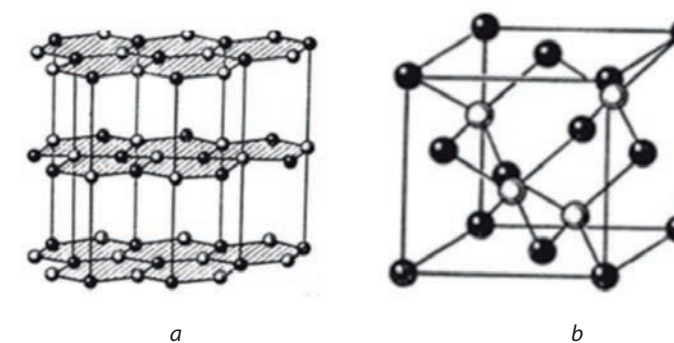
The study revealed that the optimal conditions for the synthesis of B-N-Al-Ti-based composite materials are a temperature of 2000°C and a pressure of 5.0 GPa. The obtained results can be used in modeling diffusion processes, as well as in describing solid-phase doping in the sintering process.

Fig. 2

Forms of boron nitride (a) hexagonal, (b) cubic.

Рис. 2

Формы нитрида бора (а) гексагональная, (б) кубическая.



водился в Научно-практическом центре Национальной академии наук Беларуси по материаловедению (г. Минск). Получение образцов системы B-N-Al-Ti проводилось из элементарных Al, Ti и гексагональной модификации BN (в соотношении Al:Ti:BN=0.25:0.25:0.50 по массе) под разным значением высокого давления от 2.0 до 5.0 ГПа, при разных значениях температуры от 500°C до 2000°C. Данные рентгеновской дифракции образцов системы B-N-Al показали, что в образцах начиная с температуры 1500°C и 2000°C и при давлении 5.0 ГПа идет образование фазы Al_xNy , Ti_xNy и присутствует фазовый переход гексагонального BN в кубическую модификацию BN (рис. 2).

С помощью нейтронного активационного анализа (НАА) элементный состав был определен в элементах оснастки (нагреватель, контейнер, заглушка), компонентах исходной шихты, синтезированных композиционных материалах.

Исследование элементного состава композитных материалов показало, что из 40 элементов, обнаруженных в оснастке, только 8 мигрируют в композиты (Mn, Br, Sr, Zr, Sb, La, Sm, Hf). Из 34 элементов, содержащихся в шихте, 27 были найдены в полученных композитах. Было обнаружено, что элементы по-разному аккумулируются в образцах; так, например, Sr, Sm, Hf, Th и U мигрируют в глубину образца. В верхних слоях по ширине (диаметру) аккумулируются V, Cr, Fe, Co, Ni, Zn, Sb, Ta, U.

В результате работы было установлено, что оптимальными условиями для синтеза композитных материалов на основе B-N-Al-Ti является температура 2000°C и давление 5.0 ГПа. Полученные результаты могут быть использованы в моделировании диффузионных процессов, а также в описании твердофазного легирования в процессе спекания.