

## СТАБИЛЬНОСТЬ К ТЕМПЕРАТУРНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ КВАЗИКРИСТАЛЛОВ Al–Co–Ni И Al–Cu–Fe ПРИ ПРОПИТКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сыроватко Ю. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Днепропетровский филиал государственного учреждения «Институт охраны почв Украины», г. Днепр, Украина  
E-mail: [yu.syrovatko@gmail.com](mailto:yu.syrovatko@gmail.com)

## STABILITY TO TEMPERATURE INFLUENCES OF Al–Co–Ni AND Al–Cu–Fe AT THE INFILTRATION OF COMPOSITES

Syrovatko Yu. V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Dnipropetrovsk Branch of Public Institution Soil Protection Institute, Dnipro, Ukraine

The heat capacity of decagonal and icosahedral phases quasicrystals of the Al–Co–Ni or Al–Cu–Fe alloys was calculated at the high temperatures. The deviation of heat capacity from the 3R Dulong-Petit value is observed, which means that these phases are stable, and decagonal phase is more stable.

В последние годы особое внимание уделяют созданию композиционных материалов, упрочненных квазикристаллическими сплавами-наполнителями [1]. Благодаря комбинации свойств пластичной связки и квазикристаллического сплава-наполнителя можно создать композиционные материалы с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для работы в условиях сухого трения и действия кислых сред.

Сплав  $Al_{72}Co_{18}Ni_{10}$  содержит квазикристаллическую декагональную фазу, а сплав  $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$  – квазикристаллическую икосаэдрическую фазу. Также в квазикристаллических сплавах присутствуют кристаллические фазы. В ходе пропитки композиционных материалов при высоких температурах в расплавленной связке преимущественно растворяются кристаллические фазы сплавов-наполнителей  $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$  или  $Al_{72}Co_{18}Ni_{10}$  [2]. Это говорит о большей стабильности квазикристаллических фаз к температурным воздействиям по сравнению с кристаллическими. Поэтому выбор квазикристаллических наполнителей для создания композиционных материалов является перспективным. Однако квазикристаллическая икосаэдрическая фаза сплава  $Al_{62}Cu_{24,5}Fe_{13,5}$  разрушается при температурах около 1100 К, что ограничивает использование данного сплава. Декагональная фаза остается стабильной до температур около 1400 К. Для объяснения этого явления рассмотрим теплоемкость фаз.

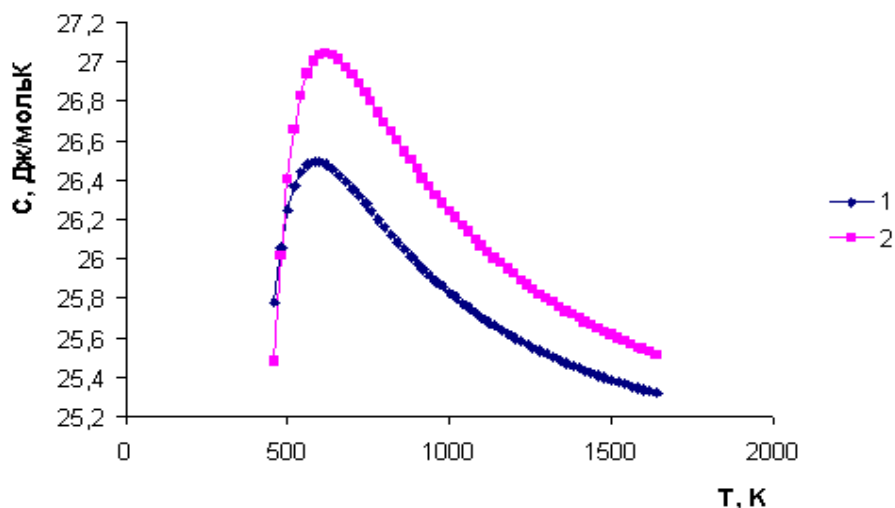


Рис. 1. Температурная зависимость теплоемкости квазикристаллической фазы: 1 – икосаэдрической фазы сплава Al–Cu–Fe; 2 – декагональной фазы сплава Al–Co–Ni.

Теплоемкость является основной энергетической величиной, отображающей стабильность фаз к температурным воздействиям. Теплоемкость квазикристаллических фаз при высоких температурах имеет повышенные значения и превышает уровень Дюлонга-Пти ( $25 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ) [3], что обуславливает большую стабильность квазикристаллических фаз. Повышенная теплоемкость декагональной фазы является следствием анизотропии ее структуры. Эти кристаллы имеют квазипериодическое строение в направлениях  $x$  и  $y$  и периодическое строение в направлении  $z$ . Свободная энергия декагональной квазикристаллической фазы будет выражаться с учетом различия дисперсионных законов [4], а именно квадратичного в плоскости  $xy$  и линейного в направлении  $z$ . Кристаллы икосаэдрической фазы имеют квазипериодическое строение во всех направлениях, соответственно дисперсионные законы будут квадратичными [4]. Используя термодинамические равенства, получим выражения теплоемкости  $C$  [5] для декагональной фазы  $C=3R(1+\theta^2/4T^2-9\theta^3/40T^3+3\theta^4/20T^4-5\theta^5/56T^5)$  и для икосаэдрической фазы  $C=3R(1+\theta^2/6T^2-9\theta^3/64T^3+9\theta^4/100T^4-5\theta^5/96T^5)$ , где  $\theta$  – температура Дебая,  $T$  – температура,  $R$  – газовая постоянная. Графики зависимости теплоемкости от температуры для декагональной и икосаэдрической фаз приведены на рис.1. Температура Дебая квазикристаллических фаз сплавов около 600 К.

Из рисунка видно, что теплоемкость декагональной фазы превышает значение  $3R$  ( $25 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ) при температурах около 480–1400 К, а икосаэдрической – при 460–1100 К. Поэтому декагональная фаза является более стабильной, чем икосаэдрическая, что обуславливает перспективность преимущественного использования сплава Al–Co–Ni в составе композиционных материалов.

1. Zhenyuan, L., Naoran G., Haiou Q., Applied Mechanics and Materials, 55, 1022-1027 (2011).

2. Сухова Е. В., Сыроватко Ю. В., Вісник Дніпропетровського університету. Серія ракетно-космічна техніка, 21(4), 113-121 (2013).
3. Прекул А. Ф., Казанцев В. А., Щеголихина Н. И., Гуляева Р. И., Эдагава К., Физика твердого тела, 50(11), 1933-1935 (2008).
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, Наука (1976).
5. Sukhova O.V., Syrovatko Yu.V., Journal of Physics and Electronics, 26(1), 35-38 (2018).

## **ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК С ПОМОЩЬЮ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ**

Цыкарева Ю.В.<sup>1</sup>, Капустин С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Северный Арктический федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Архангельск, Россия  
E-mail: [aisonoka@gmail.com](mailto:aisonoka@gmail.com)

## **ALTERATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF THIN FILMS BASED ON CARBON NANOTUBES THROUGH CHEMICAL MODIFICATION**

Tsykareva Yu.V.<sup>1</sup>, Kapustin S.N.<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Thin films based on CNTs of various types and sizes and the effect of the degree of purification and functionalization on the electrophysical properties of CNT films will be studied. A comparison of the obtained data with the previous studies' data will be made and an explanation will be offered.

Углеродные нанотрубки (УНТ) – перспективный материал для наноэлектроники и проводящих композитов за счет своих уникальных электрофизических свойств. Пленки из УНТ, функционализированных или декорированных УНТ, из полимеров с УНТ представляют большой интерес в различных сферах, в частности, для создания саморазогревающихся антиобледенительных покрытий для их использования в условиях Арктики [1]. В данной работе исследуются пленки на основе УНТ различных марок (Taunit-MD, Taunit-M и ранее не использовавшиеся в наших работах Tuball), типов и размеров. Такие пленки будут рассматриваться как перколяционная сеть. Будет изучено влияние степени очистки и степени функционализации на электрофизические свойства пленок из УНТ. Будет проведено сравнение полученных данных с данными предыдущих работ и предложено объяснение полученным данным.

Проводимость и ширина запрещенной зоны УНТ определяется в основном ее хиральностью. Ранее [2] была исследована возможность модификации этих