

*М.Н. ИВАШУРА*, канд. с.-х. наук, доц., НФаУ, Харьков

## ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУР СЛУЖБЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С КОБАЛЬТОВОЙ ИЛИ НИКЕЛЕВОЙ МАТРИЦЕЙ И КОРУНДОВЫМ ВОЛОКНОМ

В статье представлены результаты расчетов температур и составов эвтектик в композиционных материалах с кобальтовой или никелевой металлической матрицей и корундовым волокном. Установлено субсолидусное строение трехкомпонентных систем Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Приведены графические изображения эвтектических бинарных и тройных систем. Установлено, что для получения композиционных материалов с металлической никелевой или кобальтовой матрицей и корундовым волокном оптимальными являются области трехкомпонентных систем Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ограниченные соединениями (Ni, Co) – (NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Ключевые слова:** температура службы, эвтектика, трехкомпонентная система, сечение, композиционный материал, металлическая матрица, кобальт, никель.

Композиционные материалы применяют во многих отраслях промышленности и прежде всего, в авиации, ракетной и космической технике, где особенно большое значение имеет снижение массы конструкций при одновременном повышении прочности и жесткости. Благодаря высоким удельным характеристикам прочности и жесткости их используют при изготовлении, например, горизонтальных стабилизаторов и закрылков самолетов, лопастей винтов и контейнеров вертолетов, корпусов и камер сгорания реактивных двигателей и др. Использование композиционных материалов в конструкциях летательных аппаратов уменьшило их массу на 30 – 40 %, увеличило полезную нагрузку без снижения скорости и дальности полета [1 – 3].

В настоящее время композиционные материалы применяют в энергетическом турбостроении (рабочие и сопловые лопатки турбины), автомобилестроении (кузова автомобилей и рефрижераторов, детали двигателей), машиностроении (корпуса и детали машин), химической и фармацевтической промышленности (автоклавы, цистерны, емкости), судостроении (корпуса лодок, катеров, гребные винты) и др [4].

Особые свойства композиционных материалов позволяют использовать их в качестве электроизоляционных материалов (органоволокниты), радиопрозрачных обтекателей (стекловолокониты), подшипников скольжения (кар-

© М.Н. Ивашура, 2014

боволокниты) и других деталей.

Преимуществом композиционных материалов на металлической основе являются более высокие значения характеристик, зависящих от свойств матрицы. Это, прежде всего, временное сопротивление и модуль упругости при растяжении в направлении, перпендикулярном оси армирующих волокон, прочность при сжатии и изгибе, пластичность, вязкость разрушения. Кроме того, композиционные материалы с металлической матрицей сохраняют свои прочностные характеристики до более высоких температур, чем материалы с неметаллической основой. Они более влагостойки, негорючи, обладают электрической проводимостью.

Наиболее перспективными материалами для матриц металлических композиционных материалов являются никель и кобальт, широко применяемые в настоящее время в качестве основного компонента жаропрочных сплавов. Упрочнение никеля, кобальта и их сплавов волокнами В, С,  $Al_2O_3$  повышает стоимость композиционных материалов, но при этом эффективнее улучшаются некоторые свойства: например, при армировании борными волокнами модуль упругости увеличивается в 3 – 4 раза, углеродные волокна способствуют снижению плотности [5, 6].

Основная задача при создании композиционных материалов с металлической матрицей заключается в повышении рабочих температур выше  $1000\text{ }^{\circ}C$ . Поэтому целью данной работы является установление температур и составов эвтектик в бинарных и тройных сечениях трехкомпонентных металлсодержащих системах  $Ni - NiO - Al_2O_3$  и  $Co - CoO - Al_2O_3$ .

В состав данных систем, кроме образующих их компонентов, входят соединения  $NiAl_2O_4$  и  $CoAl_2O_4$ , которые однозначно сосуществуют с металлом из геометро-топологических положений.

Исходя из этого строение данных трехкомпонентных систем в области субсолидуса представлено на рис. 1.

Для оценки поверхностей ликвидуса, температур и составов бинарных и тройных эвтектик чаще всего используется метод Эпштейна-Хауленда [7]. Исходные данные для расчета представлены в табл. 1 [8, 9].

Характеристики эвтектических точек систем приведены в табл. 2 и на рис. 2 – 4.

Анализ полученных данных указывает на идентичность построения эвтектических сечений как трехкомпонентных систем  $Ni - NiO - Al_2O_3$  и  $Co - CoO - Al_2O_3$ , так и их бинарных и тройных сечений.

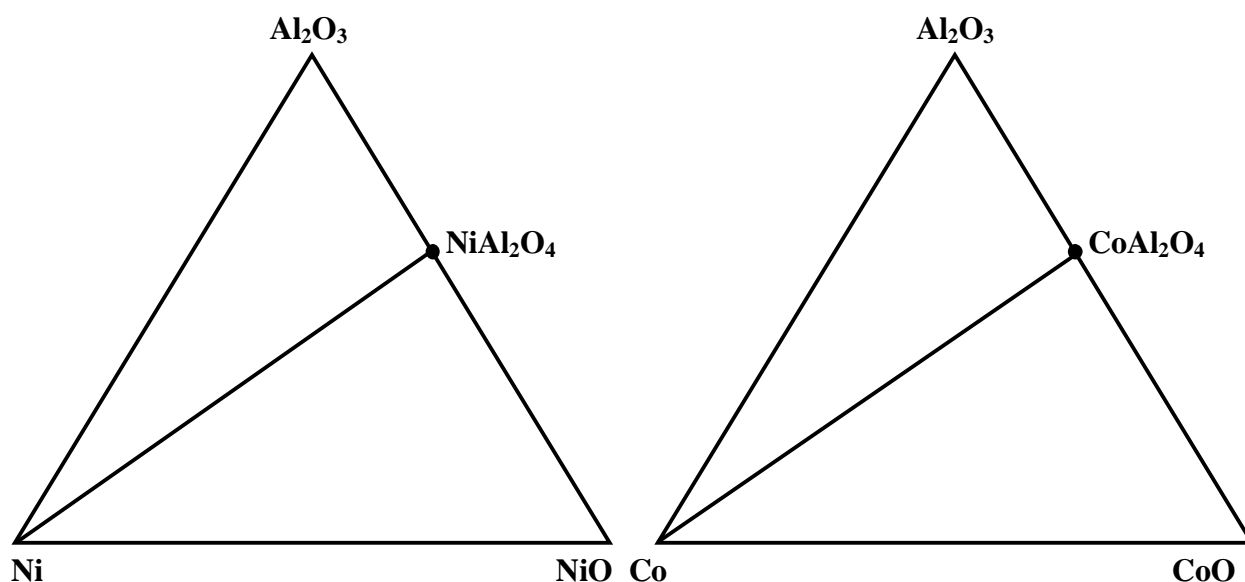


Рис. 1 – Структура трехкомпонентных систем Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в области субсолидуса

Таблица 1 – Исходные данные для расчета температур и составов эвтектик в трехкомпонентных металлсодержащих системах Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Соединение	Количество атомов в соединении	Температура плавления, °С
Ni	1	1455
Co	1	1495
NiO	2	1682
CoO	2	1747
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	2050
NiAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7	2110
CoAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	7	1980

Таблица 2 – Характеристики эвтектических точек в трехкомпонентных металлсодержащих системах Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

№ п/п	Сечение	T <sub>эвт</sub> , °С	Состав эвтектики*, мол. %		
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	Ni – NiAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1379	95,5	4,5	-
2	Co – CoAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1369	92,6	7,4	-
3	Ni – NiO – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	965	84,2	10,2	5,6
4	Co – CoO – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	998	84,1	4,2	6,7
5	Ni – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – NiAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1279	89,2	2,4	8,4
6	Ni – NiO – NiAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	972	67,8	32,0	0,2
7	Co – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – CoAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1282	87,2	8,5	4,3
8	Co – CoO – CoAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1005	68,2	0,5	31,3

\* Примечание: X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> – соединения соответствующего сечения анализируемой системы

При этом в тройных системах можно получать композиционные материалы на основе корундового волокна с металлической матрицей для температур службы не выше 950 °С.

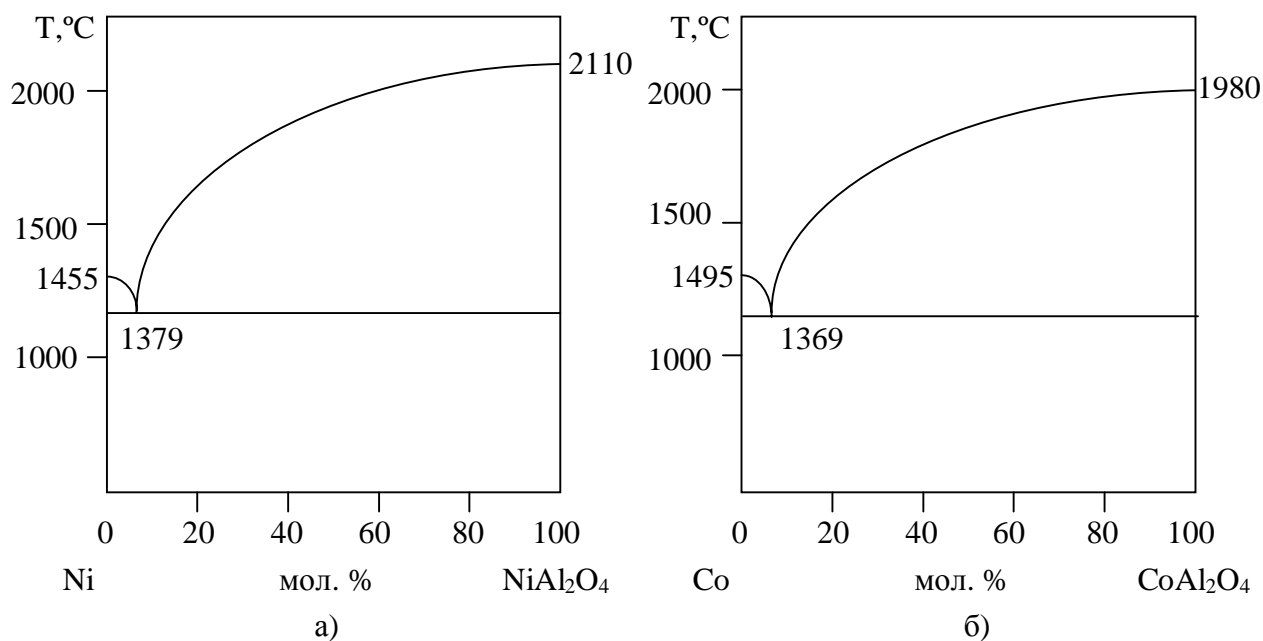


Рис. 2 – Кривые ликвидуса бинарных сечений: а) Ni – NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; б) Co – CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

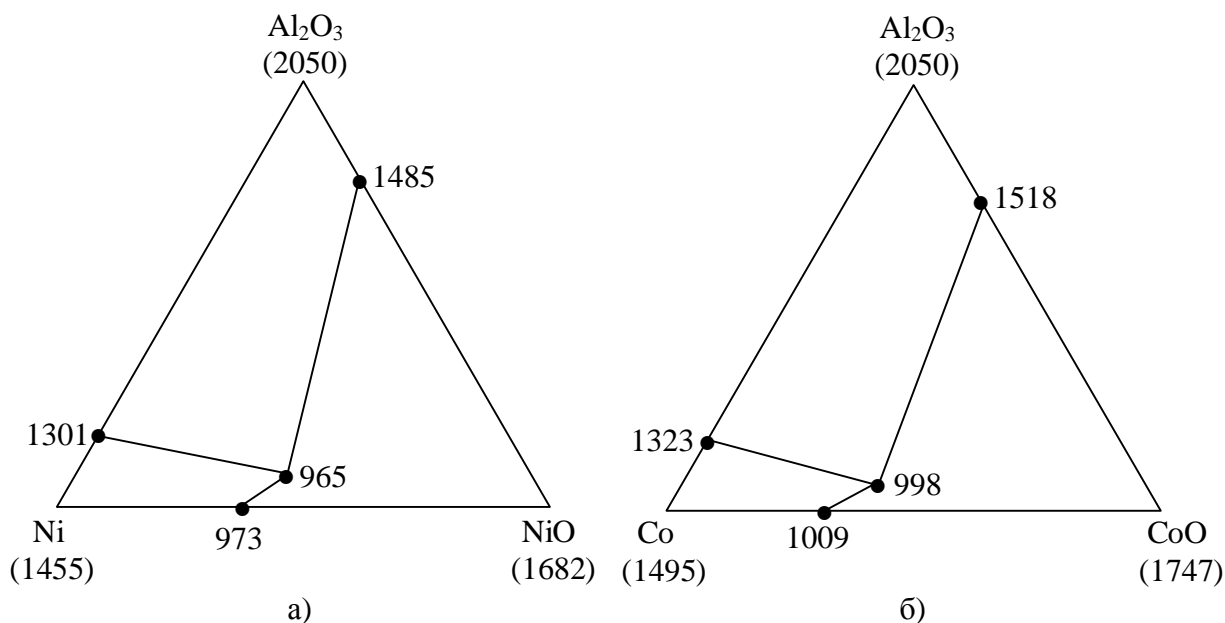


Рис. 3 – Кривые ликвидуса в трехкомпонентных системах: а) Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; б) Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Для повышения температуры службы свыше 1000 °С следует выбирать составы, располагающиеся вблизи коннод Ni – NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и Co – CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, причем следует избегать областей, богатых оксидами никеля и кобальта, которые способствуют снижению температуры эксплуатации.

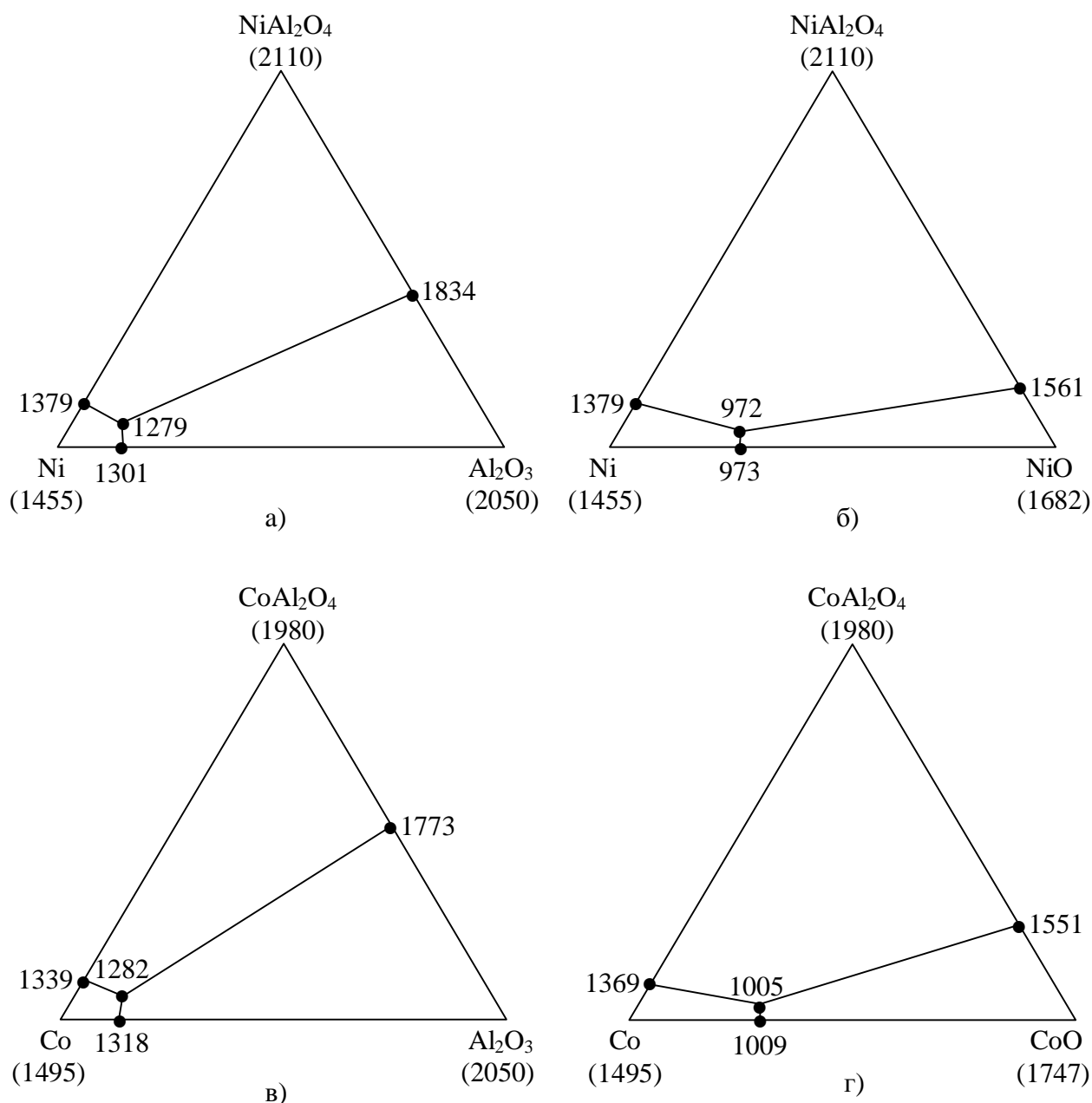


Рис. 4 – Кривые ликвидуса тройных сечений: а) Ni – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; б) Ni – NiO – NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; в) Co – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; г) Co – CoO – CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Таким образом, на основании проведенных расчетов установлено, что для получения композиционных материалов с металлической никелевой или кобальтовой матрицей и корундовым волокном оптимальными являются области трехкомпонентных систем Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ограниченные соединениями (Ni, Co) – (NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Список литературы:** 1. Карпинос Д.М. Композиционные материалы / Д.М. Карпинос. – К.: Наукова думка, 1985. – 592 с. 2. Петросян А.С. Порошковая металлургия и технология композиционных материалов / А.С. Петросян. – М.: Изд-во А.С. Петросян, 2007. – 240 с. 3. Батаев А.А. Композиционные материалы / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – М.: Логос, 2006. – 400 с. 4. Шевченко А.А. Физикохимия и ме-

ханика композиционных материалов / А.А. Шевченко. – М.: Профессия, 2010. – 224 с. **5.** Гусев Б.В. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / [Б.В. Гусев, В.И. Кондращенко, Б.П. Маслов, А.С. Файвусович]. – М.: Научный мир, 2006. – 560 с. **6.** Сидоренко Ю.Н. Конструкционные и функциональные волокнистые композиционные материалы / Ю.Н. Сидоренко. – Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – 107 с. **7.** Epstein L.F. Binary mixture of  $UO_2$  on other oxides / L.F. Epstein, W.H. Howland // J. Amer. Ceram. Soc. – 1953. – Vol. 36, № 10. – P. 334 – 335. **8.** Бабушкин В.И. Термодинамика силикатов / В.И. Бабушкин, Г.М. Матвеев, О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с. **9.** Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции / Ю.Д. Третьяков. – М.: Химия, 1978. – 360 с.

**References:** **1.** Karpinos D.M. Compositions materials / D.M. Karpinos. – K.: Naukova dumka, 1985. – 592 p. **2.** Petrosjan A.S. Powder metallurgy and compositions materials technology / A.S. Petrosjan. – M.: Ph A.S. Petrosjan, 2007. – 240 p. **3.** Bataev A.A. Compositions materials / A.A. Bataev, V.A. Bataev. – M.: Logos, 2006. – 400 p. **4.** Shevchenko A.A. Physical chemistry and mechanics of compositions materials / A.A. Shevchenko. – M.: Professija, 2010. – 224 p. **5.** Gusev B.V. Formation of compositions materials structure and their properties / [B.V. Gusev, V.I. Kondrashenko, B.P. Maslov, A.S. Fajvusovitch]. – M.: Nauchnyj mir, 2006. – 560 p. **6.** Sidorenko Y.N. Structural and functional fiber compositions materials / Y.N. Sidorenko. – Tomsk: Ph TSU, 2006. – 107 p. **7.** Epstein L.F. Binary mixture of  $UO_2$  on other oxides / L.F. Epstein, W.H. Howland // J. Amer. Ceram. Soc. – 1953. – Vol. 36, № 10. – P. 334 – 335. **8.** Babushkin V.I. Thermodynamics of silicates / V.I. Babushkin, H.I. Matveev, O.P. Mchedlov-Petrosjan. – M.: Stroyizdat, 1986. – 408 p. **9.** Tretjakov Y.D. Solid state reactions / Y.D. Tretjakov. – M.: Himija, 1978. – 360 p.

*Поступила в редакцию (Received by the editorial board) 22.05.14*

УДК 669.018.95

**Оцінка температур служби композиційних матеріалів з кобальтовою або нікелевою матрицею та корундовим волокном / М.М. ІВАШУРА // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 27 (1070). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 34 – 40. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2079-0821.**

У статті наведені результати розрахунку температур та складів евтектик в композиційних матеріалах з кобальтовою або нікелевою металевією матрицею та корундовим волокном. Установлено субсолідусну будову трикомпонентних систем  $Ni - NiO - Al_2O_3$  та  $Co - CoO - Al_2O_3$ . Наведені графічні зображення евтектичних бінарних та потрійних систем. Установлено, що для отримання композиційних матеріалів з металевією нікелевою або кобальтовою матрицею та корундовим волокном оптимальними є області трикомпонентних систем  $Ni - NiO - Al_2O_3$  та  $Co - CoO - Al_2O_3$ , обмежені сполуками  $(Ni, Co) - (NiAl_2O_4, CoAl_2O_4) - Al_2O_3$ .

**Ключові слова:** температура служби, евтектика, трикомпонентна система, переріз, композиційний матеріал, металічна матриця, кобальт, нікель.

UDC 669.018.95

**Rating service temperature composites with cobalt or nickel matrix and fiber corundum / M. IVASHURA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 27 (1070). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 34 – 40. – Bibliogr.: 9 names. – ISSN 2079-0821.**

The article presents the results of calculations of temperatures and compositions of eutectics in composite materials with cobalt or nickel metal matrix and fiber corundum. Set subsolidus structure ternary

systems Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Diagrams on eutectic binary and ternary systems are presents. Found that for the production of composite materials with metallic nickel or cobalt matrix and fiber corundum are optimal area ternary systems Ni – NiO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Co – CoO – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, limited compounds (Ni, Co) – (NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Keywords:** service temperature, eutectic, ternary system, section, composition's material, metal matrix, cobalt, nickel.

УДК 663.812

*Е.И. ЛИТВИНЕНКО*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,

*С.Н. БЫКАНОВ*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»,

*А.А. ЛИТВИНЕНКО*, асс., НТУ «ХПИ»,

*Б.Д. ДАНИЛЬЧУК*, студ., НТУ «ХПИ»

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ САХАРНОГО СИРОПА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА**

Описаны способы получения одного из наиболее распространенного полуфабриката пищевой промышленности – сахарного сиропа. Предложена технологическая схема получения сахарного сиропа при производстве кваса, основным элементом которой является сироповарочный аппарат. Описаны технологические стадии производства. Рекомендован выбор оборудования для варки сахарного сиропа.

**Ключевые слова:** сахарный сироп, сахар, сироповарочный аппарат, выпаривание, квас.

Сахарный сироп повсеместно используется в пищевой промышленности. В технологии производства газированных фруктовых напитков он применяется для изготовления купажей, товарных сиропов и квасов брожения. В технологии производства кондитерских изделий сиропом пропитывают коржи бисквитных тортов, ромовые бабы, пирожные и т.д. При производстве ликероводочных изделий ему принадлежит важная роль в формировании вкуса: придает напиткам сладость, смягчает вкус, способствует ассимиляции ароматических веществ, а кремам и ликерам придает свойственную им вязкость [1, 2]. Сахарный сироп представляет собой концентрированный водный раствор сахара, содержание которого составляет 50 – 65 г на 100 г сиропа. Варят его в эмалированных, медных или изготовленных из нержавеющей стали котлах, снабженных мешалками.

Существуют два способа приготовления сахарного сиропа: горячий и холодный.

© Е.И. Литвиненко, С.Н. Быканов, А.А. Литвиненко, Б.Д. Данильчук, 2014