

## ЗМІЦНЕННЯ АЛЮМІНІЄВО-МІДНОГО ЛИВАРНОГО СПЛАВУ АЛ7 ЦИРКОНІЄМ.

*Іванченко Д. В.*

*Національний технічний університет України “Київський політехнічний  
інститут”*

*Досліджено механічні властивості алюмінієво-мідного сплаву АЛ7 зміцненого цирконієм, введеним за допомогою Al-Zr лігатури що містить 85% цирконію.*

*Исследованы механические свойства алюминиево-медного сплава АЛ7 упрочненного цирконием, введенным с помощью Al-Zr лигатуры содержащей 85 % циркония.*

*Mechanical properties of aluminum-copper alloy AL7 work-hardened by the zirconium, entered by Al-Zr master alloy containing 85% zirconium investigated.*

### Вступ

Однією з основних груп алюмінієвих ливарних сплавів є алюмінієво-мідні ливарні сплави. Сплави АМ5, АМ4,5Кд, ВАЛ14, ВАЛ18 в основному використовують для виготовлення високонавантажених деталей, що працюють при кімнатній і підвищених температурах (250-300°C). Сплав АЛ33 призначений для роботи при підвищених температурах. Всі вище перераховані сплави є легованими або складно легованими вартісними сплавами, що мають у своєму складі Mn та Ti (АМ5), Mn, Ti, Cd (АМ4,5кд), Mn, Ti, Cd, Zr (ВАЛ14) (таблиця 1).

Таблиця 1. Склад високоміцних та жаростійких ливарних сплавів на основі системи Al-Cu [1]

Сплав	Компоненти, %						Домішки, %	
	Cu	Mn	Ti	Zr	Cd	Інші	Fe	Si
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АМ5	4,5-5,3	0,6-1,0	0,15-0,35	-	-	-	≤0,2	≤0,3
АМ4,5Кд	4,5-5,1	0,35-0,8	0,15-0,35	-	0,07-0,25	-	≤0,15	≤0,2
ВАЛ14	4,5-5,0	0,5-0,9	0,15-0,35	0,05-0,25	0,04-0,12	-	≤0,15	≤0,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
АЛ33	5,5- 6,2	0,6-1,0	-	0,05- 0,25	-	(0,8-1,2) Ni (0,15-0,3) Ce	≤0,3	≤0,3
ВАЛ-18	4,9- 5,5	0,6-1,0	0,15- 0,35	0,05- 0,25	-	(0,6-1,0) Ni	≤0,5	≤0,3

Метою роботи є перевірка можливості використання алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ7 (таблиця 2) зміцненого цирконієм у якості заміни вище перерахованих сплавів при виготовленні відповідних міцних та жароміцних деталей.

Таблиця 2 Хімічний склад алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ-7 [1]

Сплав	Компоненти, %						Домішки, %	
	Cu	Mn	Ti	Zr	Cd	Інші	Fe	Si
АЛ7	4,0- 5,0	-	-	-	-	-	≤1,0	≤1,2

### Методика проведення досліджень.

Плавка ливарного сплаву АЛ7 проводилась в лабораторній печі опору СШОЛ-4,6/12-М3. В розплавленій і доведений до 850°C рідкий алюміній марки А7 вводили прутки міді електролітичної чистоти і ретельно перемішували розплав, зливаючи його після обробки у виливницю пофарбовану фарбою на основі оксиду цинку та підігріту до 200°C. Подрібнену до величини зерен порошку 0,05-0,2 мм 85 % алюмінієво-цирконієву лігатуру наносили на ретельно очищену поверхню алюмінієво-мідного розплаву доведеного до температури 750-900°C, що знаходився у керамічному тиглі печі опору СНОЛ-1,6.2,5.1/11-М2 після чого розплав механічно перемішувався протягом 2 хвилин та вистоявся в печі при температурах вказаних вище протягом 10 хвилин. Після видалення незначної кількості шлаку сплав розливали в кокіль з метою отримання зразків для механічних досліджень. Термообробку проводили у печі СНОЛ-1,6.2,5.1/11-М2 за режимом Т5 (нагрів під гартування протягом 5 годин до температури 525°C. Гартування у воду. Штучне старіння при 180°C протягом 5 годин).

### Результати досліджень

Для аналізу результатів досліджень розроблено повний факторний експеримент виду  $2^2$  [2]. Прийнято позначення факторів:

Кількість лігатури цирконію, що вводимо у розплав

$\times_1=1 \dots 2$  %;

Температура розплаву  $x_2=750\dots 900^\circ\text{C}$ ;  
 У якості відгуків прийняті наступні позначення:  
 Тимчасовий опір розриву  $y_1$ , МПа  
 Відносне подовження  $y_2$ , %

План експерименту та отримані результати представлені у таблиці 3.

Таблиця 3. План експерименту та отримані результати зміцнення алюмінієво-мідного сплаву АЛ7 цирконієм

Фактори		Відгуки			
$x_1$	$x_2$	$y_1$ (литий)	$y_1$ (Т5)	$y_2$ (литий)	$y_2$ (Т5)
1	750	179,1	329,5	3,75	3,2
2	750	211	364,9	7,1	5
1	900	157	257,9	3,2	1,25
2	900	203	359,6	3	3,25

Отримані наступні рівняння регресії, що описують залежність границі міцності та відносного подовження зразків алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ7 для литого та термообробленого за режимом Т5 сплаву:

$$y_1=187,525+77,9*x_1-30,1*x_2+14,1*x_1*x_2$$

$$y_1=327,975+137,1*x_1-76,9*x_2+66,3*x_1*x_2 \text{ (після обробки за режимом Т5)}$$

$$y_2=4,263+3,15*x_1-4,65*x_2-3,55*x_1*x_2$$

$$y_2=3,175+3,8*x_1-3,7*x_2+0,2*x_1*x_2 \text{ (після обробки за режимом Т5)}$$

Аналіз рівняння регресії показує, що тимчасовий опір розриву збільшується із збільшенням кількості введеного цирконію або при одночасному збільшенні кількості цирконію у розплаві та підвищенні температури розплаву. Просте підвищення температури розплаву знижує міцність. Це характерно як для литого так і для термообробленого за режимом Т5 відливка. Збільшенню відносного подовження також буде сприяти введення цирконію до розплаву. Зниженню відносного подовження сприяє просте підвищення температури розплаву. Проте збільшення кількості цирконію у розплаві з одночасним підвищення температури буде суттєво знижувати відносне подовження тільки литого металу практично не знижуючи цю величину для металу обробленого за режимом Т5.

Найбільш високі показники для однієї з відливок після термообробки за режимом Т5 ( $\sigma_T=377,8$  МПа,  $\delta=5,5$  %) отримані при наступних параметрах плавки - температура  $900^\circ\text{C}$  та кількість введеного зміцнювача 2%.

Для порівняння наведемо у таблиці 4 механічні властивості сплавів АМ5, АМ4,5Кд, ВАЛ14, ВАЛ18 та АЛ33.

Таблиця 4. Механічні властивості високоміцних та жароміцних сплавів системи Al-Cu [1]

Сплав	Механічні властивості відливків при литті в землю при 20°C <sup>1</sup>	
	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %
АЛ7	240	4
АМ5	350	6
АМ4,5Кд	420	7
ВАЛ14	460	10
АЛ33	280	2
ВАЛ18	300	2

### Висновки:

1. Введення цирконію із лігатури в кількості до 1 % дозволяє збільшити міцність на розрив алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ7 з 240 МПа до 329,5 МПа. Величина відносного подовження при цьому складає 3,2 %.
2. Введення цирконію із лігатури в кількості до 2 % дозволяє збільшити міцність на розрив алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ7 з 240 МПа до 365 МПа. Величина відносного подовження при цьому складає 5 %.
3. Міцність алюмінієво-мідного ливарного сплаву АЛ7 зміцненого цирконієм перевищує міцність складнолегованих сплавів АМ5, АЛ33, ВАЛ18. Відносне подовження сплаву АЛ7 або перевищує відносне подовження вищевказаних сплавів або залишається на приблизно тому ж рівні.

### Література:

1. Г. А. Меркулова. Металловедение и термическая обработка цветных сплавов: учебное пособие. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. – 312 с.
2. К. К. Пальоха. Організація експерименту. Навчальний посібник для студентів спеціальності „Композиційні та порошкові матеріали, покриття”. – Київ: Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, 1996. – 134 с.

<sup>1</sup> Після гартування та штучного старіння