

УДК 669.2: 669.715

<https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-37-44>

ВЛИЯНИЕ ЛИТИЯ НА ТЕПЛОЁМКОСТЬ И ИЗМЕНЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АЖ2.18

Азимов Х.Х.², Ганиев И.Н.¹, Амонов И.Т.³, Иброхимов Н.Ф.²¹ Институт химии им. В. И. Никитина АН Республики Таджикистан² Таджикский технический университет им. М.С. Осими³ Технологический университет Таджикистана

Аннотация

Известно, что технический алюминий с повышенным содержанием железа, кремния и других примесей из-за низких эксплуатационных характеристик не может найти применение в промышленности. Отсюда разработка новых составов сплавов на основе такого металла является весьма актуальной задачей. Одним из перспективных составов на диаграмме алюминий-железо является эвтектика (α -Al+Al₃Fe), которая, имея минимальный интервал кристаллизации, соответствует содержанию железа 2.18%(мас.). Данный состав был принят нами в качестве модельного сплава и подвергнулся модифицированию литием. Теплоёмкость является важнейшей характеристикой веществ и по её изменению от температуры можно определить тип фазового превращения, температуру Дебая, энергию образования вакансий, коэффициент электронной теплоёмкости и другие свойства. В настоящей работе теплоёмкость сплава АЖ2.18 с литием определялась в режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из меди. Для чего обработкой кривых скорости охлаждения образцов из сплава АЖ2.18 с литием и эталона получены полиномы, описывающие их скорости охлаждения. Далее по экспериментально найденным величинам скоростей охлаждения эталона и образцов из сплавов, зная их массы, были установлены полиномы температурной зависимости теплоёмкости сплавов и эталона, которые описываются четырёхчленным уравнением. Используя интегралы от удельной теплоёмкости, были установлены модели температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Полученные зависимости показывают, что с ростом температуры теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. При этом добавки лития незначительно увеличивают теплоёмкость, энтальпию и энтропию исходного сплава АЖ2.18 и не влияют на величину энергии Гиббса.

Ключевые слова: сплав АЖ2.18, литий, теплоёмкость, коэффициент теплоотдачи, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса.

Введение

Теплоёмкость представляет собой одно из важнейших физических свойств твёрдых тел, характеризующее изменение состояния вещества с температурой. Изучение теплоёмкости является одним из основных методов исследования структурных и фазовых превращений в сплавах. Из температурной зависимости теплоёмкости можно определить другие физические характеристики твёрдого тела: температуру и тип фазового превращения, температуру Дебая, энергию образования вакансий, коэффициент электронной теплоёмкости и др.

Непрерывный технический прогресс в автомобилестроении, тракторостроении и других

отраслях народного хозяйства требует значительного увеличения объема производства различных сплавов цветных металлов и повышения их качества. Алюминию и сплавам на его основе принадлежит особое место в выполнении этой задачи. Сравнительно небольшая плотность в сочетании с высокими механическими характеристиками, а также значительные сырьевые ресурсы способствуют широкому внедрению алюминия и алюминиевых сплавов в различные отрасли промышленности. Алюминиевые сплавы применяют в машиностроении вместо стали, чугуна и других материалов с целью обеспечения снижения удельной металлоёмкости конструкций, т.е. отношения массы машины к ее мощности. Как следует из литературных данных, такое развитие сохранится и в будущем [1–9].

Основное преимущество сплава АЖ2.18

© Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Иброхимов Н.Ф., 2018

(Al+2,18%Fe) по сравнению с другими сплавами – это малый интервал кристаллизации, поэтому в отливках не образуется усадочная пористость. Сплав рекомендуется для изготовления герметичных деталей. Как известно, щелочные и щелочноземельные металлы, являясь поверхностно-активными элементами, широко используются в качестве модификатора структуры алюминиевых сплавов. В этом плане добавка лития к алюминиевым сплавам также является перспективным. Однако в литературе практически отсутствуют экспериментальные данные по теплоемкости этого сплава. Исследования температурной зависимости теплоемкости и термодинамических функций сплава марки АЖ2.18, модифицированного литием, провели по методикам, описанным в работах [10–17].

Теория метода и описание установки

Для измерения удельной теплоемкости сплавов в широкой области температур использовался закон охлаждения Ньютона-Рихмана. Всякое тело, имеющее температуру выше окружающей среды, будет охлаждаться, причем скорость охлаждения зависит от величины теплоемкости тела.

Если взять два одинаковой формы металлических образца и охлаждать их от одной температуры, то по зависимости температуры образцов от времени (кривым охлаждения) можно найти теплоемкость одного образца, зная теплоемкость другого (эталоны).

Количества тепла, теряемого объемом dV металла за время $d\tau$, равно

$$\delta Q = C_p^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV \cdot d\tau, \quad (1)$$

где C_p^0 – удельная теплоемкость металла; ρ – плотность металла; T – температура образца (принимается одинаковым во всех точках образца, так как линейные размеры тела малы, а теплопроводность металла велика).

Величину δQ можно подсчитать, кроме того, по закону

$$\delta Q = \alpha(T - T_0) \cdot dS \cdot d\tau, \quad (2)$$

где dS – элемент поверхности; T_0 – температура окружающей среды; α – коэффициент теплоотдачи.

Приравняв выражения (1) и (2), получим

$$C_p^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV = \alpha(T - T_0) dS. \quad (3)$$

Количество тепла, которое теряет весь объем образца, равна

$$Q = \int_V C_p^0 \cdot \rho \frac{dT}{d\tau} \cdot dV = \int_S \alpha(T - T_0) dS. \quad (4)$$

Полагая, что C_p^0 , ρ и $\frac{dT}{d\tau}$ не зависят от координат точек объема, а α , T и T_0 не зависят от координат точек поверхности образца, можно написать

$$C_p^0 \cdot \rho \cdot V \frac{dT}{d\tau} = \alpha(T - T_0) S, \quad (5)$$

или

$$C_p^0 \cdot m \frac{dT}{d\tau} = \alpha(T - T_0) S, \quad (6)$$

где V – объем всего образца, а $\rho \cdot V = m$ – масса; S – площадь поверхности всего образца.

Соотношение (6) для двух образцов одинакового размера при допущении, что $S_1 = S_2$, $T_1 = T_2$, $\alpha_1 = \alpha_2$, пишется так:

$$C_{p_1}^0 = C_{p_2}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1} = C_{p_2}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{\Delta T}{\Delta \tau}\right)_2}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta \tau}\right)_1}. \quad (7)$$

Следовательно, зная массы образцов m_1 и m_2 , скорости их охлаждения и удельную теплоемкость $C_{p_1}^0$, можно вычислить скорость охлаждения и удельную теплоемкость $C_{p_2}^0$, из уравнения

$$C_{p_2}^0 = C_{p_1}^0 \cdot \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1}{\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2}, \quad (8)$$

где $m_1 = \rho_1 V_1$ – масса первого образца; $m_2 = \rho_2 V_2$ – масса второго образца; $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_1$, $\left(\frac{dT}{d\tau}\right)_2$ – скорости охлаждения образцов при данной температуре.

Целью данной работы является определение

удельной теплоёмкости сплава АЖ2.18 с литьем по известной удельной теплоёмкости эталонного образца из меди.

Для определения скорости охлаждения строят кривые охлаждения данных образцов. Кривая охлаждения представляет собой зависимость температуры образца от времени при охлаждении его в неподвижном воздухе.

Передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому – процесс, стремящийся к установлению термодинамического равновесия в системе, состоящей из огромного числа частиц, то есть это релаксационный процесс, который можно описать во времени экспонентой. В нашем случае нагретое тело передает свое тепло окружающей среде (т.е. телу с бесконечно большой теплоёмкостью). Поэтому температуру окружающей среды можно считать постоянной (T_0). Тогда закон изменения температуры тела от времени τ можно записать в виде $\Delta T = \Delta T_1 e^{-\tau/\tau_1}$, где ΔT – разность температур нагретого тела и окружающей среды; ΔT_1 – разность температур нагретого тела и окружающей среды при $\tau=0$, τ_1 – постоянная охлаждения, численно равная времени, в течение которого разность температур между нагретым телом и окружающей средой уменьшается в e раз.

Измерение теплоемкости проводилось на установке, схема которой представлена на рис. 1. Электропечь 3 смонтирована на стойке 6, по которой она может перемещаться вверх и вниз (стрелкой показано направление перемещения). Образец 4 и эталон 5 (тоже могут перемещаться) представляют собой цилиндр длиной 30 мм и диаметром 16 мм с высверленными каналами с одного конца, в которые вставлены термопары 4 и 5. Концы термопар подведены к цифровым термометром «Digital Multimeter DI9208L» 7, 8 и 9. Электропечь 3 запускается через лабораторный автотрансформатор 1 (ЛАТР), установив нужную температуру с помощью терморегулятора 2. По показаниям цифровых термометров «Digital Multimeter DI9208L» 7, 8 и 9, фиксируется значение начальной температуры. Вдвигаем образец 4 и эталон 5 в электропечь 3, нагреваем до нужной температуры, контролируя температуру по показаниям цифровых термометров «Digital Multimeter DI9208L» на компьютере 10. Образец 4 и эталон 5 одновременно выдвигаем из электропечи 3 и с этого момента фиксируем температуру. Записываем показания цифрового термометра «Digital Multimeter DI9208L» 7, 8 и 9 на компьютер 10 через каждые 5, 10, 20 с, до охлаждения температуры образца и эталона.

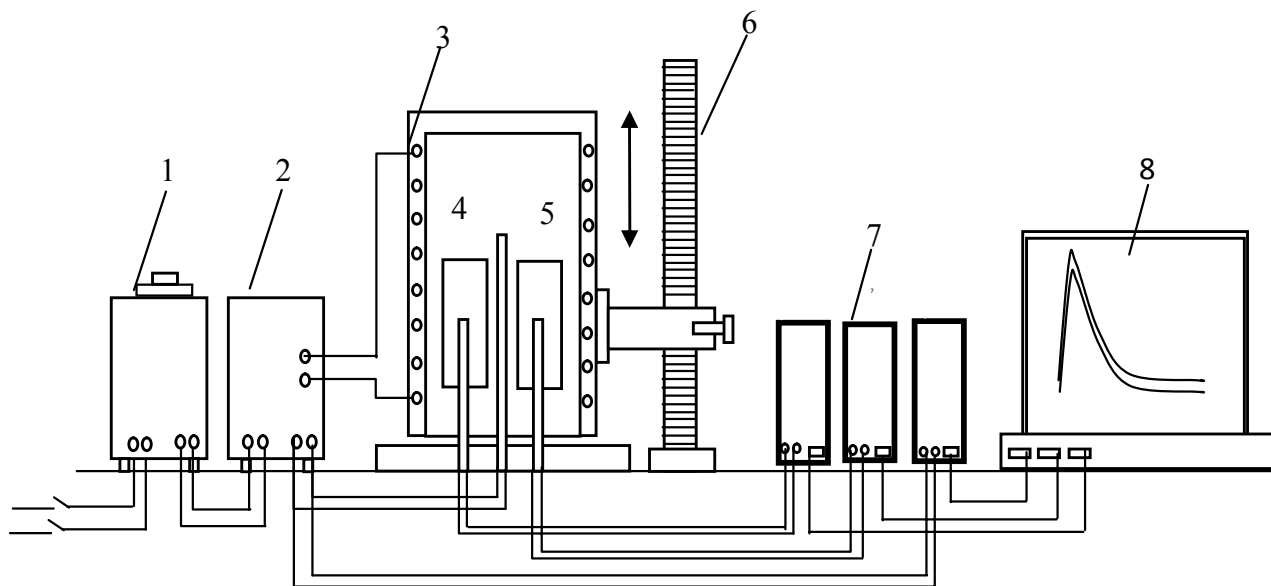


Рис. 1. Схема установки для определения теплоемкости твердых тел в режиме «охлаждения»:

- 1 – автотрансформатор; 2 – терморегулятор; 3 – электропечь; 4 – образец измеряемый;
- 5 – эталон; 6 – стойка электропечи; 7 – многоканальный цифровой термометр;
- 8 – регистрирующий прибор (компьютер)

Результаты и их обсуждение

Таблица 1

Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнении (9) для сплава АЖ2.18 с литием

Образцы	a , К	$b \cdot 10^{-4}$, $с^{-1}$	p , К	$k \cdot 10^{-5}$, $с^{-1}$	ab , $Кс^{-1}$	pk , $Кс^{-1}$
Эталон (Cu марки М00)	359,984	7,22	370,2279	2,48	0,26	0,01
Сплав АЖ2.18	298,2839	1,11	445,5995	6,84	0,33	0,03
+0,01 Li	347,4929	8,92	407,4659	5,46	0,31	0,02
+0,1 Li	345,7766	9,53	411,1845	5,89	0,33	0,02
+0,5 Li	379,6813	8,57	3,7700	3,81	0,33	0,01

Экспериментально полученные кривые охлаждения образцов сплава АЖ2.18 с литием представлены на **рис. 2**. Временной интервал фиксации температуры составлял 10 с. Относительная ошибка измерения температуры в интервале от 40 до 400°C составляла $\pm 1\%$, а в интервале более 400°C $\pm 2,5\%$. Погрешность измерения теплоемкости по предлагаемой методике не превышает 4%.

Полученные зависимости температуры от времени охлаждения для образцов из сплавов (см. **рис. 2**) описываются уравнением вида

$$T = -a \exp(-b\tau) - p \exp(-k\tau), \quad (9)$$

где a , b , p , k – постоянные для данного образца; τ – время охлаждения.

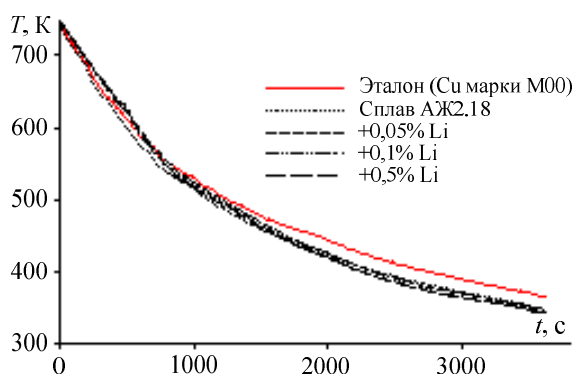


Рис. 2. График зависимости температуры образцов из сплава АЖ2.18 с литием от времени охлаждения

Дифференцируя уравнение (9) по τ , получаем уравнение для определения скорости охлаждения сплавов

$$\frac{dT}{d\tau} = -abe^{-b\tau} - pke^{-k\tau}. \quad (10)$$

Из экспериментально полученных зависимостей температуры образцов от времени (см. **рис. 2**) и скорости охлаждения образцов сплавов (**рис. 3**), которые описываются полиномами (9) и (10), определяли коэффициенты, проведя их компьютерную обработку.

Значения коэффициентов a , b , p , k , ab , pk в уравнениях (9) и (10) для исследованных сплавов приведены в **табл. 1**.

Кривые скорости охлаждения эталона и образцов из сплавов представлены на **рис. 3**.

Вся обработка результатов производилась по программе MS Excel, и графики строились с помощью программы Sigma Plot. Коэффициент корреляции составил не менее 0,998.

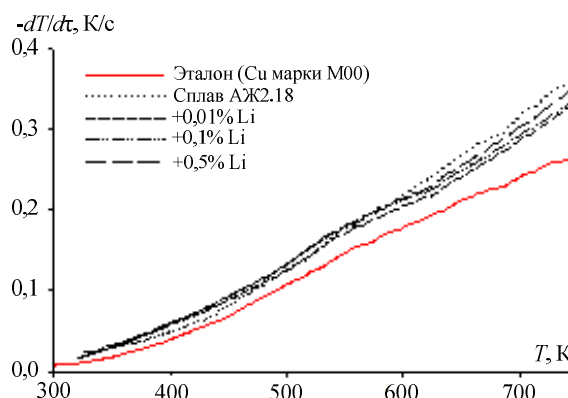


Рис. 3. Температурная зависимость скорости охлаждения образцов из сплава АЖ2.18 с литием

Далее по рассчитанным значениям величин скорости охлаждения сплавов по уравнению (8) была вычислена удельная теплоемкость сплавов с литием. Результаты расчёта показывают, что температурная зависимость удельной теплоемкости эталона (меди марки М0) и сплава АЖ2.18 с литием описывается уравнением вида

$$C_p^0 = a + bT + cT^2 + dT^3. \quad (11)$$

Значения коэффициентов (**табл. 2**) в полиноме (11) получены обработкой результатов их расчёта по программе Sigma Plot.

Результаты расчёта температурной зависимости теплоемкости по формулам (8) и (11) через 100 К представлены в **табл. 2, 3** и на **рис. 4**.

Таблица 2

Значения коэффициентов a , b , c , d в уравнении (10) для эталона и сплава АЖ2.18, легированного литием

Содержание лития в сплаве АЖ2.18, мас. %	a	b	c	d	Коэффициент корреляции R , %
Эталон (Cu марки М00)	0,3245	2,75	$-2,87 \cdot 10^{-7}$	$1,42 \cdot 10^{-10}$	1,00
Сплав АЖ2.18	2,7757	$-1,14 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-5}$	$-1,32 \cdot 10^{-8}$	0,9987
+0,01 Li	1,6753	$-3,19 \cdot 10^{-3}$	$6,31 \cdot 10^{-6}$	$-3,39 \cdot 10^{-9}$	0,9983
+0,1 Li	1,2241	$-1,48 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-6}$	$-2,40 \cdot 10^{-9}$	0,9987
+0,5 Li	1,2241	$-1,48 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-6}$	$-2,40 \cdot 10^{-9}$	0,9987

Таблица 3

Температурная зависимость удельной теплоёмкости (кДж/кг·К) сплава АЖ2.18 с литием

Содержание лития в сплаве АЖ2.18, мас. %	Масса образцов до измерения, г	Т, К					
		300	400	500	600	700	800
Эталон (Cu марки М00)	44,23	(0,38*)	(0,39)	(0,41)	(0,42)	(0,43)	(0,43)
Сплав АЖ2.18	16,75	1,06	1,03	1,15	1,33	1,49	1,55
+0,01 Li	16,75	1,19	1,19	1,23	1,30	1,37	1,43
+0,1 Li	16,5	1,12	1,19	1,26	1,34	1,41	1,44
+0,5 Li	16,75	1,12	1,19	1,26	1,34	1,41	1,44

* В скобках приведены данные теплоемкости меди согласно справочнику [18, с. 70].

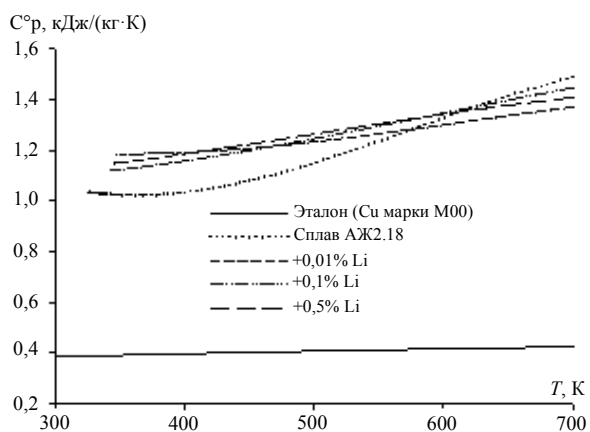


Рис. 4. Температурная зависимость удельной теплоёмкости сплава АЖ2.18 с литием

Для расчета температурной зависимости изменения энтальпии, энтропии и энергии Гиббса были использованы интегралы от удельной теплоемкости по уравнению (11):

$$H^0(T) - H^0(T_0) = a(T - T_0) + \frac{b}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{c}{3}(T^3 - T_0^3) + \frac{d}{4}(T^4 - T_0^4); \quad (12)$$

$$S^0(T) - S^0(T_0) = a \ln \frac{T}{T_0} + b(T - T_0) + \frac{c}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{d}{3}(T^3 - T_0^3); \quad (13)$$

$$[G^0(T) - G^0(T_0)] = [H^0(T) - H^0(T_0)] - T[S^0(T) - S^0(T_0)], \quad (14)$$

где $T_0 = 298,15$.

Результаты расчета изменения температурных зависимостей энтальпии, энтропии и энергии Гиббса по уравнениям (12)–(14) через 100 К представлены в табл. 4.

Таблица 4

Температурная зависимость изменения термодинамических функций сплава АЖ2.18 с литием и эталона (медь марки М00).

Содержание лития в сплаве АЖ2.18, мас. %	Т, К					
	300	400	500	600	700	800
$H^0(T) - H^0(T_0^*),$ кДж/кг, для сплавов						
Эталон (Cu марки М00)	0,71	39,87	80,17	121,42	163,52	206,45
Сплав АЖ2.18	1,96	105,22	213,65	337,42	478,78	632,03
+0,01 Li	2,21	121,08	242,09	368,71	502,36	642,46
+0,1 Li	2,03	114,56	234,64	364,31	504,14	653,26
+0,5 Li	2,08	117,39	239,82	370,24	507,99	650,93
$S^0(T) - S^0(T_0),$ кДж/кг·К, для сплавов						
Эталон (Cu марки М00)	0,0024	0,12	0,21	0,28	0,35	0,40
Сплав АЖ2.18	0,0066	0,3038	0,5453	0,7704	0,9880	1,1926
+0,01 Li	0,0074	0,3494	0,6192	0,8499	1,0558	1,2428
+0,1 Li	0,0068	0,3301	0,5977	0,8338	1,0492	1,2482
+0,5 Li	0,0069	0,3382	0,6111	0,8487	1,0609	1,2517
$G^0(T) - G^0(T_0),$ кДж/кг, для сплавов						
Эталон (Cu марки М00)	-0,002	-6,11	-22,24	-46,58	-77,90	-115,31
Сплав АЖ2.18	-0,006	-16,30	-58,98	-124,84	-212,83	-322,01
+0,01 Li	-0,187	-25,20	-74,98	-145,63	-234,92	-340,96
+0,1 Li	-0,006	-17,48	-64,20	-135,98	-230,28	-345,27
+0,5 Li	-0,006	-17,91	-65,74	-138,97	-234,64	-350,44

* $T_0 = 298,15$ К.

Заключение

В режиме «охлаждения» по известной теплоёмкости эталонного образца из меди установлена теплоёмкость сплава АЖ2.18 с литием. Получены полиномы, описывающие температурную зависимость теплоёмкости и изменение термодинамических функций (энтальпия, энтропия, энергия Гиббса) сплавов в интервале температур 300 – 900 К. С помощью полиномов зависимостей показано, что с ростом температуры теплоёмкость, энтальпия и энтропия сплавов увеличиваются, а значения энергии Гиббса уменьшается. Добавки лития в изученном концентрационном интервале (0,05–0,5 мас.%) практически не влияют на значения теплоёмкости и изменение термодинамических функций исходного сплава АЖ2.18. Незначительное изменение теплоёмкости эвтектического сплава АЖ2.18 при его модифицировании литием объясняется слабым модифицирующим эффектом последнего, т.е. добавка не изменяет форму и характер кристаллизаций включений в эвтектике $\alpha - \text{Al} + \text{Al}_3\text{Fe}$. Как известно, структурные изменения приводят к значительным изменениям физических и механических свойств материалов [19, 20].

Список литературы

1. Луц А.Р., Суслина А.А. Алюминий и его сплавы. Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 2013. 81 с.
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение): справочник / под ред. И.Н. Фридляндера. К.: КОМИТЕХ, 2005. 365 с.
3. Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1979. 640 с.
4. Красноярский В.В., Сайдалиев Н.Р. Коррозионно-электрохимические свойства сплавов алюминия с железом в нейтральных растворах // Защита от коррозии и окружающей среды. 1991. Вып. 3. С. 14–19.
5. Влияние технологических факторов на образование дефектов структуры в крупнотоннажных слитках из алюминиевых сплавов серии 1XXX / Фролов В.Ф., Беляев С.В., Губанов И.Ю., Безруких А.И., Костин ИВ. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14. №2. С. 25–31.
6. Основные виды и области применения наноструктурированного высокопрочного листового проката / Чукин М.В., Салганик В.М., Полецков П.П., Кузнецова А.С., Бережная Г.А., Гущина М.С. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2014. №4. С. 41–44.
7. Chen X.G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys // Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. P. 460–465.
8. Grange D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement // Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production. 2013. P. 354–365.
9. Geoffrey K. Sigworth Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings // International Journal of Metalcasting. 2014. Vol. 8. Iss. 1. P. 7–20.
10. Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Махмадуллоев Х.А. Теплофизические и термодинамические свойства сплавов свинца с щелочноземельными металлами. Германия, Изд. дом LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 152 с.
11. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system // High temperature. 2014. Vol. 52. Iss. 1. P. 138–140.
12. Теплофизические свойства и термодинамические функции сплавов системы Pb-Sr / Муллоева Н.М., Ганиев И.Н., Эшов Б.Б., Махмадуллоев Х.А., Низомов З. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 6. №6. С. 38–42.
13. Влияние скандия на физико-химические свойства сплава AMr4 / Иброхимов С.Ж., Эшов Б.Б., Ганиев И.Н., Иброхимов Н.Ф. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2014. Т. 16. №4. С. 256–260.
14. Температурная зависимость теплоёмкости и термодинамических функций сплавов системы Pb-Ca / Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Низомов З., Обидов Ф.У., Иброхимов Н.Ф. // Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52. №1. С. 147–150.
15. Влияние церия на теплофизические свойства сплава AMr4 / Иброхимов Н.Ф., Ганиев И.Н., Низомов З., Ганиева Н.И., Иброхимов С.Ж. // Физика металлов и материаловедения. 2016. Т. 117. №1. С. 53–57.
16. Исследование температурной зависимости удельной теплоёмкости алюминия марок ОСЧ и А7 / Низомов З., Гулов Б.Н., Ганиев И.Н., Саидов Р.Х., Обидов Ф.У., Эшов Б.Б. // Доклады АН Республики Таджикистан. 2011. Т. 54. №1. С. 53–59.
17. Температурная зависимость теплоёмкости и термодинамических функций сплава AKIM2, легированного празеодимом и неодимом / Ганиев И. Н., Ниёзов Х.Х., Гулов Б.Н., Низомов З., Бердиев А.Э. // Вестник СибГИУ. 2017. №3. С. 32–39.
18. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах. М.: Металлургия, 1989. 384 с.
19. Мальцев М.В. Модификаторы структуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1964. 238 с.
20. Модифицирование силуминов стронцием / Ганиев И.Н., Пархутин П.А., Вахобов А.В., Куприянова И.Ю. Минск: Наука и техника, 1985. 143 с.

Поступила 16.12.17.

Принята в печать 18.01.18.

EFFECT PRODUCED BY LITHIUM ON THE HEAT CAPACITY AND THE CHANGING THERMODYNAMIC FUNCTIONS OF THE AZH2.18 ALUMINIUM ALLOY

Kholiknazar Kh. Azimov – Postgraduate Student

Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, E-mail: kholikazim@mail.ru

Izatullo N. Ganiev – D.Sc. (Chemistry), Professor, Academician

Academy of Science of the Republic of Tajikistan, Head of Laboratory at the Nikitin Institute of Chemistry, E-mail: ganiev48@mail.ru

Ilkhom T. Amonov – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Rector

Technological University of Tajikistan, E-mail: ilhomamonov@mail.ru

Nasim F. Ibrohimov – Research fellow

Nikitin Institute of Chemistry, Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, E-mail: nasimqon@mail.ru.

Abstract

It is known that unalloyed aluminium with a high content of iron, silicon and other impurities cannot be used in industry because of its low performance characteristics. Hence, the development of new aluminium alloys sets an important task. One of the promising compositions in the aluminium-iron diagram is the eutectic (α -Al + Al₃Fe), which, having a minimum crystallization interval, corresponds to the iron content of 2.18 wt%. This composition was taken as a model alloy and was inoculated with lithium. Heat capacity is the most important characteristic of substances. By analysing how heat capacity changes as the temperature changes one can determine the type of phase transformation, the Debye temperature, the energy of vacancy formation, the electronic specific heat and other properties. For the purposes of this research, the heat capacity of the AZh2.18 alloy with lithium was determined in the "cooling" mode against the known heat capacity of the reference copper sample. For this purpose, the cooling rate curves for the AZh2.18 alloy with lithium sample and the reference sample were analysed and polynomials were yielded that describe the cooling rates of the samples. After that, using the experimentally determined values of the cooling rates of the reference sample and the samples made from the alloys and knowing their weights, polynomials were established for the temperature dependence of the specific heat of the alloys and the reference sample, which are described with a four-term equation. With the help of integrals and based on the specific heat, temperature dependence models were established for changing enthalpy, entropy, and Gibbs energy. The obtained dependences show that as the temperature rises, the heat capacity, enthalpy and entropy of the alloys tend to increase. At the same time, Gibbs energy tends to decrease. The addition of lithium does not cause any significant increase in the heat capacity, enthalpy and entropy of the initial AZh2.18 alloy and does not change the Gibbs energy value.

Keywords: AZh2.18, lithium, heat capacity, heat transfer factor, enthalpy, entropy, Gibbs energy.

References

1. Luts A.R., Suslina A.A. *Alyuminiy i ego splavy* [Aluminium and its alloys]. Samara: Samara State Technical University, 2013, 81 p. (In Russ.)
2. Beletskiy V.M., Krivov G.A. *Alyuminiyevye splavy (Sostav, svoystva, tekhnologiya, primeneniye)* [Aluminium alloys (Composition, properties, production, application)]. Ed. by I.N. Fridlyander. Kiev: KOMITEKh, 2005, 365 p.
3. Mondolfo L.F. *Struktura i svoystva alyuminiyevykh splavov* [Structure and properties of aluminium alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1979, 640 p. (In Russ.)
4. Krasnoyarskiy V.V., Saydaliev N.R. The corrosion behaviour and the electrochemical properties of aluminium-iron alloys in neutral solutions. *Zashchita ot korrozii i okruzhayushchey sredy* [Protection against corrosion and environmental effects]. 1991, iss. 3, pp. 14-19. (In Russ.)
5. Frolov V.F., Belyaev S.V., Gubanov I.Yu., Bezrukh A.I., Kostin I.V. How technological factors impact the formation of structural defects in large ingots of the 1XXX series aluminum alloys. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im.G.I. Nosova* [Vestnik of Novos Magnitogorsk State Technical University]. 2016, vol. 14, no. 2, pp. 25-31. (In Russ.)
6. Chukin M.V., Salganik V.M., Poletskov P.P., Kuznetsova A.S., Berezhnaya G.A., Gushchina M.S. The main types and applications of nanostructured high-strength sheet steel. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im.G.I. Nosova* [Vestnik of Novos Magnitogorsk State Technical University]. 2014, no. 4, pp. 41-44. (In Russ.)
7. Chen X.G. Growth mechanisms of intermetallic phases in DC cast AA1XXX alloys. *Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production*. 2013, pp. 460-465.
8. Grange D.A. Microstructure control in ingots of aluminium alloys with an emphasis on grain refinement. *Essential Readings in Light Metals. Volume 3. Cast Shop for Aluminum Production*. 2013, pp. 354-365.
9. Geoffrey K. Sigworth *Fundamentals of Solidification in Aluminum Castings*. International Journal of Metalcasting. 2014, vol. 8, iss. 1, pp. 7-20.

10. Mulloeva N.M., Ganiev I.N., Makhmadullov Kh.A. *Teplofizicheskie i termodinamicheskie svoystva splavov svintsya s shchelochnozemelnymi metallami* [Thermophysical and thermodynamic properties of lead-alkaline-earth metal alloys]. Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013, 152 p.
11. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U. Temperature dependence of the specific heat and thermodynamic functions of alloys of the Pb-Ca system. *High temperature*, 2014, vol. 52, iss. 1, pp. 138-140.
12. Mulloeva N.M., Ganiev I.N., Eshov B.B., Makhmadullov Kh.A., Nizomov Z. Thermophysical properties and thermodynamic functions of Pb-Sr alloys. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii nauk* [Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2014, vol. 6, no. 6, pp. 38-42. (In Russ.)
13. Ibrokhimov S.Zh., Eshov B.B., Ganiev I.N., Ibrokhimov N.F. Effect produced by scandium on the physicochemical properties of the AMg4 alloy. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy Akademii nauk* [Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2014, vol. 16, no. 4, pp. 256-260. (In Russ.)
14. Ganiev I.N., Mulloeva N.M., Nizomov Z., Obidov F.U., Ibrokhimov N.F. How the heat capacity and the thermodynamic functions of the Pb-Ca alloys depend on the temperature. *Teplofizika vysokikh temperatur* [Thermophysics of high temperatures]. 2014, vol. 52, no. 1, pp. 147-150. (In Russ.)
15. Ibrokhimov N.F., Ganiev I.N., Nizomov Z., Ganieva N.I., Ibrokhimov S.Zh. Effect produced by cerium on the thermophysical properties of the AMg4 alloy. *Fizika metallov i metallovedeniya* [The physics of metals and metallography]. 2016, vol. 117, no. 1, pp. 53-57. (In Russ.)
16. Nizomov Z., Gulov B.N., Ganiev I.N., Saidov R.Kh., Obidov F.U., Eshov B.B. Understanding the relationship between the specific heat of the OSCh and A7 aluminium grades and the temperature. *Doklady AN Respubliki Tadjikistan* [Proceedings of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. 2011, vol. 54, no. 1, pp. 53-59.
17. Ganiev I.N., Niyozov Kh.Kh., Gulov B.N., Nizomov Z., Berdiev A.E. Temperature dependence of the heat capacity and the thermodynamic functions of the AK1M2 alloy doped with praseodymium and neodymium. *Vestnik Sib-GIU* [Bulletin of Siberian State Industrial University]. 2017, no. 3, pp. 32-39. (In Russ.)
18. Zinoviev V.E. *Teplofizicheskie svoystva metallov pri vysokikh temperaturakh* [Thermophysical properties of metals at high temperatures]. Reference book, Moscow: Metallurgiya, 1989, 384 p. (In Russ.)
19. Maltsev M.V. *Modifikatory struktury metallov i splavov* [Structural modifiers of metals and alloys]. Moscow: Metallurgiya, 1964, 238 p. (In Russ.)
20. Ganiev I.N., Parkhutik P.A., Vakhobov A.V., Kupriyanova I.Yu. *Modifitsirovanie siluminov strontsiem* [Doping of silumins with strontium]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1985, 143 p.

Received 16/12/17

Accepted 18/01/18

Образец для цитирования

Влияние лития на теплоёмкость и изменение термодинамических функций алюминиевого сплава АЖ2.18 / Азимов Х.Х., Ганиев И.Н., Амонов И.Т., Иброхимов Н.Ф. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т.16. №1. С. 37–44. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-37-44>

For citation

Azimov Kh.Kh., Ganiev I.N., Amonov I.T., Ibrokhimov N.F. Effect produced by lithium on the heat capacity and the changing thermodynamic functions of the AZh2.18 aluminium alloy. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2018, vol. 16, no. 1, pp. 37–44. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-37-44>
