

УДК: 669.017:620.197

**И.Н. Ганиев<sup>1</sup>, Ф. Холмуродов<sup>2</sup>, С.Р. Олимшоева<sup>3</sup>, А.Г. Сафаров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии им. В.И. Никитина НАН Таджикистана Республика

<sup>2</sup>Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана

<sup>3</sup>Таджикский технический университет имени М.С. Осими  
Душанбе, Таджикистан

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ5К10, МОДИФИЦИРОВАННОГО КАЛИЕМ**

*Аннотация.* В работе представлены результаты изучения температурной зависимости удельной теплоёмкости и изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного калием. Использован способ измерения удельной теплоёмкости в режиме «охлаждения». С помощью интеграла от теплоёмкости установлены модели температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса сплавов.

**I.N. Ganiev<sup>1</sup>, F. Kholmurodov<sup>2</sup>, S.R. Olimshoeva<sup>3</sup>, A.G. Safarov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Chemistry named after. V.I. Nikitin NAS of Tajikistan

<sup>2</sup>Physical-Technical Institute named after. S.U. Umarov NAS of Tajikistan,

<sup>3</sup>Tajik Technical University named after M.S. Osimi  
Dushanbe, Tajikistan

## **RESEARCH OF THE THERMODYNAMIC PROPERTIES OF ALUMINUM ALLOY AZH5K10 MODIFIED BY POTASSIUM**

*Abstract.* The paper presents the results of studying the temperature dependence of the specific heat capacity and changes in the thermodynamic functions of the aluminum alloy AZh5K10 modified with potassium. A method was used to measure specific heat capacity in the “cooling” mode. Using the integral of the heat capacity, models of the temperature dependence of changes in enthalpy, entropy and Gibbs energy of alloys are established.

Зная основные закономерности, присущие термодинамическим системам, и владея аппаратом дифференциальных уравнений термодинамики, можем приступить к рассмотрению термодинамических свойств веществ, обращая при этом главное внимание на анализ характера зависимостей, связывающих одни свойства вещества с другими [1, 2].

Предметом рассмотрения являются результаты исследования термодинамических свойств алюминиевого сплава АЖ5К10 с калием. Определение теплоёмкости сплавов проводился по методике, описанной в работах [3, 4].

Для расчета температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого сплава АЖ5К10, модифицированного калием были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнению:

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (1)$$

Значение коэффициентов в уравнение (1), представлены в таблице 1

Расчет температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса сплавов проводился по (2) - (4) с использованием интеграла от удельной теплоемкости по уравнению (1):

$$[H^0(T) - H^0(T_0)] = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (2)$$

$$[S^0(T) - S^0(T_0)] = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (3)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (4)$$

Результаты расчета температурной зависимости изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого сплава АЖ5К10, легированного калием и эталона (Cu марки М00) через интервал 100 К, представленные в таблице 2, указывают на то, что с увеличением температуры энтальпия и энтропия увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается.

**Таблица 1 - Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  в уравнении (1) для образцов из алюминиевого сплава АЖ5К10 с калием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание калия в сплаве, мас. %	$a$ , Дж/(кг·К)	$b$ , Дж/(кг·К <sup>2</sup> )	$c \cdot 10^{-2}$ , Дж/(кг·К <sup>3</sup> )	$d \cdot 10^{-5}$ , Дж/(кг·К <sup>4</sup> )	Коэфф. корреляции R <sup>2</sup>
0.0	-4049,29	29,50	-5,33	3,13	0,9998
0.05	-4049,88	29,50	-5,33	3,13	0,9987
0.1	-4049,95	29,50	-5,33	3,13	0,9997
0.5	-4050,53	29,50	-5,33	3,13	0,9997
1.0	-4051,25	29,50	-5,33	3,13	0,9997
Эталон	324,45	0,2751	-0,029	0,014	1,0

**Таблица 2 - Температурная зависимость  
изменений термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ5К10 с  
калием и эталона (Cu марки М00)**

Содержание калия в сплаве, мас.%	300 К	400 К	500 К	600 К	700 К	800 К
	$[H^0(T) - H^0(T_0^*)]$ , кДж/кг для сплавов					
0.0	1,560	108,702	236,249	362,110	482,977	614,319
0.05	1,559	108,642	236,130	361,932	482,740	614,023
0.1	1,559	108,635	236,115	361,911	482,712	613,988
0.5	1,558	108,576	235,100	361,736	482,479	613,697
1.0	1,556	108,502	235,852	361,518	482,188	613,334
Эталон	0,712	39,867	80,167	121,419	163,519	206,447
$[S^0(T) - S^0(T_0^*)]$ , кДж/(кг·К) для сплавов						
0.0	0,005	0,311	0,595	0,825	1,011	1,186
0.05	0,005	0,311	0,595	0,824	1,011	1,186
0.1	0,005	0,311	0,595	0,824	1,010	1,186
0.5	0,005	0,310	0,595	0,824	1,010	1,185
1.0	0,005	0,310	0,594	0,823	1,009	1,184
Эталон	0,002	0,115	0,205	0,280	0,345	0,402
$[G^0(T) - G^0(T_0^*)]$ , кДж/кг для сплавов						
0.0	-0,005	-15,635	-61,352	-132,807	-224,859	-334,657
0.05	-0,005	-15,625	-61,317	-132,734	-224,739	-334,482
0.1	-0,005	-15,624	-61,315	-132,729	-224,730	-334,468
0.5	-0,005	-15,615	-61,282	-132,661	-224,617	-334,301
1.0	-0,005	-15,604	-61,241	-132,576	-224,475	-334,093
Эталон	-0,002	-6,107	-22,243	-46,585	-77,902	-115,311

\*  $T_0 = 298,15 \text{ K}$

Добавки калия к сплаву АЖ5К10 уменьшает энтальпию и энтропию сплавов и при этом значение энергии Гиббса растёт. Изменения термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ5К10 в результате модифицирования калием объясняется ростом степени гетерогенности структуры сплавов в результате модификации их структуры калием.

### Заключение

В режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из меди марки М00 установлены полиномы, описывающие температурную зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) алюминиевого сплава АЖ5К10 с калием в интервале температур 300 - 800 К. С их помощью показано, что с ростом температуры энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса

уменьшается. В изученном концентрационном интервале (0.05 - 1.0 мас.%) добавка калия снижает энтальпию и энтропию алюминиевого сплава АЖ5К10, а значение энергии Гиббса при этом увеличивается. Указанные изменения термодинамических функции алюминиевого сплава АЖ5К10 с калием объясняется ростом возбуждения новых степеней свободы атомов сплавов, с увеличением температуры и содержания калия в них, а также структурным изменениям, происходящим при легировании алюминиевого сплава АЖ5К10 калием.

### Список использованных источников

1. Ravi C., Wolverton C. Comparison of thermodynamic databases for 3XX and 6XXX aluminum alloys. Metallurgical and Materials Transactions A. 2005. Vol. 36. P. 2013-2023.
2. Belov N.A., Aksenov A.A. Iron in Aluminium Alloys. Impurity and Alloying Element. London and New York. 2002. P. 3-7.
3. Ганиев, И.Н. Сафаров А.Г., Одинаев Ф.Р., У.Ш. Якубов, К. Кабутов Температурная зависимость теплоемкости и изменений термодинамических функций сплава АЖ 4.5 с висмутом / И.Н. Ганиев, // Металлы. -2019. -№ 1. -С. 21-29.
4. Ganiev I.N., Safarov A.G., Odinaev F.R., Yakubov U.Sh., Kabutov K. Temperature Dependence of the Specific Heat and the Changes in the Thermodynamic Functions of a Bismuth-Bearing AZh4.5 Alloy // Russian Metallurgy (Metally). 2020. Vol. No. 1. P. 17-24.

УДК 004.942.001.57

**И.Н. Ганиев<sup>1</sup>, Ф. Холмуродов<sup>2</sup>, А.Г. Сафаров<sup>2</sup>, Э.Н. Эсанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана

<sup>2</sup>Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАН Таджикистана  
Душанбе, Таджикистан

### **РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.18, МОДИФИЦИРОВАННОГО ПРАЗЕОДИМОМ**

*Аннотация.* В работе на основе измерения удельной теплоёмкости алюминиевого сплава АЖ2.18 с празеодимом в режиме «охлаждения» и