

300...2,5 град/хв, а також встановлено, що швидкість охолодження в критичному інтервалі температур за термічного оброблення повинна бути не менше за 10...20 град/хв.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що валкові високоміцні чавуни різної легованості при охолодженні з аустенітно-цементитно-графітного стану утворювали різну матрицю: від перлітної – в чавуні ЛК до мартенситної – в чавуні ЛКНМ, тобто зі збільшенням ступеня легованості усталеність аустеніту підвищувалася.

Встановлено, що мінімальні швидкості охолодження в критичному інтервалі температур за термічного оброблення повинні бути у чавунних валках виконання ЛК 20 град/хв, а у валках виконань ЛКН та ЛКНМ – не менше 10 град/хв, які сприяють підвищенню твердості на 8...12 %.

Література

1. Попов А. А., Попова Л. Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада переохлажденного аустенита. – М.: Металлургия, 1965. – 495 с.
2. Иванова Л. Х. Разработка технологических способов снижения напряжений в чугуновых валках и повышения их прочности. – Дис. ... канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1984. – 250 с.

Іванченко Д. В.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)
ЖАРОМІЦНІ АЛЮМІНІЄВО-МІДНІ СПЛАВИ А02950 ТА АМ5
З ЦИРКОНІЄМ
E-mail: cortdm77@gmail.com

Як відомо [1] у сплавах системи Al-Cu необхідно обмежувати вміст міді інтервалом введення від 1,0-1,5 % (для забезпечення достатнього розчинного зміцнення) до 6,0-8,0 % задля уникнення крихкості через утворення значної кількості хімічної сполуки CuAl_2 (θ -фаза). Невисока температура плавлення евтектики, яка складає 548 °С та велике значення величини граничної розчинності

міді у твердому стані (5,65 %) зумовлюють широкий інтервал кристалізації в промислових алюмінієвих сплавах. Такі сплави мають низьку рідкоплинність, схильні до пористості та утворення гарячих тріщин, у них сильно розвинена ліквіація; нерівноважна евтектика з'являється вже за вмісту міді 1,5-2,5 % [1]. Тому задля необхідності отримання ливарних сплавів системи Al-Cu з необхідним комплексом механічних властивостей необхідно нівелювати негативний вплив надмірної кількості θ -фази та забезпечити рафінування сплавів від неметалевих домішок і газів, насамперед водню. Вищевказане досягається введенням модифікаторів або легувальних елементів в атомарному стані, що забезпечується використанням системи флюсів. Використання цирконію, який за допомогою системи флюсів, що вміщують у своєму складі проміжні сполуки отримання цирконію, разом із манганом і титаном, вводиться у алюмінієвий розплав, дозволяє якісно підвищити міцність та жароміцність вищевказаних сплавів.

З метою підвищення ефекту розчинного зміцнення та отримання у сплавах системи Al-Cu твердого каркасу по межах зерен α -розчину із інтерметалідних сполук $Al_{12}Mn_2Cu$, Al_3Ti та Al_3Zr може бути запропонована комплексна технологія, що забезпечує введення титану та мангану із лігатури а цирконію із комплексного флюсу системи NaF-LiF-ZrF₄. Введення цирконію із проміжної сполуки його отримання (ZrF₄) забезпечить отримання у сплавах кристалів Al_3Zr округлої або пластинчатої, а не гілкоподібної форми. Завдяки використанню вищевказаної обробки, міцність та жароміцність сплавів A02950 та AM5 є можливим додатково підвищити вище величин неведених у табл. 1.

Таблиця 1 – Механічні властивості сплаву AM5 при підвищених температурах [2]

Властивості	Температура, °C				
	20	200	250	300	350
σ_B , МПа	333-421	255-265	167-186	137-147	74-88
$\sigma_{0,2}$, МПа	216-314	216-225	108-118	74-78	49-59
δ , %	3-7	2-3	4-5	4,5-6	6,5-9

Технологія обробки сплаву включає в себе роздільне насичення рідкого алюмінію цирконієм із комплексного флюсу, з наступним веденням до нього за допомогою лігатури необхідної кількості марганцю та титану. Використання роздільного способу плавлення де, спочатку, вводять цирконій із ZrF_4 і тільки після цього марганець та титан, дозволяє наситити алюмінієвий розплав цирконієм у кількості 0,45-1,00 % і забезпечити необхідний рівень підвищення міцності та жароміцності сплаву.

Попередньо, з метою експериментальної перевірки можливості насичення алюмінієвого сплаву АМ5 цирконієм із комплексного флюсу системи $NaF-LiF-ZrF_4$ було проведено дослідні плавки. Титан не вводився. Результати представлено на рис. 1.

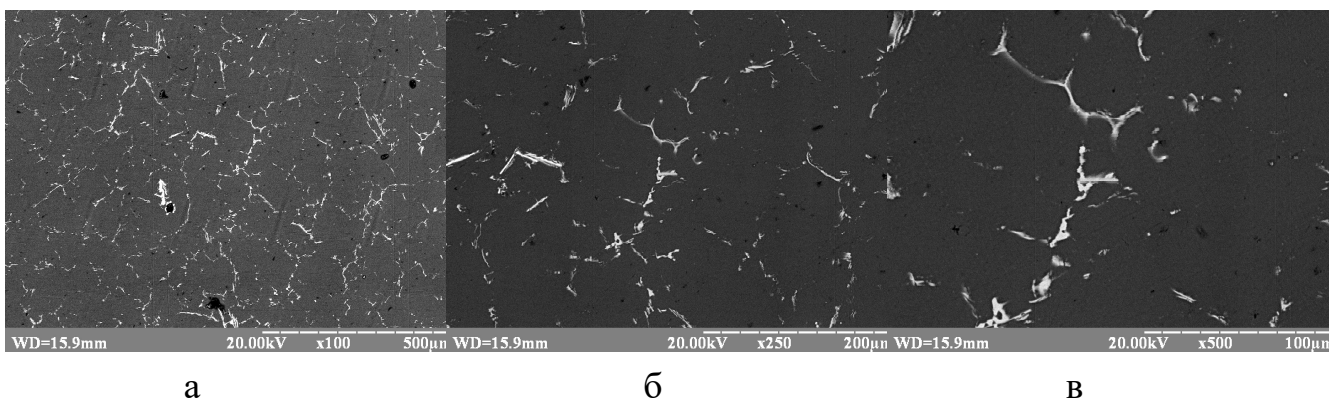


Рис. 1. Мікроструктура сплаву АМ5, зміцненого цирконієм, введеним із комплексного флюсу системи $NaF-LiF-ZrF_4$: а – $\times 100$; б – $\times 250$; в – $\times 500$

Хімічний склад структурних складових наведено на рис. 2.

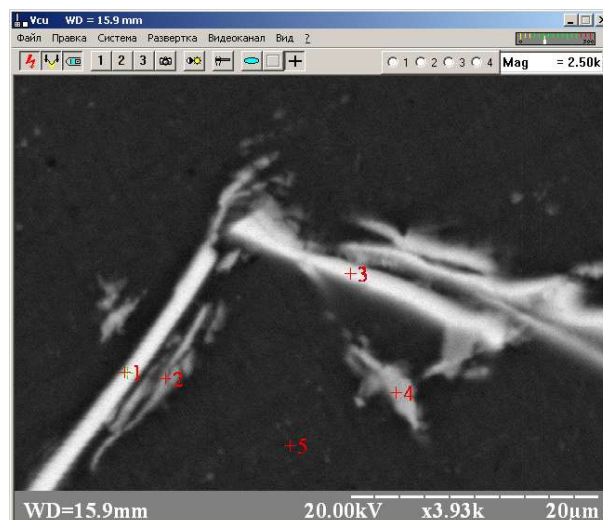


Рис. 2. Хімічний склад структурних складових сплаву АМ5, зміцненого цирконієм, введеним із комплексного флюсу системи $NaF-LiF-ZrF_4$ ($\sigma_B = 383$ МПа, $\delta = 2,91$ %)

Розподіл хімічних елементів за структурними складовими у точках 1-5 наведено у табл. 2 – 6.

Таблиця 2 – Розподіл елементів у структурній складовій №1

Информация										
Напряжение (кВ): 20.00 Сумма %: 100.00										
Элемент	Инт.	Погр. %	C %	C-Pur %	ZAF	ZAF-Pur	Валент.	Атом. %	Кэф.	Текст
Al K	9638	2.80	52.28	99.90	0.7765	1.0003	3	0.000	0.000	
Mn K	94	28.53	0.56	99.90	0.8176	1.0000	2	0.000	0.000	
Mn L	0	12861.21	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Fe K	-1	1719.47	0.00	99.90	0.0000	1.0000	2	0.000	0.000	
Fe L	-28	73.70	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Cu K	52	42.94	0.55	99.90	0.8715	1.0000	1	0.000	0.000	
Cu L	-57	37.33	0.00	99.90	0.0000	1.0001	1	0.000	0.000	
Zr K	7	70.50	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	
Zr L	3939	4.06	46.61	99.90	0.6141	1.0004	4	0.000	0.000	
Zr M	1	2273.73	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	

Таблиця 3 – Розподіл елементів у структурній складовій №2

Информация										
Напряжение (кВ): 20.00 Сумма %: 100.00										
Элемент	Инт.	Погр. %	C %	C-Pur %	ZAF	ZAF-Pur	Валент.	Атом. %	Кэф.	Текст
Al K	9314	2.51	56.52	99.90	1.1938	1.0003	3	0.000	0.000	
Mn K	284	12.04	2.57	99.90	0.9199	1.0000	2	0.000	0.000	
Mn L	-2	1179.01	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Fe K	789	6.11	7.58	99.90	0.9735	1.0000	2	0.000	0.000	
Fe L	-12	139.67	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Cu K	1746	3.65	32.50	99.90	0.8503	1.0000	1	0.000	0.000	
Cu L	-21	88.03	0.00	99.90	0.0000	1.0001	1	0.000	0.000	
Zr K	3	86.26	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	
Zr L	44	78.30	0.83	99.90	0.6662	1.0004	4	0.000	0.000	
Zr M	-1	1459.28	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	

Таблиця 4 – Розподіл елементів у структурній складовій №3

Информация										
Напряжение (кВ): 20.00 Сумма %: 100.00										
Элемент	Инт.	Погр. %	C %	C-Pur %	ZAF	ZAF-Pur	Валент.	Атом. %	Кэф.	Текст
Al K	7899	2.83	47.86	99.90	0.7687	1.0003	3	0.000	0.000	
Mn K	26	82.16	0.17	99.90	0.8246	1.0000	2	0.000	0.000	
Mn L	-6	295.93	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Fe K	49	45.99	0.34	99.90	0.8650	1.0000	2	0.000	0.000	
Fe L	-29	59.14	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Cu K	125	18.18	1.44	99.90	0.8805	1.0000	1	0.000	0.000	
Cu L	-53	36.35	0.00	99.90	0.0000	1.0001	1	0.000	0.000	
Zr K	8	54.31	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	
Zr L	3985	3.66	50.19	99.90	0.6380	1.0004	4	0.000	0.000	
Zr M	-2	560.79	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	

Таблиця 5 – Розподіл елементів у структурній складовій №4

Информация										
Напряжение (кВ): 20.00 Сумма %: 100.00										
Элемент	Инт.	Погр. %	C %	C-Pur %	ZAF	ZAF-Pur	Валент.	Атом. %	Кэф.	Текст
Al K	5446	2.93	29.48	99.90	1.3732	1.0003	3	0.000	0.000	
Mn K	315	11.90	2.57	99.90	1.0473	1.0000	2	0.000	0.000	
Mn L	3	555.49	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Fe K	1707	3.93	14.58	99.90	1.1244	1.0000	2	0.000	0.000	
Fe L	-19	70.44	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Cu K	2934	2.81	53.38	99.90	0.8927	1.0000	1	0.000	0.000	
Cu L	-27	60.59	0.00	99.90	0.0000	1.0001	1	0.000	0.000	
Zr K	1	184.12	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	
Zr L	-47	51.23	0.00	99.90	0.0000	1.0004	4	0.000	0.000	
Zr M	4	242.13	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	

Таблиця 6 – Розподіл елементів у структурній складовій №5

Информация										
Напряжение (кВ): 20.00 Сумма %: 100.00										
Элемент	Инт.	Погр. %	C %	C-Pur %	ZAF	ZAF-Pur	Валент.	Атом. %	Кэф.	Текст
Al K	16762	2.36	92.90	99.90	1.0297	1.0003	3	0.000	0.000	
Mn K	79	23.26	0.65	99.90	0.7975	1.0000	2	0.000	0.000	
Mn L	6	435.31	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Fe K	14	116.67	0.12	99.90	0.8284	1.0000	2	0.000	0.000	
Fe L	-8	289.26	0.00	0.00	0.0000	0.0000	2	0.000	0.000	
Cu K	407	6.50	6.33	99.90	0.8021	1.0000	1	0.000	0.000	
Cu L	-31	74.42	0.00	99.90	0.0000	1.0001	1	0.000	0.000	
Zr K	5	32.33	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	
Zr L	-22	153.30	0.00	99.90	0.0000	1.0004	4	0.000	0.000	
Zr M	-3	454.64	0.00	0.00	0.0000	0.0000	4	0.000	0.000	

Аналіз мікроструктури показує, що цирконій в основному зосереджується на кордонах зерен у вигляді окремої структурної складової, яка за своїм хімічним складом наближається до Al_3Zr , зміцнюючи таким чином кордони зерен α -фази.

Література

1. Калініна Н. Є. Використання алюмінієвих сплавів в авіаційній та ракетно-космічній техніці [Текст]: навч. посіб. / Н. Є. Калініна, О. В. Бондаренко. – Д.: РВВ ДНУ. – 2011. – 64 с.
2. Санников А. В. Совершенствование технологии получения фасонных отливок из алюминиевого сплава АН2ЖМц на базе системы Al- Ni- Mn-Fe-Zr с целью повышения прочностных свойств при 300-350 °С: дис. канд. техн. наук: 05.16.04. Москва. 2014, 118 с.