

КУРСОВА РОБОТА

на тему «РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВИПЛАВЛЕННЯ
СПЛАВУ ІЗ ВТОРИННОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ СИРОВИНИ»

Завдання для розрахункової частини курсової роботи

Розрахувати матеріальний баланс виплавлення сплаву марки *A* (табл. 2) із вторинної алюмінієвої сировини, якщо шихта складається з a_1 % брухту, a_2 % відходів, a_3 % стружки, a_4 % зйомів (табл. 2).

Відомо:

- хімічний склад алюмінієвого сплаву марки *A*, для якого складається шихта, надано в табл.А.5 (див. Додаток А);
- компоненти шихти (брухт, відходи, стружка, зйоми) можуть бути таких груп: стружка I, II, IX групи, брухт I–IX груп, відходи I–IX груп, хімічний склад зйомів відповідає середньому складу сплаву марки *A*;
- співвідношення між сортами для компонентів шихти: для брухту 1 сорт – 20 %, 2 сорт – 80 %; для відходів 1 сорт – 25 %, 2 сорт – 75 %; для стружки 1 сорт – 50 %, 2 сорт – 20 %, 4 сорт – 30 %; для зйомів 1 сорт – 100 %;
- характеристику вторинної алюмінієвої сировини наведено в табл.А.6 (див. Додаток А) та хімічний склад первинних матеріалів для розшихтування та легування надано в табл.А.1 – табл.А.4 (див. Додаток А);
- витрата флюсів і втрати металу надано в табл.А.7 (див. Додаток А);
- угар металів під час плавлення вторинної сировини надано в табл.А.8 (див. Додаток А).

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахункового завдання

№ варіанта	Марка алюмінієвого сплаву <i>A</i>	Масова частка компонента шихти, %				№ варіанта	Марка алюмінієвого сплаву <i>A</i>	Масова частка компонента шихти, %			
		a_1	a_2	a_3	a_4			a_1	a_2	a_3	a_4
1	AK9Ц6	44	16	25	15	14	AK5M2	38	20	30	12
2	AK4M4AK5M2	36	12	34	18	15	AK7Ц9	44	16	25	15
3	AC4B (JPN)	44	16	25	15	16	AK10Cy	36	12	34	18
4	AL11	36	12	34	18	17	AK8M3	44	16	25	15
5	DIN226D	44	16	25	15	18	AC4B (JPN)	36	12	34	18
6	AK4M4	36	12	34	18	19	380 (USA)	44	16	25	15
7	238 (USA)	44	16	25	15	20	AK4M2Ц6	36	12	34	18
8	A–S5UZ (FRA)	36	12	34	18	21	DIN1725	44	16	25	15
9	AC8B (JPN)	44	16	25	15	22	AK6M7	36	12	34	18
10	AK5M4	36	12	34	18	23	A–S9GU (FRA)	44	16	25	15
11	AL15B	44	16	25	15	24	AK7M2	36	12	34	18
12	AK9M2	36	12	34	18	25	DIN226	38	20	30	12
13	AK9M2	44	16	25	15	26	328 (USA)	44	16	25	15

2 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВИПЛАВЛЕННЯ СПЛАВУ ІЗ ВТОРИННОЇ АЛЮМІНІЄВОЇ СИРОВИНИ

2.1 Розрахунок шихти для виплавлення сплаву із вторинної алюмінієвої сировини

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 виплавленні 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, основані 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 частинами.

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 розсортована 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, %;

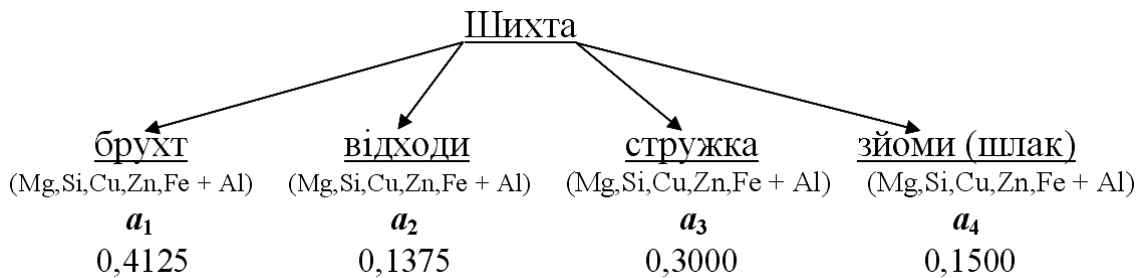
a_j – частка j -го шихтового матеріалу у складі шихти.

Приклад 1. Потрібно 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. 2.1.

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:

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

Підставимо в рівняння (2) з початкових даних величини $a_1, a_2, a_3, a_4, C_{Mg.зйоми}$:

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

Аналогічно складаємо рівняння для кожного хімічного елемента (Mg, Si, Cu, Zn, Fe), що входить до складу вторинної алюмінієвої сировини, за формулою (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 1 – 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					6,8	0,8	0,2	0,2	0,5
VII	Сплави алюмінієві ливарні з високим вмістом магнію	96	$\frac{85^{1)}$ 90	75	–	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 – брут, 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	стружка 1	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.				
28	Mg	0,33	0,0825	0	0,0525	0,465	0,2...0,5	Розшихтовка				
29	Si	3,3	1,7875	0,15	0,825	6,0625	4,5...6,5	0,1*X+1,24125*(1-X)=1,2				
30	Cu	2,475	0,20625	0,015	1,05	3,7463	6...8	X=0,0359 або X=3,59 % < 20 %				
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.											

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. Далі виконують розрахунок шихти для отримання алюмінієвого сплаву за методикою, поданою в прикладі 2.

Приклад 2. Розрахувати склад шихти для виплавлення сплаву АК5М7 (табл. 2) із вторинної алюмінієвої сировини, якщо шихта складається з брухту, відходів, стружки, зйомів. Склад зйомів відповідає середньому складу сплаву, що розраховується. Співвідношення між складовими шихти:

– брухт та відходи – 55 % (серед них 3/4 брухту та 1/4 відходів), в тому числі: брухту 1 сорту – 20 %, брухту 2 сорту – 80 %, відходів 1 сорту – 25 %, відходів 2 сорту – 75 %;

– стружка – 30 %, в тому числі: стружки 1 сорту – 50 %, стружки 2 сорту – 20 %, стружки 4 сорту – 30 %;

– зйоми – 15 %, в тому числі: зйомів 1 сорту – 100 %.

Таблиця 2 – Хімічний склад сплаву АК5М7

Масова частка елементів, %					
Основні компоненти			Домішки, не більше		
Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe
0,2–0,5	4,5–6,5	6,0–8,0	0,5	0,6	1,2

Розв'язання

Розрахунок проводимо на 100 кг шихти. Для отримання 100 кг шихти

необхідно:

– брухт й відходи – 55 кг (серед них 41,25 кг брухту і 13,75 кг відходів), у тому числі:

брухту 1-го сорту – $41,25 \cdot 0,20 = 8,25$ кг,

брухту 2-го сорту – $41,25 \cdot 0,80 = 33,00$ кг,

відходів 1-го сорту – $13,75 \cdot 0,25 = 3,44$ кг,

відходів 2-го сорту – $13,75 \cdot 0,75 = 10,31$ кг;

– стружка – 30 кг, у тому числі:

стружки 1-го сорту – $30,00 \cdot 0,50 = 15,00$ кг,

стружки 2-го сорту – $30,00 \cdot 0,20 = 6,00$ кг,

стружки 4-го сорту – $30,00 \cdot 0,30 = 9,00$ кг;

– зйоми – 15 кг, у тому числі:

зйомів 1-го сорту – $15,00 \cdot 1,00 = 15,00$ кг.

За складом сплаву АК5М7 вибираємо з наявної на шихтовій ділянці вторинної сировини необроблені автомобільні поршні з пальцями (алюмінієвий брухт), ливники та дрібну обрізь (алюмінієві відходи), нелеговану стружку.

Характеристику брухту наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Характеристика алюмінієвого брухту

Компонент шихти	Маса, кг	Металургійний вихід, %	Масова частка, %				
			Mg	Si	Cu	Zn	Fe
Брухт 1-го сорту	8,25	96	0,8	8,0	6,0	0,6	1,6
Брухт 2-го сорту	33,00	90	0,8	8,0	6,0	0,6	1,6

Визначаємо середній металургійний вихід

$$(8,25 \cdot 0,96 + 33,00 \cdot 0,90) : 41,25 = 0,9120$$

і забрудненість алюмінієвого брухту:

$$(8,25 \cdot 4 + 33,00 \cdot 10) : 41,25 = 8,80 \%$$

Результати розрахунків складу брухту зводимо у табл. 4.

Таблиця 4 – Склад алюмінієвого брухту

Елемент	Mg	Si	Cu	Zn	Fe	Забрудненість	Al	Сума
Масова частка, %	0,730	7,296	5,472	0,547	1,459	8,800	75,696	100,00
Кількість, кг	0,301	3,010	2,257	0,226	0,602	3,630	31,224	41,25

Металева частина брухту становить

$$41,25 - 3,63 = 37,62 \text{ кг.}$$

Характеристику відходів наведено у табл. 5.

Таблиця 5 – Характеристика алюмінієвих відходів

Компонент шихти	Маса, кг	Металургійний вихід, %	Масова частка, %				
			Mg	Si	Cu	Zn	Fe
Відходи 1-го сорту	3,44	96	0,6	13,0	1,5	0,5	1,5
Відходи 2-го сорту	10,31	93	0,6	13,0	1,5	0,5	1,5

Визначаємо середній металургійний вихід

$$(3,44 \cdot 0,96 + 10,31 \cdot 0,93) : 13,75 = 0,9375$$

і забрудненість відходів:

$$(3,44 \cdot 4 + 10,31 \cdot 7) : 13,75 = 6,25 \text{ \%}.$$

Результати розрахунків складу відходів зводимо у табл. 6.

Таблиця 6 – Склад відходів

Елемент	Mg	Si	Cu	Zn	Fe	Забрудненість	Al	Сума
Масова частка, %	0,563	12,187	1,406	0,469	1,406	6,250	77,719	100,00
Кількість, кг	0,077	1,676	0,193	0,065	0,193	0,860	10,686	13,75

Металева частина відходів становить

$$13,75 - 0,86 = 12,89 \text{ кг.}$$

Характеристику стружки наведено у табл.7.

Таблиця 7 – Характеристика алюмінієвої стружки

Компонент шихти	Маса, кг	Металургійний вихід, %	Масова частка, %				
			Mg	Si	Cu	Zn	Fe
Стружка 1-го сорту	15,00	90	–	0,5	0,05	0,1	0,5
Стружка 2-го сорту	6,00	75	–	0,5	0,05	0,1	0,5
Стружка 4-го сорту	9,00	85	–	0,5	0,05	0,1	0,5

Визначаємо середній металургійний вихід

$$(15,00 \cdot 0,90 + 6,00 \cdot 0,75 + 9,00 \cdot 0,85) : 30,00 = 0,8550$$

і забрудненість стружки:

$$(15,00 \cdot 10 + 6,00 \cdot 25 + 9,00 \cdot 15) : 30,00 = 14,50 \%$$

Результати розрахунків складу стружки зводимо у табл. 8.

Таблиця 8 – Склад стружки

Елемент	Mg	Si	Cu	Zn	Fe	Забрудненість	Al	Сума
Масова частка, %	–	0,428	0,043	0,086	0,428	14,500	84,515	100,00
Кількість, кг	–	0,128	0,013	0,026	0,128	4,350	25,355	30,00

Металева частина стружки становить

$$30,00 - 4,35 = 25,65 \text{ кг.}$$

Склад зйомів визначається середнім складом сплаву АК5М7 (табл. 2.9).

Таблиця 9 – Характеристика алюмінієвих зйомів

Компонент шихти	Маса, кг	Металургійний вихід, %	Масова частка, %					
			Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe
Зйоми 1-го сорту	15,00	80	0,35	5,5	7,0	0,5	0,6	1,5

Визначаємо середній металургійний вихід

$$15,00 \cdot 0,80 : 15,00 = 0,8000$$

і забрудненість зйомів:

$$15,00 \cdot 20 : 15,00 = 20,00 \%$$

Результати розрахунків складу зйомів зводимо у табл. 2.10.

Таблиця 10 – Склад зйомів

Елемент	Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe	Забрудненість	Al	Сума
Масова частка, %	0,280	4,400	5,600	0,400	0,480	1,200	20,000	67,640	100,00
Кількість, кг	0,042	0,660	0,840	0,060	0,072	0,180	3,000	10,146	15,00

Металева частина зйомів становить

$$15,00 - 3,00 = 12,00 \text{ кг.}$$

Складаємо перший розрахунковий склад шихти (табл. 11).

Таблиця 11 – Перший розрахунковий склад шихти

Компонент шихти	Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe	Забрудненість	Al	Сума	Сума металу
Брухт	0,301	3,010	2,257	–	0,226	0,602	3,63	31,224	41,25	
Відходи	0,077	1,676	0,193	–	0,065	0,193	0,86	10,686	13,75	
Стружка	–	0,128	0,013	–	0,026	0,128	4,35	25,355	30,00	
Зйоми	0,042	0,660	0,840	0,060	0,072	0,180	3,00	10,146	15,00	
Сума, кг	0,420	5,474	3,303	0,060	0,389	1,103	11,84	77,411	100,00	88,16
Сума, %	0,477	6,209	3,747	0,068	0,441	1,251	–	87,807	–	100,00

З першого розрахункового складу шихти випливає, що для отримання потрібного складу сплаву необхідно зменшити кількість заліза до масової частки його у продукті не більше, ніж 1,2 %. Як розшихтувальний матеріал використовуємо чушковий первинний алюміній марки А80, що містить 99,80 % Al, 0,08 % Si, 0,10 % Fe, 0,02 % Zn (див. Додаток А, табл. А.1).

Кількість розшихтовки на 100 кг металевої частини кінцевого продукту визначаємо за рівнянням матеріального балансу за залізом:

$$0,100 \cdot x + 1,251 \cdot (1 - x) = 1,200,$$

де x – частка розшихтовки у кінцевому продукті;

0,100; 1,251; 1,200 – масова частка заліза відповідно у розшихтовці, першому розрахунковому складі шихти, кінцевому продукті, %.

Звідки $x = 0,0443$.

Таким чином, для отримання 100 кг металевої частини кінцевого продукту потрібно 4,43 кг розшихтовки марки А80 та 95,57 кг металевої частини першого розрахункового складу шихти.

Складаємо другий розрахунковий склад шихти після розшихтування заліза первинним алюмінієм (табл. 12).

З другого розрахункового складу шихти випливає, що для отримання потрібного складу сплаву необхідно збільшити кількість міді додаванням її до досягнення середньої масової частки у кінцевому продукті 7,0 %. Як легуючий матеріал використовуємо листову катодну мідь марки М4 ГОСТ 859–2003 (99,90 % Cu; 0,10 % Fe).

Кількість легуючого матеріалу на 100 кг металевої частини кінцевого про-

Таблиця 12 – Другий розрахунковий склад шихти

Компонент шихти	Частка	Масова частка, %							Кількість, кг
		Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe	Al	
Шихта №1	0,9557	0,456	5,934	3,581	0,065	0,421	1,196	83,917	95,57
Розшихтовка	0,0443	–	0,004	–	–	0,001	0,004	4,421	4,43
Усього	1,0	0,456	5,938	3,581	0,065	0,422	1,200	88,338	100,00

дукту визначаємо за рівнянням матеріального балансу за міддю:

$$99,900 \cdot x + 3,581 \cdot (1 - x) = 7,000,$$

де x – частка легуючого компонента у кінцевому продукті;

99,000; 3,581; 7,000 – масова частка міді відповідно у легуючому компоненті, другому розрахунковому складі шихти, кінцевому продукті, %.

Звідси $x = 0,0355$.

Отже, для отримання 100 кг металеві частини кінцевого продукту потрібно 3,55 кг катодної міді марки М4 та 96,45 кг металеві частини другого розрахункового складу шихти.

Складаємо третій розрахунковий склад шихти після додавання міді (табл. 13).

Таблиця 13 – Третій розрахунковий склад шихти

Компонент шихти	Частка	Масова частка, %							Кількість, кг
		Mg	Si	Cu	Mn	Zn	Fe	Al	
Шихта №2	0,9645	0,440	5,727	3,454	0,063	0,407	1,157	85,202	96,45
Мідь М4	0,0355	–	–	3,546	–	–	0,004	–	3,55
Усього	1,0	0,440	5,727	7,000	0,063	0,407	1,161	85,202	100,00

Третій розрахунковий склад шихти (табл. 13) відповідає вимогам, що забезпечують отримання сплаву заданого складу за всіма компонентами.

Визначаємо масу складових шихти для отримання сплаву:

$$\text{брухт 1-го сорту} \quad 8,25 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 7,60 \text{ кг,}$$

$$\text{брухт 2-го сорту} \quad 33,00 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 30,42 \text{ кг,}$$

$$\text{відходи 1-го сорту} \quad 3,44 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 3,17 \text{ кг,}$$

відходи 2-го сорту	$10,31 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 9,50$ кг,
стружка 1-го сорту	$15,00 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 13,83$ кг,
стружка 2-го сорту	$6,00 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 5,53$ кг,
стружка 4-го сорту	$9,00 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 8,30$ кг,
зйоми 1-го сорту	$15,00 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 13,83$ кг,
розшихтовка А80	$4,43 \cdot 0,9645 = 4,27$ кг,
мідь М4	3,55 кг
<hr/>	
Усього	100,00 кг

Результати розрахунків складу шихти за компонентами зводимо у табл. 14.

Визначаємо масу металевої частини шихти, враховуючи забрудненість її складових (табл. 15).

Таблиця 15 – Кількість і склад металевої частини шихти

Компонент	Кількість, кг	Масова частка, %
Брухт	$7,60 \cdot 0,96 + 30,42 \cdot 0,90 = 34,67$	38,92
Відходи	$3,17 \cdot 0,96 + 9,50 \cdot 0,93 = 11,88$	13,34
Стружка	$13,83 \cdot 0,90 + 5,53 \cdot 0,75 + 8,30 \cdot 0,85 = 23,65$	26,55
Зйоми	$13,83 \cdot 0,80 = 11,06$	12,42
Розшихтовка	4,27	4,79
Мідь	3,55	3,98
Усього	89,08	100,00

Визначаємо загальну забрудненість шихти:

брухт	$8,80 \cdot 41,25 : 100 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 3,35$ %,
відходи	$6,25 \cdot 13,75 : 100 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 0,79$ %,
стружка	$14,50 \cdot 30,00 : 100 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 4,01$ %,
зйоми	$20,00 \cdot 15,00 : 100 \cdot 0,9557 \cdot 0,9645 = 2,77$ %.
<hr/>	
Усього	10,92 %

Отже, загальна забрудненість шихти становить 10,92 %. Якщо таку шихту направити на плавлення, то видобування металу у сплав АК5М7 досягне 91,58 %, витрата флюсу – 364,10 кг на 1 т шихти. Економічна ефективність плавлення такої сировини буде низькою. Для підвищення економічної ефективності металургійної переробки вибраної сировини потрібна первинна

Таблиця 14 – Склад шихти для плавки

Компонент шихти	Маса шихти, кг	Маса металу, кг	Вміст елементів у шихті					
			Mg		Si		Cu	
			%	кг	%	кг	%	кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Брухт 1-го сорту	7,60	7,29	0,8	0,058	8,0	0,583	6,0	0,437
Брухт 2-го сорту	30,42	27,38	0,8	0,219	8,0	2,190	6,0	1,643
Відходи 1-го сорту	3,17	3,04	0,6	0,018	13,0	0,395	1,5	0,046
Відходи 2-го сорту	9,50	8,84	0,6	0,053	13,0	1,149	1,5	0,133
Стружка 1-го сорту	13,83	12,45	–	–	0,5	0,062	0,05	0,006
Стружка 2-го сорту	5,53	4,15	–	–	0,5	0,021	0,05	0,002
Стружка 4-го сорту	8,30	7,05	–	–	0,5	0,035	0,05	0,004
Зйоми 1-го сорту	13,83	11,06	0,35	0,039	5,5	0,608	7,0	0,774
Розшихтовка	4,27	4,27	–	–	0,08	0,003	–	–
Мідь М4	3,55	3,55	–	–	–	–	99,90	3,546
Усього	100,00	89,08	0,434	0,387	5,665	5,046	7,399	6,591

Продовження таблиці 14

Компонент шихти	Вміст елементів у шихті							
	Zn		Fe		Mn		Al	
	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
1	10	11	12	13	14	15	16	17
Брухт 1-го сорту	0,6	0,044	1,6	0,117	–	–	83,00	6,051
Брухт 2-го сорту	0,6	0,164	1,6	0,438	–	–	83,00	22,726
Відходи 1-го сорту	0,5	0,015	1,5	0,046	–	–	82,90	2,520
Відходи 2-го сорту	0,5	0,044	1,5	0,133	–	–	82,90	7,328
Стружка 1-го сорту	0,1	0,013	0,5	0,062	–	–	98,85	12,307
Стружка 2-го сорту	0,1	0,004	0,5	0,021	–	–	98,85	4,102
Стружка 4-го сорту	0,1	0,007	0,5	0,035	–	–	98,85	6,969
Зйоми 1-го сорту	0,6	0,067	1,5	0,166	0,5	0,055	84,55	9,351
Розшихтовка	0,02	0,001	0,1	0,004	–	–	99,80	4,262
Мідь М4	–	–	0,1	0,004	–	–	–	–
Усього	0,403	0,359	1,152	1,026	0,062	0,055	84,885	75,616

підготовка окремих її складових.

Примітка. Видобування металу у сплав, витрату флюсів, механічні втрати металу тощо. визначаємо інтерполяцією за даними табл.16. Наприклад, видобування металу у сплав під час плавлення шихти, що містить 10,92 % забруднень становить

$$93,4 - \frac{93,4 - 90,9}{12,00 - 8,00} \cdot (10,92 - 8,00) = 91,58 \%,$$

витрата флюсів

$$240 + \frac{410 - 240}{12,00 - 8,00} \cdot (10,92 - 8,00) = 364,10 \text{ кг.}$$

Таблиця А.7 – Вплив забрудненості шихти на видобування металу під час плавлення у паливних печах

Масова частка забруднень, %	Оптимальна витрата флюсу, кг/т шихти	Видобування металу, %	Втрати металу, %			
			внаслідок окиснення	механічні	інші	загальні
1	40	97,5	0,4	1,8	0,3	2,5
4	160	95,6	1,0	3,1	0,3	4,4
8	240	93,4	1,7	4,5	0,4	6,6
12	410	90,9	2,5	6,1	0,4	9,1
16	580	87,8	3,8	7,9	0,5	12,2

2.2 Розрахунок матеріального балансу виплавлення сплаву із вторинної алюмінієвої сировини

Під час складання матеріального балансу плавлення вторинної алюмінієвої сировини потрібно враховувати механічні втрати металу зі шлаком, угар шихти, її забрудненість тощо. Витрату флюсів і втрати металу під час плавлення вторинної алюмінієвої сировини визначають залежно від загальної засміченості шихти (табл. 16).

Угар шихти під час плавлення розраховують за формулою:

$$U = 10^{-2} \cdot \sum_{i=1}^n (U_i \cdot C_i), \quad (9)$$

де U_i – угар i -го елемента сплаву (табл. 17), %;

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

n – кількість елементів у складі сплаву.

Таблиця 17 – Угар металів під час виплавлення алюмінієвих сплавів

Метал	Угар металу залежно від типу печі, %	
	паливна піч	електропіч
Al	2,0–3,0	0,8–1,0
Mg	3,0–10,0	2,0–3,0
Zn	3,0–5,0	0–2,0
Cu	2,0–3,0	0,5–1,0
Mn	2,0–3,0	1,0–1,5
Si	1,5–2,0	1,0–1,5
Fe	0,5–1,0	0,5–1,0
Ni	1,0–1,2	0,5–1,0
Ti	2,0–5,0	1,0–1,5
Zr	3,0–5,0	1,0–2,0
Be	5,0–7,0	2,0–3,0
Sn	1,5–2,0	0,5–1,0
Cd	5,0–10,0	1,0–2,0

Методику складання матеріального балансу плавлення вторинної алюмінієвої сировини подано у прикладі 3.

Приклад 3. Скласти матеріальний баланс плавлення вторинної алюмінієвої сировини для отримання 1 т сплаву АК5М7. Склад шихти для виплавлення сплаву АК5М7 наведено в табл.14. Угар металів для паливної печі становить, %: Mg – 6,5; Si – 1,75; Cu – 2,5; Mn – 2,5; Zn – 4,0; Fe – 0,75; Al – 2,5.

Розв'язання

Видобування металу під час плавлення підготовленої шихти з урахуванням втрат становить

$$100,00 - 5,67 = 94,33 \%,$$

де 100,00 – спільний вміст металу у шихті, %;

5,67 – механічні втрати металу зі шлаком (див. табл.16), %.

Угар шихти під час плавлення розраховуємо за формулою (9):

$$(6,5 \cdot 0,434 + 1,75 \cdot 5,665 + 2,5 \cdot 7,399 + 2,5 \cdot 0,062 + \\ + 4,0 \cdot 0,403 + 0,75 \cdot 1,152 + 2,5 \cdot 84,885) / 100 = 2,46 \%$$

Тоді загальне видобування металу з урахуванням угару шихти становить:

$$94,33 - 2,46 = 91,87 \%$$

Для отримання 1000 кг сплаву потрібно, щоб шихта містила металу

$$1000 : 0,9187 = 1088,49 \text{ кг,}$$

у тому числі:

брухту	$1088,49 \cdot 0,3892 = 423,64 \text{ кг,}$
відходів	$1088,49 \cdot 0,1334 = 145,21 \text{ кг,}$
стружки	$1088,49 \cdot 0,2655 = 288,99 \text{ кг,}$
зйомів	$1088,49 \cdot 0,1242 = 135,19 \text{ кг,}$
розшихтовки	$1088,49 \cdot 0,0479 = 52,14 \text{ кг,}$
міді	$1088,49 \cdot 0,0398 = 43,32 \text{ кг.}$

Визначаємо, скільки потрібно зашихтувати (у натуральному виді) кожного компонента з урахуванням забрудненості тощо.

Визначаємо масу бруто кожного компонента шихти, враховуючи забрудненість та ін.:

брухту	$423,64 : 0,9120 = 464,52 \text{ кг,}$
відходів	$145,21 : 0,9375 = 154,89 \text{ кг,}$
стружки	$288,99 : 0,8550 = 338,00 \text{ кг,}$
зйомів	$135,19 : 0,8000 = 168,99 \text{ кг,}$
розшихтовки	52,14 кг,
міді	43,32 кг.

Отже, загальна витрата шихти на плавлення становить

$$464,52 + 154,89 + 338,00 + 168,99 + 52,14 + 43,32 = 1221,86 \text{ кг.}$$

Визначаємо кількість вологи й мастила, що потрапляють на плавлення зі стружкою:

$$338,00 - 288,99 = 49,01 \text{ кг.}$$

За даними практики приймаємо, що масова частка мастила та вологи у забрудненнях становить відповідно 15 та 20 %.

Кількість вологи у стружці становить

$$49,01 \cdot 20 : 100 = 9,80 \text{ кг,}$$

мастила –

$$49,01 \cdot 15 : 100 = 7,35 \text{ кг.}$$

Визначаємо кількість повітря, необхідного для згоряння мастила та окиснення металу шихти. Приймаємо, що мастило складається з 85 % вуглецю та 15 % водню. Отже, мастило містить

$$7,35 \cdot 85 : 100 = 6,25 \text{ кг вуглецю,}$$

$$7,35 \cdot 15 : 100 = 1,10 \text{ кг водню.}$$

При згорянні 6,25 кг вуглецю витрачається

$$6,25 \cdot 32 : 12 = 16,67 \text{ кг кисню}$$

і утворюється $6,25 \cdot 44/12 = 22,92 \text{ кг CO}_2$.

При згорянні 1,10 кг водню витрачається

$$1,10 \cdot 16 : 2 = 8,80 \text{ кг кисню}$$

і утворюється $1,10 \cdot 18 / 2 = 9,90 \text{ кг H}_2\text{O}$.

Для визначення кількості кисню, що витрачається на окиснення металу шихти (втрати металу внаслідок окислення 2,28 %), знайдемо масу окисненого алюмінію:

$$1088,49 \cdot 2,28 : 100 = 24,82 \text{ кг.}$$

Тоді кисню потрібно

$$24,82 \cdot 96 : 108 = 22,06 \text{ кг.}$$

Отже, необхідна для плавлення кількість кисню становить

$$16,67 + 8,80 + 22,06 = 47,53 \text{ кг}$$

або витрачається

$$(16,67 + 8,80 + 22,06) : 0,21 = 226,33 \text{ кг повітря.}$$

Під час плавлення утворюється

$$22,92 + 9,80 + 9,90 + (226,33 - 47,53) = 221,42 \text{ кг димових газів.}$$

Разом із 1221,86 кг шихти у плавильну піч надходить

$$1221,86 - 1088,49 = 133,37 \text{ кг забруднення.}$$

З цієї кількості забруднення у шлак переходить

$$133,37 - (7,35 + 9,80) = 116,22 \text{ кг оксидів.}$$

Для плавлення 1т шихти із забрудненістю 10,92 % потрібно 364,10 кг флюсу (NaCl:KCl). Перерахуємо кількість флюсу для плавлення 1221,86 кг шихти:

$$1221,86 \cdot 364,10 : 1000 = 444,88 \text{ кг.}$$

Визначаємо кількість у цій суміші хлориду натрію:

$$58,5 \text{ NaCl міститься у } 133,0 \text{ (NaCl + KCl)}$$

$$x \text{ кг NaCl міститься у } 444,88 \text{ кг (NaCl + KCl),}$$

звідки $x = 195,68$ кг.

Кількість хлориду калію у цій суміші дорівнює

$$444,88 - 195,68 = 249,20 \text{ кг.}$$

Загальна кількість матеріалів, що надходять у короткобарабанну піч, становить

$$1221,86 + 226,33 + 444,88 = 1893,07 \text{ кг.}$$

Під час плавлення до сплаву переходить 1000 кг металу. До шлаку перейде

$$5,67 + 2,46 - 2,28 = 5,85 \%$$

металу шихти, або

$$1088,49 \cdot 5,85 : 100 = 63,67 \text{ кг.}$$

Загальна кількість оксидів, що перейде до шлаку, становитиме

$$133,37 - (7,35 + 9,80) + (24,82 + 22,06) = 163,10 \text{ кг.}$$

Отже, загальна кількість шлаку, що утвориться під час плавлення шихти, становитиме

$$63,67 + 163,10 + 444,88 = 671,65 \text{ кг.}$$

Результати розрахунку матеріального балансу зводимо у табл.18.

Таблиця 18 – Матеріальний баланс виплавлення сплаву АК5М7

Надходження		Витрачання	
Речовина	Кількість, кг	Речовина	Кількість, кг
Шихта, в тому числі:	1221,86	Сплав	1000,00
метал	1088,49	Шлак, в тому числі:	671,65
забруднення, в тому числі:	133,37	метал	63,67
H ₂ O	9,80	MeO	163,10
MeO	116,22	солі, в тому числі:	444,88
мастило, в тому числі:	7,35	NaCl	195,68
C	6,25	KCl	249,20
H ₂	1,10	Димові гази, в тому числі:	221,42
Повітря, в тому числі:	226,33	CO ₂	22,92
O ₂	47,53	H ₂ O	19,70
N ₂	178,80	N ₂	178,80
Флюс, в тому числі:	444,88		
NaCl	195,68		
KCl	249,20		
Усього	1893,07	Усього	1893,07

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							
Кр00	99,0	0,4	0,4	–	0,3	–	–
Кр0	98,8	0,5	0,4	–	0,4	–	–
Кр1	98,0	0,7	0,6	–	0,7	–	–
Кр2	97,0	1,0	0,8	–	1,2	–	–
Кр3	96,0	1,5	1,5	–	1,5	–	–
Манган							
Мр1	96,50	2,30	–	0,80	0,70	0,03	–
Мр2	95,00	2,80	–	1,80	0,70	0,03	–
Мр1С	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							
Мг96	99,96	0,004	–	0,004	0,002	0,002	–
Мг95	99,95	0,004	–	0,004	0,006	0,003	–
Мг90	99,90	0,040	–	0,009	0,006	0,004	–
Нікель							
Н0	99,80	0,040	–	0,002	–	0,060	–
Н1	99,70	0,100	–	0,005	–	0,100	–
Н2	98,90	0,250	–	0,300	–	0,150	–
Н3	98,60	–	–	–	–	0,610	–
Н4	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
АМr4К1,5М	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
АК4М4	–	3,00–5,00	–	3,50–5,50	–
АК4М2Ц6	–	3,50–5,50	0,40–0,70	1,60–3,00	5,00–7,00 Zn
АК5-1	0,40–0,55	4,50–5,50	–	1,00–1,50	0,08–0,15 Ti
АК5М2	0,20–0,80	4,00–6,00	0,20–0,80	1,50–3,50	0,05–0,20 Ti
АК5М2п	0,20–0,80	4,00–6,00	0,20–0,80	1,50–3,50	–
АК5М4	0,20–0,50	3,50–6,00	0,20–0,60	3,00–5,00	0,05–0,20 Ti
АК5М7	0,20–0,50	4,50–6,50	–	6,00–8,00	–
АК6М2	0,35–0,50	5,50–6,50	–	1,80–2,30	0,10–0,20 Ti
АК6М7	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	
АМr4К1,5М	–	–	–	–	0,1	0,4	–	–	–	
АЛ34	–	–	0,1	0,3	0,3	0,6	–	–	0,20 Zr	
АК4М4	0,5	–	0,6	–	2,0	1,1	–	–	0,5 Ni	
АК4М2Ц6	0,3	–	–	–	–	1,2	–	–	–	
АК5-1	–	–	0,1	–	0,3	0,5	0,01	–	0,15 Zr	
АК5М2	–	–	–	–	1,5	1,0	–	–	0,5 Ni	
АК5М2п	–	–	–	–	0,3	1,0	–	–	–	
АК5М4	–	–	–	–	1,5	1,2	–	–	0,5 Ni	
АК5М7	–	–	0,5	–	0,6	1,2	–	–	0,5 Ni	
АК6М2	–	–	0,1	–	0,06	0,5	–	–	0,05 Ni, 0,06 Zr	
АК6М7	–	–	–	–	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
АК7	0,20–0,55	6,00–8,00	0,20–0,60	–	–
АК7М	0,20–0,60	6,50–8,00	0,20–0,60	1,00–2,00	–
АК7М2	0,20–0,60	6,00–8,00	0,20–0,60	1,50–3,00	–
АК7М2п	0,20–0,60	6,00–8,00	0,20–0,60	1,50–3,00	–
АК7М3Ц2Мr	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
АК7Ц9	0,15–0,35	6,00–8,00	–	–	7,00–12,0 Zn
АК8М3	–	7,50–10,0	–	2,00–4,50	–
АК8л	0,40–0,60	6,50–8,50	–	–	0,10–0,30 Ti, 0,15–0,40 Be
АК9	0,20–0,40	8,00–11,0	0,20–0,50	–	–
АК9М2	0,25–0,85	7,50–10,0	0,10–0,40	0,50–2,00	0,05–0,20 Ti
АК9Ц6	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
АК10Cu	0,15–0,55	9,00–11,0	0,30–0,60	–	0,10–0,25 Sb
АК12ММrH	0,85–1,35	11,0–13,0	–	0,80–1,50	0,80–1,30 Ni
АК12М2	–	11,0–13,0	–	1,80–2,50	0,60–0,90 Fe
АК12М2МrH	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
АК21М2,5H2,5	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	
АК7	–	–	–	1,5	0,5	1,0	–	–	–	
АК7М	–	–	–	–	1,0	0,8	–	–	–	
АК7М2	–	–	–	–	0,5	1,0	–	–	–	
АК7М2п	–	–	–	–	0,3	1,0	–	–	–	
АК7М3Ц2Мr	–	–	0,25	–	–	0,5	–	–	–	
АК7Ц9	–	–	0,5	0,6	–	1,2	–	–	–	
АК8М3	0,45	–	0,5	–	1,2	1,3	0,5	–	0,5 Ni	
АК8л	–	–	0,1	0,3	0,3	0,5	–	–	0,5 Pb+Sn	
АК9	–	–	–	1,0	0,5	1,2	–	–	0,3 Ni	
АК9М2	–	–	–	–	1,2	0,9	0,15	–	0,5 Ni, 0,1 Cr	
АК9Ц6	–	–	–	–	–	–	0,3	–	0,3 Ni	
АК10Cu	–	–	–	1,8	1,8	1,1	–	–	0,5 Ni	
АК12ММrH	–	–	0,2	–	0,2	0,6	0,05	0,01	0,2 Ti, 0,2 Cr	
АК12М2	0,2	–	0,5	–	0,8	–	0,15	0,1	0,2 Ti, 0,3 Ni	
АК12М2МrH	–	–	–	–	0,5	0,8	0,1	0,02	0,2 Cr	
АК21М2,5H2,5	–	–	–	–	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	

Таблиця А.7 – Вплив забрудненості шихти на видобування металу під час плавлення у паливних печах

Масова частка забруднень, %	Оптимальна витрата флюсу, кг/т шихти	Видобування металу, %	Втрати металу, %			
			внаслідок окиснення	механічні	інші	загальні
1	40	97,5	0,4	1,8	0,3	2,5
4	160	95,6	1,0	3,1	0,3	4,4
8	240	93,4	1,7	4,5	0,4	6,6
12	410	90,9	2,5	6,1	0,4	9,1
16	580	87,8	3,8	7,9	0,5	12,2

Таблиця А.8 – Угар металів під час виплавлення алюмінієвих сплавів

Метал	Угар металу залежно від типу печі, %	
	паливна піч	електропіч
Al	2,0–3,0	0,8–1,0
Mg	3,0–10,0	2,0–3,0
Zn	3,0–5,0	0–2,0
Cu	2,0–3,0	0,5–1,0
Mn	2,0–3,0	1,0–1,5
Si	1,5–2,0	1,0–1,5
Fe	0,5–1,0	0,5–1,0
Ni	1,0–1,2	0,5–1,0
Ti	2,0–5,0	1,0–1,5
Zr	3,0–5,0	1,0–2,0
Be	5,0–7,0	2,0–3,0
Sn	1,5–2,0	0,5–1,0
Cd	5,0–10,0	1,0–2,0