

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

до лабораторної роботи

«ПЛАВЛЕННЯ ВТОРИННОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ СИРОВИНИ»

Завдання. Виплавити алюмінієвий сплав марки A , якщо шихта складається з a_1 % брухту, a_2 % відходів, a_3 % стружки, a_4 % зйомів (табл. 1). Хімічний склад зйомів відповідає середньому складу сплаву марки A . Вибрати групу (хімічний склад) для кожного компонента шихти (брухту, відходів, стружки), якщо на шихтовій ділянці знаходиться стружка I, II, IX групи, брухт I–IX груп, відходи I–IX груп. Характеристику вторинної алюмінієвої сировини наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Вихідні дані

№ варіанта	Марка алюмінієвого сплаву A	Масова частка компонента шихти, %				№ варіанта	Марка алюмінієвого сплаву A	Масова частка компонента шихти, %			
		a_1	a_2	a_3	a_4			a_1	a_2	a_3	a_4
1	A–S9GU (FRA)	44	16	25	15	14	АЛ11	36	12	34	18
2	AC4B (JPN)	36	12	34	18	15	DIN226D	44	16	25	15
3	DIN1725	44	16	25	15	16	AK4M4	36	12	34	18
4	DIN226	38	20	30	12	17	АЛ15В	44	16	25	15
5	AK7Ц9	44	16	25	15	18	AK5M2	36	12	34	18
6	AK10Cy	36	12	34	18	19	238 (USA)	44	16	25	15
7	380 (USA)	44	16	25	15	20	AK4M2Ц6	36	12	34	18
8	A–S5UZ (FRA)	36	12	34	18	21	328 (USA)	44	16	25	15
9	AC8B (JPN)	44	16	25	15	22	AK6M7	36	12	34	18
10	AK7M2	36	12	34	18	23	AK9Ц6	44	16	25	15
11	AK8M3	44	16	25	15	24	AK5M4	36	12	34	18
12	AK9M2	36	12	34	18	25	AK5M2	38	20	30	12
13	AC4B (JPN)	44	16	25	15	26	AK9M2	44	16	25	15

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ТА ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ

Шихта – суміш сировинних матеріалів, призначених для розплавлення та оброблення у плавильних печах з метою добування металу або сплаву заданого хімічного складу, потрібної якості та мінімальної собівартості.

Отримання сплавів заданого складу можливе на основі численних комбінацій з різних партій відходів і брухту, повернень власного виробництва, розшихтувальних та легуючих матеріалів.

Розшихтувальні матеріали застосовують для підтримання заданого складу сплаву за основним компонентом або домішками. Як розшихтувальні матеріали при виплавлянні вторинних алюмінієвих сплавів використовують чушковий первинний алюміній або так звану розшихтувальну сировину: очищені та відсортовані алюмінієві шини, дроти, кабелі, алюмінієві обрізки тощо.

Легуючі матеріали використовують для коректування хімічного складу сплаву за легуючими компонентами. Їх вводять у шихту у вигляді чушкових первинних металів або лігатур.

Лігатури – це допоміжні сплави, які застосовують для введення легуючих елементів у розплавлений метал. Лігатури застосовують при отриманні багатокомпонентних сплавів, що містять у своєму складі тугоплавкі елементи чи елементи, щільність яких значно різниться, або елементи з високим тиском насиченої пари за температур готування сплаву.

Під час розрахунку шихти доводиться розв'язувати задачі, ґрунтовані на знанні відносних величин витрати компонентів шихти у процесі плавлення. Оскільки ці величини є функцією багатьох змінних і для різних умов можуть змінюватися в широких межах, на практиці в кожному окремому випадку їх визначають дослідним шляхом залежно від умов виробництва.

Розрахунок шихти є необхідною операцією для переробки вторинної сировини в стандартні сплави. Під час розрахунку шихти враховують необхідність отримання сплаву заданої марки (технологічний розрахунок), максимального використання потужності печі (виробничий розрахунок) та отримання сплаву мінімальної собівартості (економічний розрахунок). Таким чином, перелічені методи розрахунку шихти вирішують різні варіанти практичних задач, але всі разом спрямовані на оптимізацію виробництва.

Технологічний розрахунок шихти виконують з метою добору сировини такого складу, який забезпечив би оптимальне використання всіх легуючих компонентів, що містяться у складі брухту та відходів. Під час розрахунку шихти слід враховувати:

- хімічний склад заданого сплаву;
- хімічний склад вихідної сировини;
- вміст домішок у кожному виді сировини;
- втрати окремих складових сплаву під час плавлення.

Врахування хімічного складу сплаву, що виплавляється, необхідне для того, щоб раціонально використовувати шихту, забезпечити виконання річної програми підприємства за номенклатурою продукції та уникнути утворення проміжних сплавів, тобто сплавів нестандартного складу, які потребують додаткової переробки.

Завдяки експрес-аналізу під час плавлення у разі переробки різної за хімічним складом вторинної сировини можна відразу отримати сплави заданих марок. Однак проміжні сплави все-таки утворюються, наприклад, за таких умов:

- у разі зливання частини розплаву з печі для звільнення місця під розшихтувальні матеріали;
- у разі зливання всього розплаву, розшихтувати який економічно недоцільно через необхідність уведення великої кількості первинного алюмінію;
- у разі зливання всього розплаву, розшихтувати який неможливо через великий надлишок у ньому легуючих компонентів.

У таких випадках виправдане введення цієї плавки в інші частини.

Хімічний склад сипких відходів (стружка, дрібні обрізки, зйоми) та однорідних партій брухту визначається досить точно. В інших випадках хімічний склад сировини, а також її загальну забрудненість і кількість металів-домішок, визначають лише приблизно. Неможливо, наприклад, відібрати представницьку пробу від літакового брухту. Тому технолог шихтує не тільки за результатами хімічного аналізу партій, а й на підставі власного досвіду з урахуванням характеру сировини, виду її підготовки та кінцевих результатів плавлення.

Попередня підготовка сировини значно полегшує шихтування, тому що брухт і кускові відходи в цьому випадку переводяться в стан одного з шихтових

сортів, а оброблена та розсортowana стружка комплектується в партії з визначеним хімічним складом.

У результаті сортування великокускової змішаної сировини, головна мета якого виявити алюмінієво-цинкові та алюмінієво-магнієві деталі, отримують шихтові сорти та залишок, який подається на плавлення без подальшого сортування як декласовані відходи. Причому їхній хімічний склад для конкретного заводу, що отримує сировину від постійного постачальника, досить сталий.

Як шихтові матеріали застосовують:

- брухт і кускові відходи за кусковими сортами;
- стружку та зйоми у вигляді однорідних партій із сертифікатами;
- первинні матеріали для розшихтування (первинний алюміній) та легування (силіцій, манган, лігатури тощо) із сертифікатами;
- браковані партії та проміжні сплави із сертифікатами;
- виплески, зйоми та інші оборотні матеріали, хімічний склад яких приймають за даними аналізу плавлення.

Вторинна алюмінієва сировина розподілена за фізичним станом на класи (брухт, відходи, стружка, зйоми), за хімічним складом – на групи, за показниками якості – на сорти.

Якщо у складі шихти співвідношення між шихтовими матеріалами відоме, слід вибрати групу (хімічний склад) для кожного шихтового матеріалу. Для цього складають рівняння для кожного хімічного елемента, що входить до складу алюмінієвого сплаву, за формулою:

$$C_i = \sum_{j=1}^n (a_j \cdot C_{ij}), \quad (1)$$

де C_i – масова частка i -го елемента у складі шихти, %;

C_{ij} – масова частка i -го елемента у складі j -го шихтового матеріалу, %;

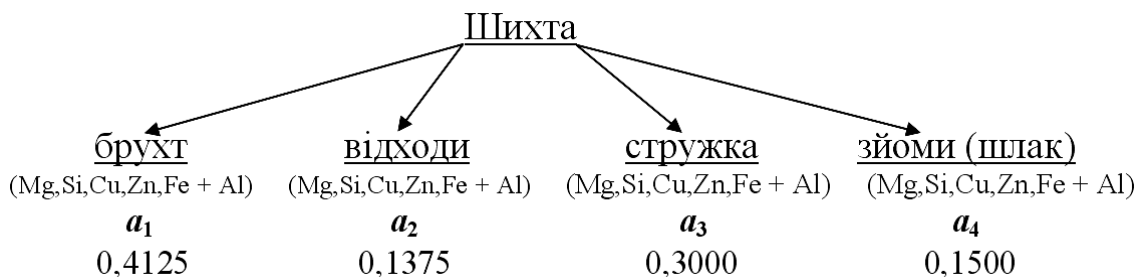
a_j – частка j -го шихтового матеріалу у складі шихти.

Приклад. Виплавити алюмінієвий сплав АК5М7, що містить 0,2–0,5 % Mg, 4,5–6,5 % Si, 6,0–8,0 % Cu, до 0,5 % Mn, до 0,6 % Zn, до 1,2 % Fe, Al – основа. Відомо, що шихта складається з 41,25 % брухту, 13,75 % відходів, 30,00 % стружки, 15,00 % зйомів. Хімічний склад зйомів відповідає середньому складу сплаву АК5М7. Вибрати групу (хімічний склад) для кожного компонента шихти (брухту, відходів, стружки), якщо на шихтовій ділянці

знаходиться стружка I, II, IX групи, брухт I...IX груп, відходи I...IX груп. Хімічний склад вторинної алюмінієвої сировини надано в табл. 2.

Розв'язання

Отже, потрібно вибрати групу (хімічний склад) для кожного компонента шихти:



Для складання шихтової композиції шляхом вибирання групи для кожного компонента шихти (брухт, відходи, стружка) при заданому складі зйомів (шлаку) проводимо попередній розрахунок шихти.

Для цього знаходимо сумарну масову частку кожного хімічного елемента (Mg, Si, Cu, Zn, Fe), який потрапляє в шихту з брухтом, відходами, стружкою і зйомами. Масова частка магнію у складі шихти за формулою (1) становить:

$$C_{Mg} = a_1 \cdot C_{Mg.брухт} + a_2 \cdot C_{Mg.відходи} + a_3 \cdot C_{Mg.стружка} + a_4 \cdot C_{Mg.зйом} . \quad (2)$$

Підставимо в рівняння (2.2) з початкових даних величини $a_1, a_2, a_3, a_4, C_{Mg.зйом}$:

$$C_{Mg} = 0,4125 \cdot C_{Mg.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Mg.відходи} + 0,30 \cdot C_{Mg.стружка} + 0,15 \cdot 0,35 .$$

Аналогічно складаємо рівняння для кожного хімічного елемента (Mg, Si, Cu, Zn, Fe), що входить до складу вторинної алюмінієвої сировини, за формулою (2.1). Отримаємо систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_{Mg} = 0,4125 \cdot C_{Mg.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Mg.відходи} + 0,30 \cdot C_{Mg.стружка} + 0,15 \cdot 0,35 , \quad (3) \\ C_{Si} = 0,4125 \cdot C_{Si.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Si.відходи} + 0,30 \cdot C_{Si.стружка} + 0,15 \cdot 5,5 , \quad (4) \\ C_{Cu} = 0,4125 \cdot C_{Cu.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Cu.відходи} + 0,30 \cdot C_{Cu.стружка} + 0,15 \cdot 7,00 , \quad (5) \\ C_{Zn} = 0,4125 \cdot C_{Zn.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Zn.відходи} + 0,30 \cdot C_{Zn.стружка} + 0,15 \cdot 0,60 , \quad (6) \\ C_{Fe} = 0,4125 \cdot C_{Fe.брухт} + 0,1375 \cdot C_{Fe.відходи} + 0,30 \cdot C_{Fe.стружка} + 0,15 \cdot 1,5 . \quad (7) \end{array} \right.$$

Таблиця 2 – Характеристика вторинної алюмінієвої сировини

Но- мер гру- пи	Назва групи	Металургійний вихід в залежності від сорту, %				Масова частка домішок ²⁾ , %, не більше				
		1	2	3	4	Mg	Si	Cu	Zn	Fe
I	Алюміній чистий (нелегований)	97	90	85	—	—	0,5	0,05	0,1	0,5
II	Сплави алюмінієві деформівні з низьким вмістом магнію	96	$\frac{90^{1)}}{93}$	$\frac{85^{1)}}{90}$	75	0,8	0,7	4,8	0,3	0,7
III	Сплави алюмінієві деформівні з підвищеним вмістом магнію					1,8	0,7	4,9	0,3	0,7
IV	Сплави алюмінієві ливарні з низьким вмістом міді					0,6	13,0	1,5	0,5	1,5
V	Сплави алюмінієві ливарні з високим вмістом міді					0,8	8,0	6,0	0,6	1,6
VI	Сплави алюмінієві деформівні з високим вмістом магнію	96	$\frac{85^{1)}}{90}$	75	—	6,8	0,8	0,2	0,2	0,5
VII	Сплави алюмінієві ливарні з високим вмістом магнію					13,0	1,3	0,3	0,2	1,5
VIII	Сплави алюмінієві деформовані з високим вмістом цинку					2,8	0,7	2,0	7,0	0,7
IX	Сплави алюмінієві ливарні з високим вмістом цинку					0,3	8,0	5,0	12,0	1,3

Примітки: 1) чисельник – брутто, знаменник – відходи;
2) Al – основа.

Металургійний вихід для стружки I...IX груп залежно від сорту: 1 сорт – 90 %, 2 сорт – 75 %, 3 сорт – 70 %, 4 сорт – 85 %.

Вибираємо номери груп для брухту, відходів і стружки, підставляємо величини C_{ij} в рівняння (3)–(7). Обчислюємо сумарні масові частки C_{Mg} , C_{Si} , C_{Cu} , C_{Zn} , C_{Fe} у шихті, які зіставляємо з відповідними значеннями масових часток Mg, Si, Cu, Zn, Fe у сплаві АК5М7 за державним стандартом. Результати розрахунку надано на рис.1.

Відповідь: Для розрахунку складу шихти вибрано брухт V групи, відходи IV групи, стружку I групи.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			ПОПЕРЕДНІЙ РОЗРАХУНОК ШИХТИ									
2		Вторинна алюмінієва сировина										Вихідні данні
3		1 група	2 група	3 група	4 група	5 група	6 група	7 група	8 група	9 група		Середній склад зйомів сплаву АК5М7
4	Mg	0	0,8	1,8	0,6	0,8	6,8	13	2,8	0,3		0,35
5	Si	0,5	0,7	0,7	13	8	0,8	1,3	0,7	8		5,5
6	Cu	0,05	4,8	4,9	1,5	6	0,2	0,3	2	5		7
7	Zn	0,1	0,3	0,3	0,5	0,6	0,2	0,2	7	12		0,6
8	Fe	0,5	0,7	0,7	1,5	1,6	0,5	1,5	0,7	1,3		1,5
9												
10		Шихтова композиція №1										
11		брухт 1	відходи 4	стружка 2	зйоми	сума	ДСТУ	коментар.				
12	Mg	0	0,0825	0,24	0,0525	0,375	0,2...0,5					
13	Si	0,20625	1,7875	0,21	0,825	3,0288	4,5...6,5	легувати				
14	Cu	0,020625	0,20625	1,44	1,05	2,7169	6...8	легувати				
15	Zn	0,04125	0,06875	0,09	0,09	0,29	до 0,6					
16	Fe	0,20625	0,20625	0,21	0,225	0,8475	до 1,2					
17												
18		Шихтова композиція №2										
19		брухт 2	відходи 3	стружка1	зйоми	сума	ДСТУ	коментар.				
20	Mg	0,33	0,2475	0	0,0525	0,63	0,2...0,5	розшихтувати				
21	Si	0,28875	0,09625	0,15	0,825	1,36	4,5...6,5	легувати				
22	Cu	1,98	0,67375	0,015	1,05	3,7188	6...8	легувати				
23	Zn	0,12375	0,04125	0,03	0,09	0,285	до 0,6					
24	Fe	0,28875	0,09625	0,15	0,225	0,76	до 1,2					
25												
26		Шихтова композиція №3										
27		брухт 5	відходи 4	стружка 1	зйоми	сума	ДСТУ	коментар.		Розшихтовка		
28	Mg	0,33	0,0825	0	0,0525	0,465	0,2...0,5			$0,1 \cdot X + 1,24125 \cdot (1 - X) = 1,2$		
29	Si	3,3	1,7875	0,15	0,825	6,0625	4,5...6,5			$X = 0,0359$ або $X = 3,59 \%$ < 20 %		
30	Cu	2,475	0,20625	0,015	1,05	3,7463	6...8	легувати				
31	Zn	0,2475	0,06875	0,03	0,09	0,4363	до 0,6					
32	Fe	0,66	0,20625	0,15	0,225	1,2413	до 1,2	розшихтувати				
33		Висновок: Для розрахунку вибираємо шихтову композицію №3.										

К < > > > \ Лист1 \ Лист2 / Лист3 /

Рисунок 1 – Попередній розрахунок шихти в програмі Microsoft Excel

Якщо розрахована кількість будь-якого i -го елемента у складі шихти перевищує його вміст у складі сплаву, для якого складається шихта, необхідно ввести у склад шихти розшихтувальні матеріали (тобто розшихтувати i -й елемент). Кількість розшихтувального матеріалу визначають за рівнянням матеріального балансу за i -м елементом:

$$b \cdot x + C_i \cdot (1 - x) = C, \quad (8)$$

де x – частка розшихтовки у кінцевому продукті;

b – масова частка i -го елемента у складі розшихтовки, %;

C – масова частка i -го елемента у складі сплаву за державним стандартом (середня – для легуючих елементів у складі алюмінієвого сплаву або допустима – для домішок у складі сплаву), %.

Економічно виправдано вводити до складу шихти первинний алюміній у кількості не більше 10 %. У навчальному розрахунку масова частка первинного алюмінію у складі шихти не повинна перевищувати 20 %. У разі більших кількостей алюмінію, потрібного для розшихтування, вибирають нову композицію шихти, змінюючи групи для шихтових матеріалів.

Якщо кількість легуючого елемента у складі шихти перебуває в межах або менша, ніж у складі алюмінієвого сплаву за державним стандартом, то вибрані групи для шихтових матеріалів відповідають заданим умовам. Отже, попередній розрахунок шихти (вибирання груп для шихтових матеріалів) завершено.

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Хімічний склад технічного алюмінію (ГОСТ 11069–2001)

Марка	Масова частка, %								
	Al, не менше	Домішки, не більше							
		Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Ga
A8	99,80	0,12	0,10	0,01	0,02	0,02	0,04	0,01	0,03
A7	99,70	0,16	0,15	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,03
A6	99,60	0,25	0,18	0,01	0,03	0,03	0,05	0,02	0,03
A5	99,50	0,30	0,25	0,02	0,05	0,03	0,06	0,02	0,03

Таблиця А.2 – Хімічний склад катодної міді (ГОСТ 859–2003)

Марка	Масова частка, %							
	Cu, не менше	Домішки, не більше						
		Fe	Ni	Pb+Sn	Sb+As	Zn	S+O ₂	Усього
M0	99,95	0,005	0,002	0,007	0,004	0,005	0,025	0,050
M1	99,90	0,005	0,002	0,007	0,004	0,005	0,086	0,100
M2	99,70	0,050	0,020	0,060	0,150	–	0,110	0,300
M3	99,50	0,050	0,020	0,100	0,100	–	0,110	0,500
M4	99,00	0,100	–	0,300	0,400	–	0,170	1,000

Таблиця А.3 – Хімічний склад губчастого титану (ГОСТ 17746–96)

Марка	Масова частка, %							
	Ti, не менше	Домішки, не більше						
		Fe	Si	Ni	C	Cl ₂	N ₂	O ₂
ТГ–90	99,74	0,05	0,01	0,04	0,02	0,08	0,02	0,04
ТГ–100	99,72	0,06	0,01	0,04	0,03	0,08	0,02	0,04
ТГ–110	99,67	0,09	0,02	0,04	0,03	0,08	0,02	0,05
ТГ–120	99,64	0,11	0,02	0,04	0,03	0,08	0,02	0,06
ТГ–130	99,56	0,13	0,03	0,04	0,03	0,10	0,03	0,08
ТГ–150	99,45	0,20	0,03	0,04	0,03	0,12	0,03	0,10
ТГ–ТВ	97,75	1,90	–	–	0,10	0,15	0,10	–

Таблиця А.4 – Хімічний склад кремнію (ГОСТ 2169–69), марганцю (ГОСТ 6008–90), цинку (ГОСТ 3640–79), магнію (ГОСТ 804–93), нікелю (ГОСТ 849–97)

Марка	Масова частка, %						
	Основний елемент, не менше	Домішки, не більше					
		Fe	Ca	Si	Al	Cu	Pb+Cd
	Силіцій						
Kp00	99,0	0,4	0,4	—	0,3	—	—
Kp0	98,8	0,5	0,4	—	0,4	—	—
Kp1	98,0	0,7	0,6	—	0,7	—	—
Kp2	97,0	1,0	0,8	—	1,2	—	—
Kp3	96,0	1,5	1,5	—	1,5	—	—
	Манган						
Mr1	96,50	2,30	—	0,80	0,70	0,03	—
Mr2	95,00	2,80	—	1,80	0,70	0,03	—
Mr1C	93,50	2,80	—	1,8...3,0	0,70	0,03	—
	Цинк						
Ц0	99,96	0,010	—	—	—	0,001	0,025
Ц1	99,95	0,015	—	—	—	0,002	0,030
Ц2	98,70	0,050	—	—	—	0,005	1,200
	Магній						
Mr96	99,96	0,004	—	0,004	0,002	0,002	—
Mr95	99,95	0,004	—	0,004	0,006	0,003	—
Mr90	99,90	0,040	—	0,009	0,006	0,004	—
	Нікель						
H0	99,80	0,040	—	0,002	—	0,060	—
H1	99,70	0,100	—	0,005	—	0,100	—
H2	98,90	0,250	—	0,300	—	0,150	—
H3	98,60	—	—	—	—	0,610	—
H4	97,60	—	—	—	—	0,610	—

Таблиця А.5 – Хімічний склад ливарних алюмінієвих сплавів за

Марка сплаву	Масова частка основних елементів, %				
	Mg	Si	Mn	Cu	інші
1	2	3	4	5	6
АЛ1	1,25–1,75	–	–	3,75–4,50	1,75–2,25 Ni
АЛ3	0,20–0,80	4,50–5,50	0,60–0,90	1,50–3,00	–
АЛ3В	0,35–0,60	4,00–6,00	0,20–0,80	1,50–3,50	–
АЛ4	0,17–0,30	8,00–10,5	0,20–0,50	–	–
АЛ4-1	0,25–0,35	9,00–10,5	0,20–0,35	–	0,08–0,15 Ti
АЛ5	0,35–0,60	4,50–5,50	–	1,00–1,50	–
ВАЛ8	0,20–0,45	7,00–8,50	–	2,50–3,50	0,50–1,00 Zn, 0,10–0,25 Ti
АЛ9-1	0,25–0,40	7,00–8,00	–	–	0,08–0,15 Ti
АЛ10В	0,20–0,50	4,00–6,00	–	5,00–8,00	–
АЛ11	0,10–0,30	6,00–8,00	–	–	7,00–12,0 Zn
АЛ13	4,50–5,50	0,80–1,30	0,10–0,40	–	–
АЛ15В	–	3,00–5,00	0,20–0,60	3,50–5,00	–
АЛ16В	–	3,00–5,00	0,20–0,50	2,00–4,00	2,00–4,00 Zn
АЛ17В	0,10–0,20	3,50–5,50	0,40–0,70	1,50–3,00	5,00–7,00 Zn
АЛ18В	–	1,50–2,50	0,30–0,80	7,50–9,50	1,00–1,80 Fe
АЛ19	–	–	0,60–1,00	4,50–5,30	0,15–0,35 Ti
АЛ21	0,80–1,30	–	0,15–0,25	4,60–6,00	2,60–3,60 Ni, 0,10–0,20 Cr
АЛ22	10,5–13,0	0,80–1,20	–	–	0,05–0,15 Ti, 0,03–0,07 Be
АЛ24	1,50–2,00	–	0,20–0,50	–	3,50–4,50 Zn, 0,10–0,20 Ti
АЛ29	6,00–8,00	0,50–1,00	0,25–0,60	–	–
АЛ30	0,80–1,30	11,0–13,0	–	0,80–1,50	0,80–1,30 Ni
АЛ32	0,30–0,50	7,50–9,00	0,30–0,50	1,00–1,50	0,10–0,30 Ti
АМr4K1,5M	4,50–5,20	1,30–1,70	0,60–0,90	0,70–1,00	0,10–0,25 Ti
АЛ34	0,35–0,55	6,50–8,50	–	–	0,15–0,40 Be, 0,10–0,30 Ti
AK4M4	–	3,00–5,00	–	3,50–5,50	–
AK4M2Ц6	–	3,50–5,50	0,40–0,70	1,60–3,00	5,00–7,00 Zn
AK5-1	0,40–0,55	4,50–5,50	–	1,00–1,50	0,08–0,15 Ti
AK5M2	0,20–0,80	4,00–6,00	0,20–0,80	1,50–3,50	0,05–0,20 Ti
AK5M2п	0,20–0,80	4,00–6,00	0,20–0,80	1,50–3,50	–
AK5M4	0,20–0,50	3,50–6,00	0,20–0,60	3,00–5,00	0,05–0,20 Ti
AK5M7	0,20–0,50	4,50–6,50	–	6,00–8,00	–
AK6M2	0,35–0,50	5,50–6,50	–	1,80–2,30	0,10–0,20 Ti
AK6M7	0,20–0,50	5,00–6,00	0,30–0,50	6,50–7,50	–

стандартами України, Росії, Німеччини, Франції, США, Японії

Марка сплаву	Масова частка домішок, не більше %								
	Mg	Si	Mn	Cu	Zn	Fe	Pb	Sn	інші
1	7	8	9	10	11	12	13	14	15
АЛ1	–	0,7	–	–	0,3	0,8	–	–	–
АЛ3	–	–	–	–	0,3	1,2	–	–	–
АЛ3В	–	–	–	–	0,5	1,3	–	–	–
АЛ4	–	–	–	0,3	0,3	0,5	0,03	0,008	0,1 Ni, 0,10 Be
АЛ4-1	–	–	–	0,1	0,3	0,3	0,03	0,005	0,15 Be
АЛ5	–	–	0,5	–	0,3	1,0	–	0,010	0,15 Ti+Zr, 0,1 Be
ВАЛ8	–	–	0,5	–	–	0,4	–	–	0,15 Zr, 0,15 Cd
АЛ9-1	–	–	0,1	0,1	0,2	0,4	0,03	–	–
АЛ10В	–	–	0,5	–	0,6	1,2	–	–	0,15 Zr
АЛ11	–	–	0,5	0,6	–	1,2	–	–	–
АЛ13	–	–	–	0,1	0,2	0,5	–	–	0,15 Zr
АЛ15В	0,5	–	–	–	2,0	1,3	–	–	–
АЛ16В	0,5	–	–	–	–	1,2	–	–	–
АЛ17В	–	–	–	–	–	2,0	–	–	–
АЛ18В	0,8	–	–	–	0,5	–	–	–	–
АЛ19	0,5	0,3	–	–	0,2	0,3	–	–	0,1 Ni, 0,2 Zr
АЛ21	–	0,5	–	–	0,3	0,6	–	–	–
АЛ22	–	–	–	–	0,1	1,0	–	–	0,20 Zr
АЛ24	–	0,3	–	0,2	–	0,5	–	–	0,1 Be, 0,1 Zr
АЛ29	–	–	–	0,1	0,2	0,9	–	–	–
АЛ30	–	–	0,2	–	0,2	0,7	0,05	0,01	0,2 Ti, 0,2 Cr
АЛ32	–	–	–	–	0,3	0,8	–	–	0,10 Zr
АМr4K1,5M	–	–	–	–	0,1	0,4	–	–	–
АЛ34	–	–	0,1	0,3	0,3	0,6	–	–	0,20 Zr
AK4M4	0,5	–	0,6	–	2,0	1,1	–	–	0,5 Ni
AK4M2Ц6	0,3	–	–	–	–	1,2	–	–	–
AK5-1	–	–	0,1	–	0,3	0,5	0,01	–	0,15 Zr
AK5M2	–	–	–	–	1,5	1,0	–	–	0,5 Ni
AK5M2п	–	–	–	–	0,3	1,0	–	–	–
AK5M4	–	–	–	–	1,5	1,2	–	–	0,5 Ni
AK5M7	–	–	0,5	–	0,6	1,2	–	–	0,5 Ni
AK6M2	–	–	0,1	–	0,06	0,5	–	–	0,05 Ni, 0,06 Zr
AK6M7	–	–	–	–	0,4	0,8	–	–	–

Продовження таблиці А.5

Марка сплаву	Масова частка основних елементів, %				
	Mg	Si	Mn	Cu	інші
1	2	3	4	5	6
AK7	0,20–0,55	6,00–8,00	0,20–0,60	–	–
AK7M	0,20–0,60	6,50–8,00	0,20–0,60	1,00–2,00	–
AK7M2	0,20–0,60	6,00–8,00	0,20–0,60	1,50–3,00	–
AK7M2п	0,20–0,60	6,00–8,00	0,20–0,60	1,50–3,00	–
AK7M3Ц2Mг	0,30–0,50	6,50–8,00	–	2,50–3,50	1,50–2,00 Zn, 0,07–0,20 Cr, 0,05–0,20 Ti
AK7Ц9	0,15–0,35	6,00–8,00	–	–	7,00–12,0 Zn
AK8M3	–	7,50–10,0	–	2,00–4,50	–
AK8л	0,40–0,60	6,50–8,50	–	–	0,10–0,30 Ti, 0,15–0,40 Be
AK9	0,20–0,40	8,00–11,0	0,20–0,50	–	–
AK9M2	0,25–0,85	7,50–10,0	0,10–0,40	0,50–2,00	0,05–0,20 Ti
AK9Ц6	0,35–0,55	8,00–10,0	0,10–0,60	0,30–1,50	5,00–7,00 Zn, 0,30–1,00 Fe
AK10Cy	0,15–0,55	9,00–11,0	0,30–0,60	–	0,10–0,25 Sb
AK12MMrH	0,85–1,35	11,0–13,0	–	0,80–1,50	0,80–1,30 Ni
AK12M2	–	11,0–13,0	–	1,80–2,50	0,60–0,90 Fe
AK12M2MrH	0,80–1,30	11,0–13,0	0,30–0,60	1,50–3,00	0,80–1,30 Ni, 0,05–0,20 Ti
AK21M2,5H2,5	0,30–0,60	20,0–22,0	0,20–0,40	2,20–3,00	2,20–2,80 Ni, 0,20–0,40 Cr, 0,10–0,30 Ti
A-S5UZ (FRA)	–	5,00–7,00	0,20–0,60	3,00–5,00	–
A-S9GU (FRA)	0,15–0,50	8,00–11,0	0,25–0,60	0,40–1,00	–
DIN226	0,20–0,50	8,00–11,0	0,10–0,50	2,50–3,50	–
DIN226D	0,10–0,50	8,00–11,0	0,10–0,40	2,50–3,50	–
DIN1725	0,10–0,50	5,00–7,50	0,10–0,60	3,00–5,00	–
ADC12	–	9,60–12,0	–	1,50–3,50	–
380 (USA)	–	7,50–9,50	–	3,00–4,00	–
238 (USA)	0,10–0,40	3,00–5,00	0,50–0,70	9,50–10,5	0,80–1,20 Ni, 0,20–0,30 Ti
328 (USA)	0,20–0,60	7,00–9,00	0,20–0,60	1,00–2,00	0,10–0,40 Ni, 0,20–0,30 Ti
AC4B (JPN)	–	7,00–10,0	–	2,00–4,00	–
AC8B (JPN)	0,50–1,50	8,50–10,5	–	2,00–4,00	0,10–1,00 Ni
AC2A (JPN)	–	4,00–6,00	–	3,00–4,50	–

Марка сплаву	Масова частка домішок, не більше %								
	Mg	Si	Mn	Cu	Zn	Fe	Pb	Sn	інші
1	7	8	9	10	11	12	13	14	15
AK7	–	–	–	–	1,5	0,5	1,0	–	–
AK7M	–	–	–	–	1,0	0,8	–	–	–
AK7M2	–	–	–	–	0,5	1,0	–	–	–
AK7M2п	–	–	–	–	0,3	1,0	–	–	–
AK7M3Ц2Mг	–	–	0,25	–	–	0,5	–	–	–
AK7Ц9	–	–	0,5	0,6	–	1,2	–	–	–
AK8M3	0,45	–	0,5	–	1,2	1,3	0,5	–	0,5 Ni
AK8л	–	–	0,1	0,3	0,3	0,5	–	–	0,5 Pb+Sn
AK9	–	–	–	1,0	0,5	1,2	–	–	0,3 Ni
AK9M2	–	–	–	–	1,2	0,9	0,15	–	0,5 Ni, 0,1 Cr
AK9Ц6	–	–	–	–	–	–	0,3	–	0,3 Ni
AK10Cy	–	–	–	1,8	1,8	1,1	–	–	0,5 Ni
AK12MMrH	–	–	0,2	–	0,2	0,6	0,05	0,01	0,2 Ti, 0,2 Cr
AK12M2	0,2	–	0,5	–	0,8	–	0,15	0,1	0,2 Ti, 0,3 Ni
AK12M2MrH	–	–	–	–	0,5	0,8	0,1	0,02	0,2 Cr
AK21M2,5H2,5	–	–	–	–	0,2	0,9	0,05	0,01	–
A-S5UZ (FRA)	0,3	–	–	–	2,0	1,0	–	–	0,3 Ni, 0,25 Ti
A-S9GU (FRA)	–	–	–	–	0,5	0,9	–	–	0,2 Ni, 0,2 Ti
DIN226	–	–	–	–	1,2	0,7	0,2	0,1	0,3 Ni, 0,15 Ti
DIN226D	–	–	–	–	1,2	1,0	0,2	0,1	0,3 Ni, 0,15 Ti
DIN1725	–	–	–	–	2,0	1,0	–	–	0,3 Ni, 0,15 Ti
ADC12	0,3	–	0,5	–	1,0	0,9	–	–	0,5 Ni, 0,15 Ti
380 (USA)	0,3	–	0,5	–	3,0	1,0	–	0,35	0,5 Ni
238 (USA)	–	–	–	–	1,5	1,5	–	–	–
328 (USA)	–	–	–	–	1,5	1,0	–	–	–
AC4B (JPN)	0,5	–	0,5	–	1,0	1,0	–	–	0,35 Ni, 0,2 Ti
AC8B (JPN)	–	–	0,5	–	0,5	1,0	–	–	0,2 Ti
AC2A (JPN)	0,25	–	0,55	–	0,55	0,8	–	–	0,3 Ni, 0,2 Ti