

# **Тема. ПЛАВЛЕННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ У ПОЛУМЕНЕВИХ ПЕЧАХ**

**Мета вивчення теми:** вивчити технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини у полумєневих печах.

## **План**

- 1 Класифікація вторинної алюмінієвої сировини. Основні терміни і визначення.
- 2 Принцип створення та елементи побудови технологічної схеми переробки вторинної алюмінієвої сировини.
- 3 Транспортування і збереження вторинної алюмінієвої сировини.
- 4 Теоретичні основи плавлення вторинної алюмінієвої сировини.
- 5 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини у двокамерній відбивній печі.
- 6 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини в короткобарабанній печі.
- 7 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини у шахтних печах та під час комбiнування плавильних агрегатiв.

**Ключові терміни і поняття:** вторинні ресурси, потенційні вторинні ресурси, відходи споживання, відходи виробництва, брухт кольорових металів, шлак, зйоми, брутто брухту і відходів кольорових металів, нетто брухту і відходів кольорових металів шлакування, охолодь, флюс, хімічні втрати, механічні втрати, приробки, шихта, засміченість, плавлення, осадження завантаження, накопичувач, експрес-аналіз, коректування, легуючі матеріали, вихід металу, принцип комбiнування плавильних агрегатiв.

## **1 Класифікація вторинної сировини кольорових металів. Основні терміни і визначення**

Відходи виробництва і споживання напівфабрикатів з алюмінію й алюмінієвих сплавів є металургійною сировиною і розглядаються як вторинні матеріальні ресурси кольорової металургії. Терміни і визначення вторинної кольорової металургії встановлені ДСТУ 3211–95 «Брухт і відходи кольорових металів і сплавів», що зобов'язує застосовувати їх у науці, техніці і виробництві.

**Вторинні ресурси** – весь обсяг відходів, що утворюються в сфері матеріального виробництва й у невиробничій сфері.

**Потенційні вторинні ресурси** – весь обсяг відходів, що утворюються в сферах виробництва і споживання, крім безповоротних втрат.

**Відходи виробництва** – залишки сировини, матеріалів і напівфабрикатів, що утворилися в процесі виробництва і частково або цілком втратили початкові споживчі якості та не відповідають стандартам.

**Відходи споживання** – це колишня готова продукція, яка була в споживанні або експлуатації і через фізичне або моральне зношення втратила свої споживчі якості і не використовується за прямим призначенням.

Відходи виробництва і споживання діляться на:

- **відходи, що утилізуються** – відходи, для яких існує технологія переробки, залучення їх в колообіг;
- **відходи, що не утилізуються** – відходи, для яких відсутня технологія переробки або за наявності технології утилізації залучати їх в колообіг економічно недоцільно.

**Брухт кольорових металів** – вироби й матеріали, що стали непридатними або що втратили експлуатаційну цінність.

**Відходи кольорових металів** – відходи при виробництві виробів, а також непоправний брак.

**Брутто брухту і відходів кольорових металів** – загальна маса брухту і відходів із забрудненням (засміченістю).

**Нетто брухту і відходів кольорових металів** – маса брухту і відходів без забруднень (засміченості).

**Низькоякісні брухт і відходи** – брухт і відходи, що не відповідають вимогам сортів основних груп.

**Складний брухт** – брухт з'єднаних виробів або їхніх частин із двох чи більшого числа кольорових металів і сплавів.

**Грудковий брухт** – оброблений брухт кольорових металів і сплавів, а також виробів із них, габарити яких не перевищують установлених нормами.

**Відвальні відходи** – відходи, що утворюються у виробництві, подальша переробка яких економічно недоцільна.

**Класифікація відходів** – поділ відходів за фізичними, хімічними властивостями і якістю. Відходи поділяють на класи, групи і сорти.

**Клас** – класифікаційна група, що об'єднує відходи за фізичними ознаками (наприклад, клас А – брухт і кускові відходи, клас Б – стружка, клас Г – шлаки).

**Група** – об'єднує відходи за хімічним складом та марками сплавів (наприклад, група I – алюміній нелегований, група II – сплави алюмінієві, що деформуються, з низьким вмістом магнію).

**Сорт** – об'єднує відходи за ознаками якості.

**За джерелами утворення** відходи виробництва можна розподілити на:

- відходи металургійної переробки (шлаки, зйоми, виплески та ін.);
- відходи прокатної переробки (обрізь прутків, листів, профілів, стружка, ошурки та ін.);
- відходи ливарного виробництва (ливники, надливи, зйоми, виплески й ін.);
- відходи механічної обробки литва, пресованих виробів, поковок та ін. (стружка, висічка, обрізь, облой та ін.);
- відходи кабельного виробництва (обрізь кінців кабеля і дроту, плутанка та ін.).

**За способом використання** відходи поділяють на:

- **поточні** утворюються на підприємствах у процесі виробництва та підлягають здаванню заготівельним організаціям;
- **зворотні** використовуються на підприємствах, де вони утворюються;

- **відвальні**, або відходи, що не переробляють;
- **безповоротні втрати** – це відходи, що утворюються внаслідок корозії, стирання, чистової механічної обробки, угару металу, незібрані відходи.

**За фізичними ознаками** відходи підрозділяються на:

- вибухонебезпечні;
- знешкоджені;
- габаритні;
- легковагові;
- грудкові відходи;
- стружка.

Стружка розподіляється на **в'юноподібну** (із довжиною витка більше 0,1 м), сипку (із довжиною витка менше 0,1 м) і **змішану**, низькоякісну, що складається із суміші в'юноподібної і сипкої стружки і стружки, що містить сторонні включення.

Перед розливанням алюмінію й алюмінієвих сплавів із поверхні рідкого алюмінію періодично збирають ложкою, друшляком або шкребком шар оксидної плівки, захоплюючи при цьому значну кількість металу. Зчищену оксидну плівку складають у ємності різної конфігурації. Безформні брили пористого металу, що утворюються, називають **зйомами**.

Зйоми поділяють на два типи: **грудкові** (містять 45...80 % вільного неокисленого металу) або порошкоподібні (містять 10...20 % вільного металу у вигляді корольків і безформних невеликих шматків). Грудкові зйоми називають багатими, порошкоподібні зйоми – бідними.

Відходи споживання (брухт) за джерелами утворення укрупнено поділяють на три групи:

1. Брухт промисловий, транспортний і сільськогосподарський (машини, устаткування, деталі, вироби).
2. Брухт військовий (літаковий, корабельний, ракетний і ін.).
3. Брухт побутовий (предмети домашнього побуту, що утворюються у населення).

Аналогічно відходам виробництва відходи споживання (брухт) поділяють за фізичними ознаками на:

- вибухонебезпечні;
- знешкоджені;
- габаритні;
- негабаритні;
- легковагові (літаковий брухт, брухт виробів з листового прокату);
- важкі – брухт із високою об’ємною густиною (брухт литва і кувань);
- складні – брухт з’єднаних виробів або їхніх частин із двох або більше кольорових металів і сплавів.

*Випробування брухту і відходів* – добір і підготовка проби для визначення засміченості, металургійного виходу і хімічного складу брухту і відходів.

*Приробки* – деталі з інших матеріалів, металів, сплавів, що відрізняються за хімічним складом від алюмінієвого брухту, з яким вони з’єднані механічними конструкційними елементами (болти, гайки, шпильки й ін.).

*Первинна обробка брухту і відходів* – сортування, розбирання, піротехнічний контроль і приведення брухту і відходів до відповідної маси і розмірів.

*Розбирання брухту і відходів* – звільнення основного металу від засміченості, а також приведення до маси і розмірів, зручних для подальшої переробки.

*Сортування* – поділ брухту і відходів на класи, групи, сорти, марки сплавів.

*Підготовчий сплав* – сплав, отриманий при переплавлянні низькоякісного брухту і відходів і призначений для підшихтовки при виробництві стандартних сплавів.

## 2 Принцип створення та елементи побудови технологічної схеми переробки вторинної алюмінієвої сировини

Вторинна алюмінієва сировина включає 76 видів найменувань. Для того щоб комплексно використовувати сировину і знизити втрати при її переробці застосовують складні, багатостадійні технологічні схеми. Компонування конкретної технологічної схеми переробки вторинної алюмінієвої сировини визначається видами використаної сировини і плавильних агрегатів, що застосовуються. Технологічна схема підготовки стружки до плавлення приведена на рис. 1.

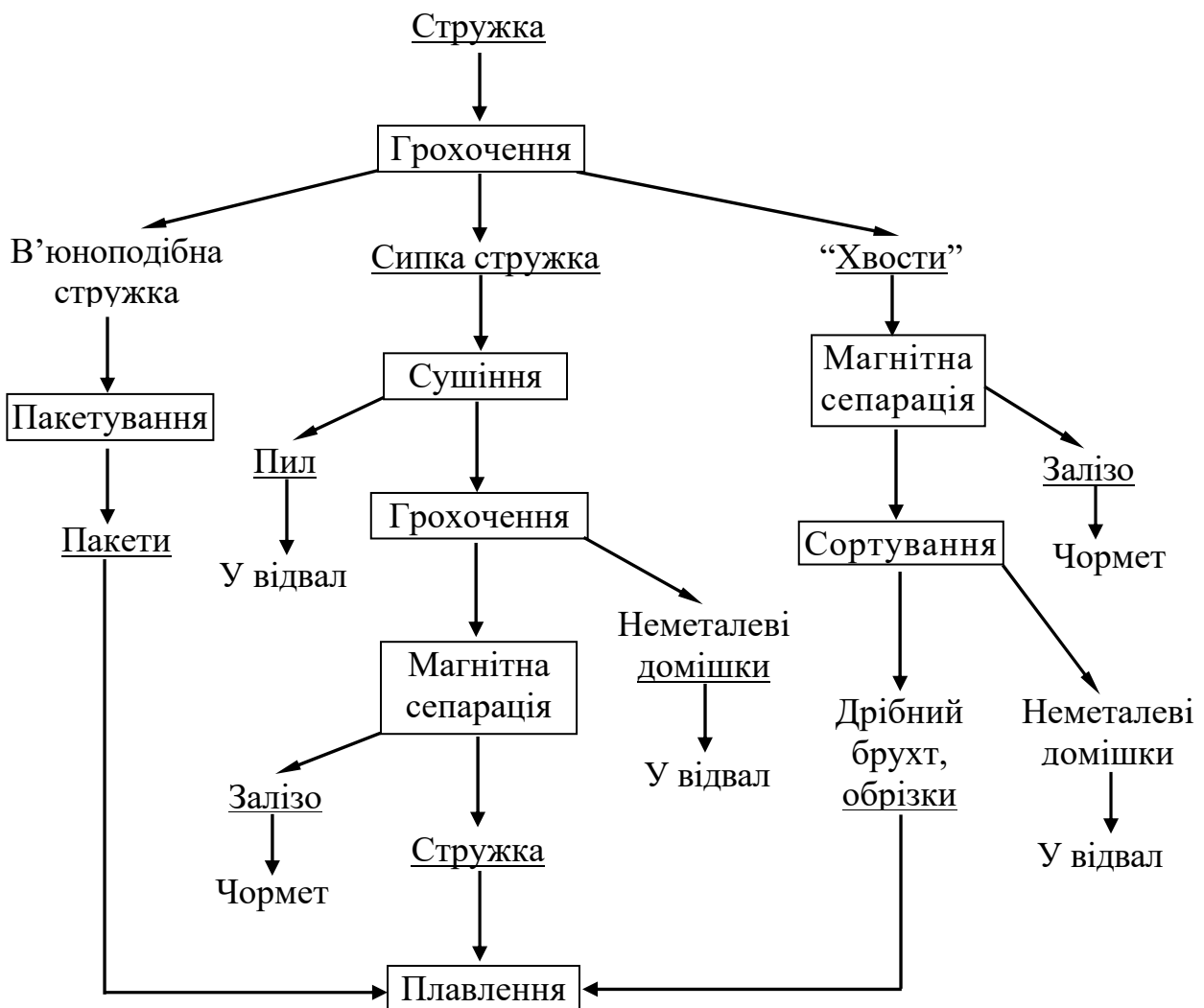


Рисунок 1 – Технологічна схема підготовки стружки до плавлення

В основу створення технологічних схем переробки брухту і відходів покладений принцип максимального поліпшення якості при первинній обробці для досягнення найбільшої ефективності при металургійних операціях.

У загальному випадку технологічна схема переробки вторинної алюмінієвої сировини включає процеси приймання, первинної обробки, металургійної переробки і відвантаження готової продукції (рис. 2).

### **3 Транспортування і збереження вторинної алюмінієвої сировини**

Вторинна алюмінієва сировина має ряд специфічних властивостей, що багато в чому визначають організацію її зберігання і транспортування. До цих властивостей слід віднести підвищену схильність до корозії при збереженні на відкритому повітрі.

Стружка, обрізь, зйоми з розвитою поверхнею особливо інтенсивно окислюються. Наприклад, стружка, що зберігається на повітрі, втрачає щомісяця 3...4 % загальної маси. Отже, за рік зберігання втрати складуть 35...50 %.

Особливість брухту і відходів алюмінію й алюмінієвих сплавів – мала насипна маса. Площу складів визначають із розрахунку можливої висоти штабелювання. При штабелюванні висотою до 3 м площі розраховують виходячи з даних, наведених у табл. 1.

На середніх металургійних заводах необхідні додаткові площі для зберігання місячного запасу змішаної або однорідної за хімічним складом сировини (окремо).

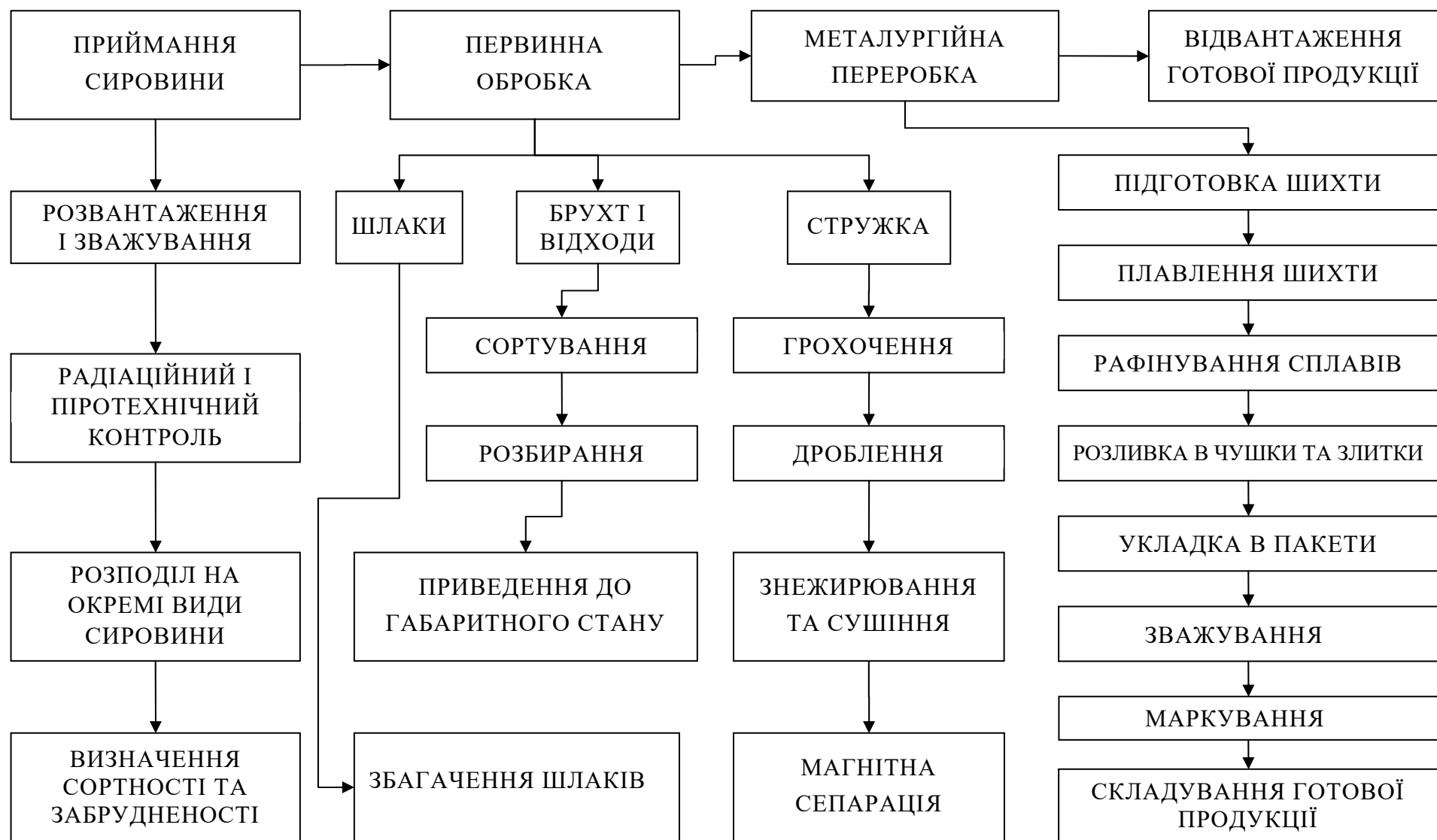


Рисунок 2 – Технологічна схема переробки вторинної алюмінієвої сировини



Таблиця 1 – Дані для розрахунку площі, потрібної для розміщення сировини

Сировина	Площа для 1 т сировини при штабелі заввишки 3 м, м <sup>2</sup>
Літаковий брухт:	
нерозроблений	7,0
розроблений	3,5
Пакетований брухт	0,8
Стружка:	
дрібна сипка	4,8
брикетована	0,25
в'юноподібна	20,0
фрезерна	5,5
токарна, свердловальна	5,0
Листова обрізь непакетована	6,0
Зйоми грудкові	4,0

#### 4 Теоретичні основи плавлення вторинної алюмінієвої сировини

##### *Вплив теплофізичних характеристик алюмінію на процес плавлення*

Алюмінієві сплави – багатокомпонентні системи. Однак під час плавлення вторинної алюмінієвої сировини, що складається з багатьох марок алюмінієвих сплавів, відбуваються процеси, що визначаються переважно теплофізичними і фізико-хімічними властивостями алюмінію.

Алюміній має порівняно високу приховану теплоту плавлення (389,7 Дж/г) і більш високу, ніж у багатьох інших металів, теплоємність, що при температурі плавлення дорівнює 1,143 Дж/(г·град) і зменшується до 1,088 Дж/(г·град) при розплавленні металу. Температура плавлення чистого алюмінію дорівнює 660 °С, а для його сплавів вона значно нижча: 577 °С для

евтектики  $Al-Si$  (11,7 %  $Si$ ), 548 °C для  $Al-Cu$  (33 %  $Cu$ ), 451 °C для  $Al-Mg$  (34,5 %  $Mg$ ), 382 °C для  $Al-Zn$  (95 %  $Zn$ ), 658 °C для  $Al-Mn$  (1,95 %  $Mn$ ).

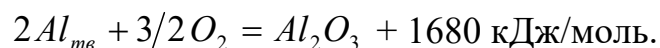
Однак при порівняно низькій температурі плавлення алюміній через невелику щільність (2,7 г/см<sup>3</sup>) має високі значення питомої теплоти плавлення і теплоємності, віднесеної до одиниці маси (табл. 2).

Таблиця 2 – Деякі теплофізичні характеристики елементів, що входять до складу алюмінієвих сплавів

Характеристика	Елемент					
	<i>Sn</i>	<i>Zn</i>	<i>Al</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Fe</i>
Температура плавлення, °C	232	419	660	1083	1455	1540
Молярна теплоємність, Дж/(моль·град)	29,8	27,2	29,4	32,6	37,2	39,8
Питома теплоємність, Дж/(г·град)	0,25	0,42	1,09	0,51	0,63	0,71
Молярна теплота плавлення, кДж/моль	7,0	6,8	10,7	12,8	17,5	13,9
Питома теплота плавлення, Дж/г	59	105	389,7	201	297	247

### ***Хімічні взаємодії в процесі плавлення***

Алюміній з киснем активно реагує при кімнатній (20 °C) і підвищеній температурах, тому його поверхня завжди покрита оксидною плівкою:



Інтенсивність окислювання залежить від вологості навколишнього середовища, температури нагрівання та складу сплаву.

Оксид  $Al_2O_3$  не відновлюється і не розчиняється в рідкому алюмінії, під час плавки подрібнюється та рівномірно розподіляється в об'ємі металу. Щільність  $Al_2O_3$  дорівнює близько 3,9 г/см<sup>3</sup>. Під час витримки розплаву в спокійному стані оксиди тонуть, спливають або знаходяться у вигляді суспензії

залежно від кількості адсорбованого на часточках водню. Тверді включення оксиду в сплаві негативно впливають на фізико-механічні і технологічні властивості сплавів.

Захисні властивості оксидних плівок оцінюють за правилом Піллінга–Бедвордса:

$$\beta = \nu \cdot \frac{V_{Me_mO_n}}{V_{Me}},$$

де  $\beta$  – критерій Піллінга–Бедвордса;

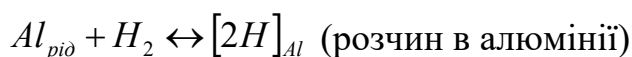
$\nu$  – кількість моль оксиду металу, що утворюються з одного моль металу;

$V_{Me_mO_n}$  – молярний об'єм оксиду металу;

$V_{Me}$  – атомний об'єм металу.

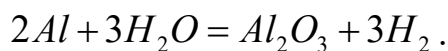
Якщо  $\beta > 1$ , то захисні властивості плівки високі; коли  $\beta < 1$ , то плівка гірше захищає метал від окислення. Так, для натрію, літію, калію, магнію, лужноземельних металів критерій  $\beta$  менше одиниці.

В основі процесу розчинення водню в алюмінії – оборотна реакція:



з наближеною константою рівноваги  $K = [H]^2 / P_{H_2}$ .

Насичення алюмінію воднем відбувається за реакцією:



При температурі 500 °С константа рівноваги цієї реакції дорівнює

$$K_p = P_{H_2}^3 / P_{H_2O}^3 = 3,97 \cdot 10^{44} \quad \text{або} \quad P_{H_2} / P_{H_2O} = 7,3 \cdot 10^{14}.$$

Отже, навіть при незначному парціальному тиску водяної пари в атмосфері слід очікувати на велике поглинання водню металом.

Залежність розчинності водню від тиску описується рівнянням:

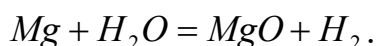
$$S = K \cdot \sqrt{P_{H_2}},$$

де  $P_{H_2}$  – парціальний тиск водню, 133 Па;

$K$  – постійна, що залежить від температури і складу сплаву;

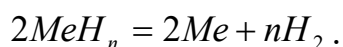
$S$  – вміст газу в металі,  $\text{см}^3/100$  г металу.

У випадку взаємодії алюмінієво-магнієвого сплаву з паром води можлива реакція між магнієм і водяною паром:



При  $500^\circ\text{C}$  відповідно наведеному вище розрахунку  $P_{\text{H}_2}/P_{\text{H}_2\text{O}} = 1,2 \cdot 10^{20}$ .

Гідриди металів мають змінний хімічний склад і активно розкладаються при температурах  $690\text{...}730^\circ\text{C}$ , насичуючи розплав воднем:



Основні джерела насичення сплавів воднем – пічні гази, непросушені шихтові і допоміжні матеріали та ін. Розчинені гази є джерелом утворення газової пористості у виливках.

Пористість виливків оцінюють за п'ятибальною шкалою (табл. 3).

Газова і газоусадочна пористість погіршують механічні властивості виливків і злитків. Пористість є безпосередньою причиною утворення розшарувань у напівфабрикатах, що деформуються.

Таблиця 3 – Шкала пористості виливків

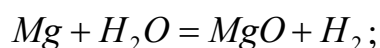
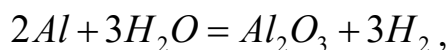
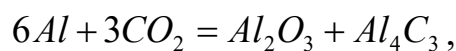
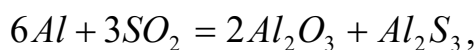
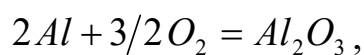
Характеристика	Кількість										
	I		II		III		IV		V		
Пористість, бал	I		II		III		IV		V		
Число пор на $1 \text{ см}^2$ , не більше	5		10		15		20		25		
Діаметр пор, не більше мм	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	<1,0
Пористість, %	90	10	80	20	80	20	70	30	60	30	10

### *Джерела втрат металу під час плавлення*

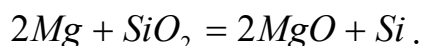
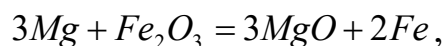
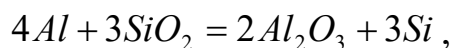
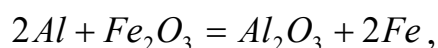
Основні джерела втрат металу під час плавлення – хімічні і механічні.

Хімічні втрати обумовлені:

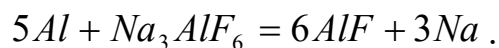
– взаємодією розплаву з пічними газами, що приводять до окислювання й ошлакування металу:



– металотермічними реакціями в рідкій ванні:



Хімічні втрати алюмінію різко зростають при додаванні до флюсів кріоліту:



Механічні втрати металу обумовлені проникненням рідкого металу в шлак через поверхневі і в'язкісні явища та просоченням футеровки ванни в силу капілярних ефектів.

Боротьбу з втратами металу зі шлаками слід проводити в трьох напрямках:

- зменшувати засміченість шихти і, таким чином, знижувати кількість одержаного шлаку;
- підвищувати рідкоплинність шлаків застосуванням достатньої кількості флюсів і створенням температурних умов, які сприяють виділенню крапель металу із шлаку;
- організувати переробку власних шлаків, що дозволяє регенерувати метал у кількості до 2,1 % готової продукції, а також хлоридні солі – до 90 %.

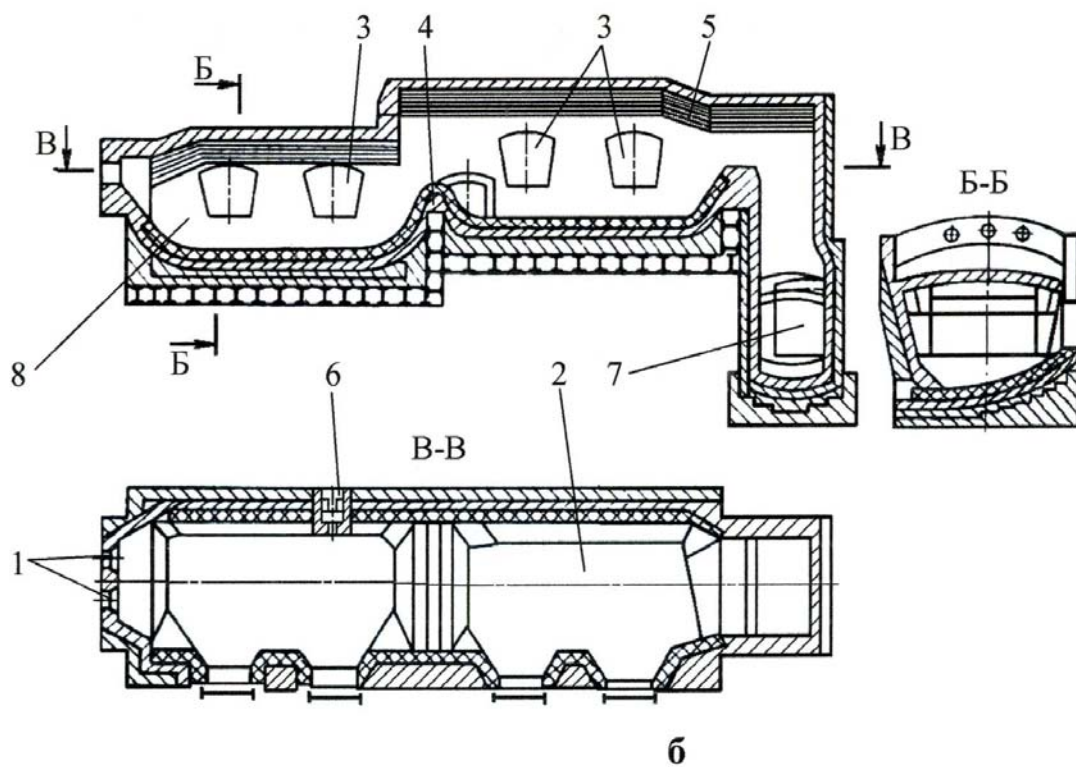
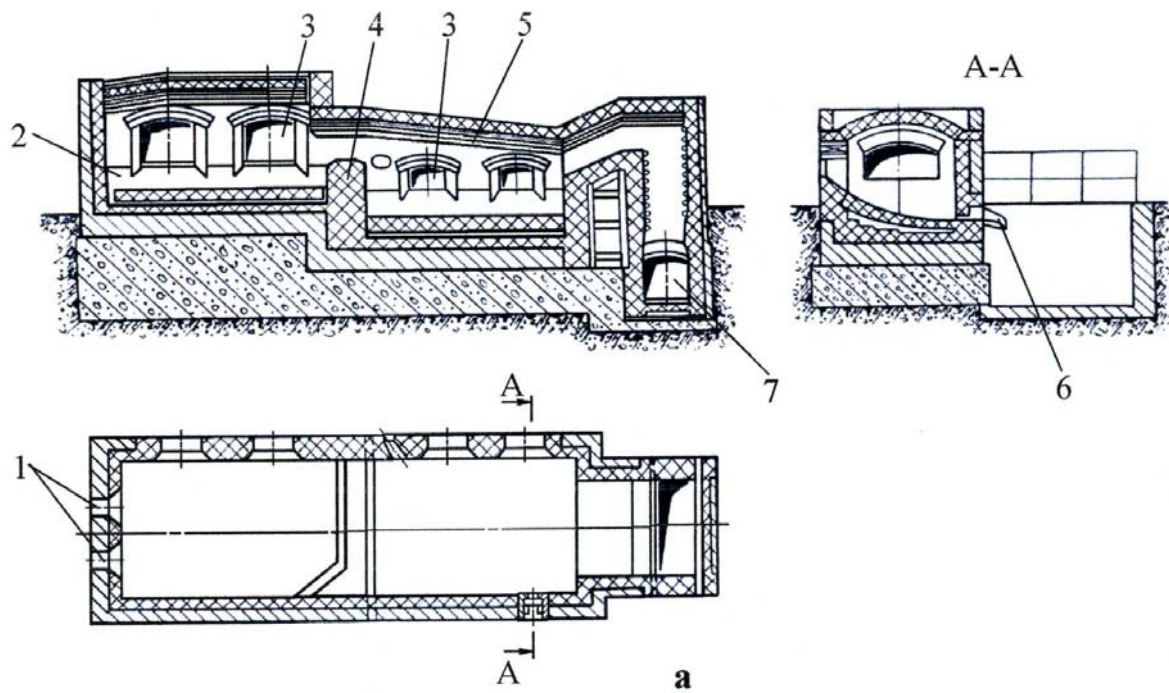
## **5 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини у двокамерній відбивній печі**

У відбивних полумєневих печах (рис.3) плавлять практично будь-які види сировини: грудкову з залізними приробками, відходи у виді висічки, стружки і навіть у більш дрібній фактурі й інші. Універсальність печі забезпечується її конструкцією: при похилому черені залізні приробки (для запобігання розчинення в алюмінії) видаляють негайно після розплавлення алюмінію, дрібну шихту легко занурюють під дзеркало розплаву. Конструкція печі – відкрита, отже, атмосфера в плавильному просторі переважно окисна. Шихта нагрівається полум'ям пальників, спрямованих на шихту, що оплавляється, і теплом, відбитим від склепіння і стін печі, тому плавку ведуть під шаром флюсу.

Перед плавленням шихту розраховують за заданим хімічним складом сплаву. За даними розрахунку шихтові компоненти зважують і відповідно до технологічних вимог завантажують у піч.

Під час плавлення великокускової шихти дотримують такої послідовності операцій: на «сухий» черінь, нагрітий до 1000–1100 °С, завантажують першу порцію сировини, яка за масою не перевищує 15–20 % від загальної маси шихти. Осередки загоряння металу, що виникають, покривають флюсом, великі сталеві деталі видаляють із ванни при їх звільненні від алюмінію.

На поверхні розплаву утворюється шар в'язкого, насиченого металом, оксидами, грудкуватого шлаку з ділянками, не покритими флюсом. Знімати такий багатий металом шлак недоцільно, тому в піч завантажують свіжий флюс (KCl:NaCl=1:1) у кількості приблизно 7 % від маси розплаву і доводять його до рідкого стану. Доведення шлаку проводять при температурі розплаву 670–680 °С. Потім із череня печі шкребками за допомогою завалкової машини видаляють дрібні залізні приробки (болти, гайки, шпильки й ін. механічно зв'язані деталі). Після повного видалення заліза в піч завантажують наступну порцію сировини.



*а* – прямотечійна; *б* – протитечійна; 1 – місце для форсунки;  
 2– плавильна камера; 3 – завантажувальне вікно; 4– поріг;  
 5 – склепіння; 6– льотка; 7 – лежак; 8 – накопичувач

Рисунок 3 – Двокамерні відбивні печі

Шихту на плавлення завантажують у 3–4 прийоми. Після розплавлення чергового завантаження і свіжої порції флюсу з розплаву видаляють залізо. Цю операцію роблять 3–4 рази за плавку. Повністю наплавлену ванну перемішують, шлак видаляють через пороги завантажувальних вікон у спеціальні коробки, попередньо відбираючи проби на вміст металу в шлаку. В піч завантажують додаткову порцію флюсу, якщо в зламі сольової проби присутні корольки металу. Розплавлений флюс перемішують із металом і після відстоювання при відсутності в зламі проби корольків металу шлак готовий до видалення. З чистого дзеркала розплаву беруть пробу для експрес-аналізу на хімічний склад, потім відчиняють перепускную лютку, і метал самопливом перетікає в накопичувач, тому що ванна накопичувача розташована нижче ванни плавильної камери печі. Стіни і черинь плавильної камери очищують від шлаку, охолоді і починають завантаження шихти для наступного плавлення.

Обробку металу флюсом перед переливанням у накопичувач називають шлакуванням.

У накопичувачі за результатами аналізу коректують хімічний склад сплаву додаванням відповідних лігатур, легуючих матеріалів у чистому вигляді або розшихтувальних матеріалів і зливають метал у ковші, які потім подають на ливарний конвеєр, або сплав із печі відразу розливають у чушки, якщо ливарний конвеєр розташовано безпосередньо поблизу лютки печі. Під час плавлення грудкової шихти витрачають звичайно не більше як 7–10 % флюсу. Вихід металу в залежності від ступеня забруднення сировини оксидами, залізом, мастилом коливається звичайно від 84 % до 96%.

На практиці рідко підготовлюють шихту тільки з грудкової сировини, оскільки це невигідно. Складають, як правило, змішану шихту, до складу якої входять зйоми, литий грудковий брукхт, пакети м'якої висічки або обрізі, стружка та ін. Завантаження шихти і плавлення ведуть у такій послідовності: у піч, нагріту до 1000–1100 °С, завантажують зйоми, нагріті до температури легкого їх руйнування, потім пухку масу рівномірно розподіляють по площі



череня. Осередки загорання металу, що виникають, покривають флюсом, завантажуючи грудковий брукт на зйоми до повного їх розплавлення. Шихту цілком розплавляють, дзеркало розплаву покривають флюсом і видаляють із череня залізні приробки. На рідку ванну завантажують стружку, примусово занурюючи її під дзеркало розплаву і покриваючи флюсом, потім вводять пакетовану сировину. Флюсом покривають також пакети, що не оплавилися. Після повного розплавлення всієї шихти роблять шлакування, збирання шлаку, відбір проб, переливання сплаву в накопичувач та ін.

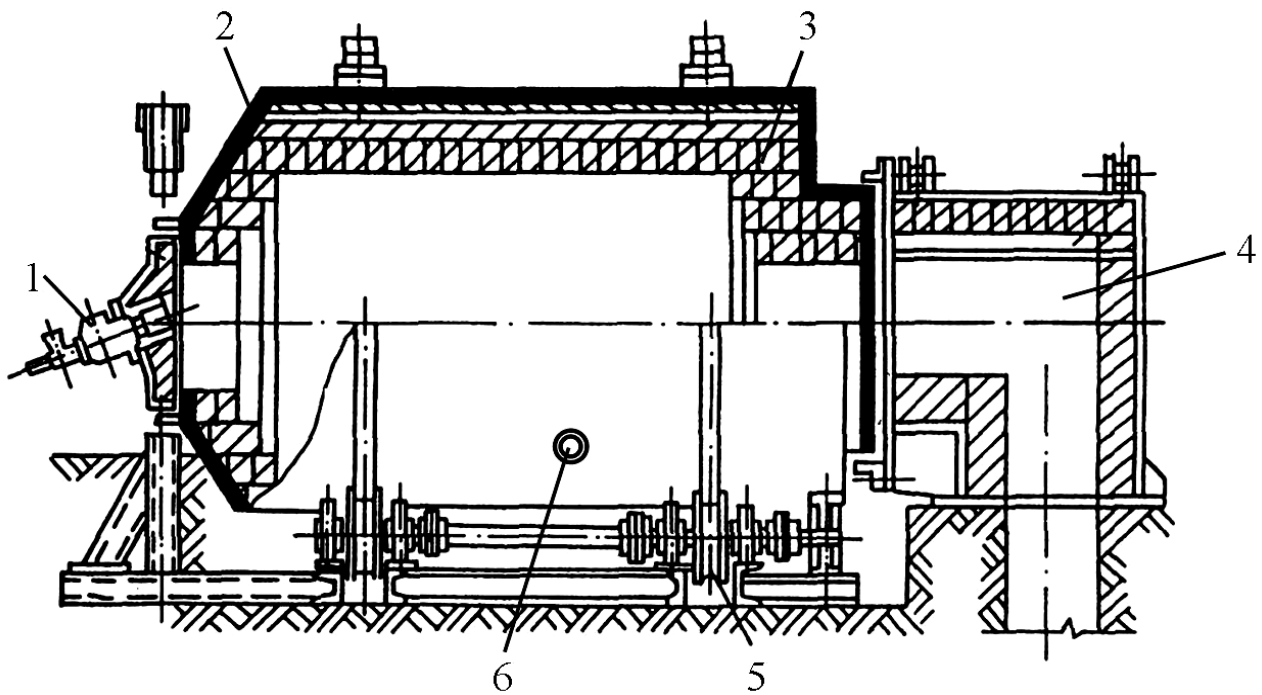
Стружку також можна плавити у відбивній печі. При цьому її завантажують на попередньо наплавлену з великокускової шихти рідку ванну металу. Стружку подають у піч невеликими порціями, вмішуючи її в розплавлений метал, потім наплавляють тонкий шар флюсу. Одночасне завантаження стружки в обидва вікна допускається в кількості до 30 % від маси рідкої ванни. Завантаження ведуть до повного заповнення ванни печі. Під час завантаження стружки й операцій по замішуванню її в рідкий метал полум'я газових пальників зменшують. Температура шлаку перед збиранням – не більше як 800 °С, температура металу перед переливанням у накопичувач – не більше як 780 °С. Однак навіть при ретельному очищенні череня печі на ньому залишається деяка кількість заліза. Не допускають перегрівання розплаву понад 780 °С через імовірність розчинення заліза більше припустимого значення. Після шлакування, видалення шлаку, відбору проб метал переливають у накопичувач.

За результатами попереднього експрес-аналізу хімічного складу розплаву в метал, перелитий у накопичувач, вводять відсутні компоненти. Температура металу під час коректування повинна бути не менше як 700 °С. Силіцій вводять у вигляді шматків розмірами 100–150 мм або шматків феросиліцію 70–90 мм. Поверхня розплаву металу повинна бути чистою. Втрати силіцію при такому способі завантаження складають звичайно близько 30 %. Причиною втрат є облипання поверхні кусків шаром оксиду алюмінію, що утруднює або сповільнює розчинення цього елемента і не перешкоджає його окисленню.

Завантаження силіцію в пакетах з алюмінієвої фольги угар не зменшують. Для зниження втрат силіцію на угар вдвічі запропоновано попередньо сплавляти його у сталевій виливниці із сплавом, що готується, заливаючи ним куски силіцію розміром 30–50 мм у поперечнику. Отримані злитки масою 15 кг витягають із виливниці і завантажують у піч. Випробуваний і впроваджений у виробництво спосіб дозволив приблизно вдвічі знизити втрати силіцію на угар. Мідь завантажують у вигляді дроту або іншої форми. Окислену мідь завантажувати забороняється. Зливання металу в ковші або розливання по виливницях проводять після повного розчинення довантажених легуючих матеріалів.

## **6 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини в короткобарабанній печі**

Завантаження сировини у короткобарабанну піч (рис. 4) проводиться у два прийоми. Спочатку завантажуються шихта (приблизно 70 % від загальної кількості шихти) для заповнення печі до рівня вантажного отвору, який розташовано у торці печі. Далі піч нагрівається 30–45 хв для осадження завантаження (без підплавлення), а потім завантажуються решта сировини. Після закінчення завантаження лотковий живильник відводиться в вихідну позицію, зачиняється поворотна кришка з вбудованим топковим пристроєм і запалюється факел.



1 – пальник (форсунка); 2 – кожух; 3 – шамотна футеровка; 4 – лежак;  
5 – механізм обертання; 6 – льотка випускання металу

Рисунок 4 – Обертova короткобарабанна піч

Під час завантаження і до повного розплавлення шихти для поліпшення перемішування брухту з флюсом, рівномірного «розтягання» завантаження по печі, прискорення процесу плавлення і повнішого видалення з печі магнію забезпечується підвищена швидкість обертання печі – 2,72 об/хв. Після повного розплавлення шихти піч переключається на робочу швидкість обертання – 1,4 об/хв.

Температура плавлення дорівнює 850 °С, загальне завантаження печі складає 40 т (30 т брухту і 10 т флюсу), а під час плавлення окислених зйомів співвідношення сировина:флюс змінюється до 1:1.

Після завершення плавлення барабан зупиняється. З печі відбирають пробу металу на експрес-аналіз, далі відкривається льотка для випускання металу і поворотом печі розплавлений метал зливається у жолоб, по якому самопливом надходить у відбивну піч-міксер або у ківш. Зливання металу

триває до «проскакування» сольового шлаку. Після повного зливання металу відкривають отвір зливання шлаку. Шлак повертанням печі зливається у шлаківниці, встановлені на ланцюгових конвейерах. Через 2,5 години після тверднення шлаку шлаківниці за допомогою мостового крана знімають з конвейера і направляють у шлакові рундуки.

## **7 Технологічні особливості плавлення вторинної алюмінієвої сировини у шахтних печах та під час комбінування плавильних агрегатів**

Сучасна плавильна піч для плавлення вторинної алюмінієвої сировини та приготування алюмінієвих сплавів має відповідати таким вимогам:

1. *економічна доцільність* (питома витрата палива та інших енергоносіїв, безповоротні втрати металу, питома витрата допоміжних матеріалів, вартість устаткування, вартість обслуговування, використання виробничих площ і ін.);
2. *якість продукції* (стабільність хімічного складу, забруднення неметалевими включеннями, відсутність місцевих перегрівів, що впливають на структуру відливок);
3. *високі технічні показники* (продуктивність, питома площа, надійність, тривалість роботи між ремонтами);
4. *рівень механізації й автоматизації* (кількість трудомістких операцій, виконуваних людиною; точність підтримки технологічних параметрів);
5. *зручність сполучення з іншими одиницями устаткування в технологічному ланцюзі* (підготовка шихти, завантаження, підйомно-транспортне устаткування, зливання продуктів плавлення);
6. *дотримання екологічних норм* (наявність шкідливих і отруйних газів, кількість пилоподібних викидів, теплові забруднення).

Плавлення брухту в *шахтних печах* є найперспективнішим. У шахтну піч можна завантажувати великогабаритну, а також вологу (без підсушування) шихту й отримувати істотну економію на процесах різання, оброблення. Під час шахтного плавлення максимально використовується теплота газів, що рухаються назустріч шихті, яка опускається зверху вниз.

Сировину швидко оплавляють потужними високонапірними пальниками, і рідина, що утворилася, майже миттєво стікає на похилий черінь і далі по жолобу потрапляє в накопичувач. Такий рух металу виключає його перегрівання, забезпечує низьку окисненість і газонасиченість. Короткочасність контактування рідкого алюмінію із залізними приробками практично запобігає небезпеці забруднення сплаву розчиненим залізом, що вигрібають із похилого череня шахти. Плавлення ведеться безперервно без флюсу.

Перспективним є принцип *комбінування плавильних агрегатів*, який дає можливість компенсувати недоліків одного типу печей перевагами інших. Наприклад, доцільно поєднувати шахтну піч з обертовою короткобарабанною або з індукційною тигельною, або навіть із полуменевою відбивною піччю. У шахтній печі відбувається плавлення тільки частково розібраної шихти з великою кількістю залізних приробок. Оплавлений алюмінієвий сплав стікає в короткобарабанну піч, у яку довантажують стружку, обрізки, а потім коректують склад сплаву і рафінують.

Комбінація шахтної печі з індукційною тигельною ефективніша, ніж перший варіант. Зберігаючи переваги попереднього варіанта, потужність тигельної печі використовують на 100 %, а не на 75 %, як при роботі в звичайному режимі. Після проведення всіх необхідних операцій метал повністю зливають у ківш для розливання в чушки і переходять до наступного циклу.