

УДК 004.942.001.57

И.Н. Ганиев, акад., д-р хим. наук НАН Таджикистана  
(ИХ им. В.И. Никитина НАН Таджикистана, г. Душанбе, Таджикистан);

Ф. Холмуродов, доц., канд. физ.-мат. наук;

А.Г. Сафаров, доц., докт. техн. наук;

А. Зубайдов, магистрант, (ФТИ им. С.У. Умарова НАН Таджикистана,  
г. Душанбе, Республика Таджикистан)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВО-ЖЕЛЕЗОВОГО СПЛАВА АЖ2.18 С ЛАНТАНОМ

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

Предметом нашего рассмотрения будут термодинамические свойства, такие как энтропия, энтальпия и энергия Гиббса. Непосредственно измерить эти величины невозможно. Их можно определить только расчетным путем с помощью дифференциальных уравнений термодинамики по известным значениям других термодинамических величин.

Как и в других случаях, для расчета различных термодинамических процессов представляет интерес не абсолютное значение этих величин, а их изменения в этих процессах. При проведении расчетов термодинамических функций широко используются зависимости теплоемкости веществ от температуры.

В данной работе представлены результаты расчета изменений энтальпии, энтропии и энергии Гиббса для алюминиевого сплава АЖ2.18, модифицированного лантаном, по известной удельной теплоемкости эталонного образца из меди с использованием методики измерения скоростей охлаждения образцов.

Теплоемкость алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном измеряли в режиме «охлаждения» по методикам, описанным в работах [1-5]. Значения удельной теплоемкости ( $C_p$ ) сплава АЖ2.18 определялись сравнением с эталонным образцом (Cu-M00), для которого было известно значение удельной теплоемкости, в температурном диапазоне от 300 до 800 К. Значения  $C_p$  от температуры для образцов из сплава АЖ2.18 описывается выражением:

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

Следующим этапом является расчет изменения термодинамических характеристик алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном в зависимости от температуры.

В соответствии с уравнением (1) были получены следующие выражения для температурных зависимостей энтальпии, энтропии и энергии Гиббса:

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

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

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

Результаты расчётов изменений термодинамических характеристик сплавов через каждые 100 К представлены в таблице.

Согласно данным таблицы можно констатировать, что с повышением в образцах сплава АЖ2.18 содержания лантана в пределах от 0.1 до 2.5 мас. % энтальпия и энтропия увеличиваются, а энергия Гиббса уменьшается.

**Таблица – Изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса от температуры для образцов из алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном и эталона (Cu марки М00)**

Содержание лантана в сплаве, мас.%	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
$[H^0(T) - H^0(T_0)], \text{кДж/кг}$						
0,0	1.5273	100.773	223.143	358.134	500.407	649.737
0.1	1.5650	105.171	234.152	375.958	524.938	682.344
0.5	1.5760	106.103	236.749	380.956	532.883	693.409
2.5	1.6220	107.500	238.593	383.447	536.155	696.354
Эталон	0.7120	39.8686	80.1679	121.419	163.5173	206.4419
$[S^0(T) - S^0(T_0)], \text{кДж/(кг·К)}$						
0,0	0.0051	0.2886	0.5609	0.8068	1.0260	1.2252
0.1	0.0054	0.3010	0.588	0.8460	1.0760	1.2860
0.5	0.0055	0.3040	0.594	0.8570	1.0910	1.3050
2.5	0.0054	0.3080	0.599	0.8630	1.0990	1.3120
Эталон	0.0024	0.1149	0.2048	0.2800	0.3449	0.4022
$G^0(T) - G^0(T_0), \text{кДж/кг}$						
0,0	-0.0050	-14.645	-57.308	-125.923	-217.766	-330.453
0.1	-0.0058	-15.210	-59.860	-131.830	-228.150	-346.785
0.5	-0.0051	-15.330	-60.420	-133.240	-230.860	-350.785
2.5	-0.0050	-15.601	-61.161	-134.560	-232.869	-353.556
Эталон	-0.0022	-6.1074	-22.243	-46.585	-77.903	-115.311

Из таблицы следует, что с ростом температуры энтальпия и энтропия сплавов растут, а значение энергии Гиббса снижается.

### **Выводы.**

Показано, что для алюминиевого сплава АЖ2.18 с лантаном изменений энтальпии, энтропии с повышением концентрации модифицирующего компонента и температуры растут, а значение энергии Гиббса снижается.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зокиров Ф.Ш., Ганиев И.Н., Бердиев А.Э., Ибрахимов Н.Ф. Температурная зависимость теплоемкости и термодинамических функций сплава АК12М2, легирующего стронцием // Известия Санкт-Петербургского государственного технического института (технологического университета). – 2017. – № 41 (67). – С. 22–26.

2. Эсанов Н.Р., Ганиев И.Н., Хакимов А.Х., Ибрахимов Н.Ф. Влияние иттрия на удельную теплоемкость и изменение термодинамических функций сплава АЖ2.18 // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия техника и технология. – 2018. – Т. 8. – № 2 (27). – С. 75–84.

3. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Аминбекова М.С. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплавов системы Рb-Ва // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2018. – № 2. – С. 69–75.

4. Ганиев И.Н., Отаджонов С.Э., Ибрахимов Н.Ф., Махмудов М., Сангов М.М. Температурная зависимость теплоемкости и изменение термодинамических функций сплава АК1, легированного кальцием // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – № 2 (42). – С. 17–21.

5. Ганиев И.Н., Норова М.Т., Эшов Б.Б., Ибрахимов Н.Ф., Ибрахимов С.Ж. Влияние добавок скандия на температурную зависимость теплоемкости и термодинамических функций алюминиево-магниевого сплава // Физика металлов и металловедение. – 2020. – Т. 121. – № 1. – С. 25–31.