

УДК 669.715.018.028

ОСОБЛИВОСТІ НАЙЕФЕКТИВНІШИХ СПОСОБІВ РАФІНУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ¹

А. О. Петрик

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

У даній статті розглянуто особливості найбільш розповсюджених та найефективніших методів рафінування алюмінієвих сплавів, а також зроблено огляд сучасного стану виробництва алюмінію не лише в світі, але і в нашій країні.

В данной статье рассмотрены особенности самых распространенный и наиболее эффективных методов рафинирования алюминиевых сплавов, с также дан обзор современного состояния производства алюминия не только в мире, но и в нашей стране.

This article shows peculiarities of the most wide spread and the most effective methods of aluminium alloys refining, and nowadays condition of aluminium production not only in whole world, but in our country is shown

Вступ

В останні роки невпинно росте використання алюмінію. Ця тенденція спостерігається як в галузі виробництва первинного алюмінію, так і за допомогою переробки різноманітних відходів цього металу і отримання вторинних алюмінієвих сплавів високої якості. З такими темпами виробництва очікують, що до 2030 року загальне виробництво алюмінію досягне 50млн. тон, з яких майже половина буде забезпечена за рахунок вторинного алюмінію. Структура споживання алюмінію в розвинутих країнах зображена на рис. 1.

¹ Робота виконана під керівництвом:

- доктора технічних наук, член-кореспондента НАН України Дубодєлова В. І., Фізико-технічний інститут металів і сплавів НАН України
- кандидата технічних наук, доцента Кравченко М.О., НТУУ «Київський політехнічний інститут»

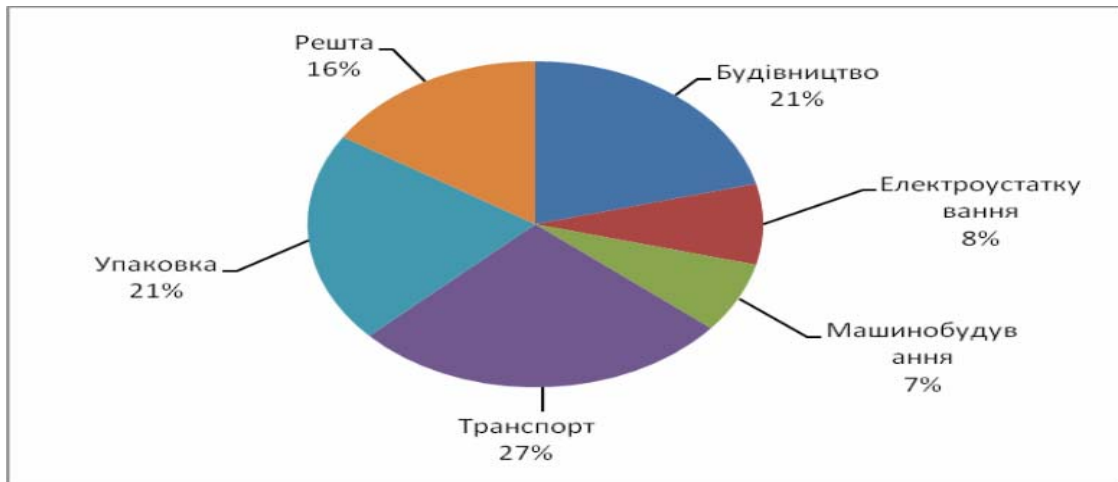


Рис. 1. Сучасна структура споживання алюмінію по галузях промисловості в розвинених країнах світу (США+ЄС+Японія)

Відзначені тенденції пояснюються низкою об'єктивних і суб'єктивних причин.

По-перше, алюміній добре піддається багаторазовій переробці (переплавці) практично без втрати його властивостей. При цьому переплавка відходів алюмінію потребує не більше 5% від загальних енерговитрат на виробництво первинного алюмінію

По-друге, в світі відбувається розширення сфер застосування алюмінію та виробів із нього, що служить поштовхом для зростання промислового виробництва цього металу.

По-третє, накопичення побутових і промислових відходів з алюмінію і його сплавів обумовлює необхідність їх переробки і створення для цього ефективних технологічних процесів із застосуванням нових оригінальних технічних рішень та устаткування.

У зв'язку з глибокою економічною кризою на території СНД різко зменшилися об'єми виробництва і споживання алюмінію. При цьому в Україні найбільший спад намітився у сфері виробництва первинного алюмінію і внутрішнього споживання алюмінієвої металопродукції. Враховуючи це, необхідно, з одного боку, впроваджувати нові технологічні процеси виробництва алюмінію і його сплавів, в першу чергу – шляхом переробки промислових і побутових відходів, а також розвивати вітчизняні галузі промисловості, які споживають алюміній, – машинобудування, авіакосмічний комплекс, енергетику, транспорт і будівництво.

В розвинутих країнах частка вторинного алюмінію в загальній структурі виробництва і споживання цього металу вже перевищує одну третину (табл. 1), а в Україні ситуація дещо інша (табл. 1).

Таблиця 1 Використання вторинного (рециклингованного) алюмінію

Країна	Споживання алюмінію, тис. т	У тому числі рециклингованного металу, тис. т	Частка рециклингованного алюмінію %
США	8412	2296	34,8
Німеччина	2519	888,4	35,1
Японія	3564	1240	34,8
Росія	528	56	10,6
Україна	105	26	36

Однією з найважливіших умов виготовлення високоякісних виробів з алюмінієвих сплавів являється проведення комплексу технологічних заходів, здійснених з метою дегазації розплаву, очистки його від неметалевих включень, а також організація процесів лиття, котрі виключають повторне окислення сплавів.

Для отримання алюмінієвих сплавів з мінімальним вмістом домішок необхідно використовувати профілактичні заходи, направлені на попередження забруднення металу, та прийняти заходи для очистки металу від вмісту в ньому включень.

В залежності від характеру дії на систему метал – неметалеve включення методи рафінування згідно прийнятої класифікації розділяють на:

- неадсорбційні;
- адсорбційні;
- комбіновані.

Неадсорбційні методи рафінування засновані на використанні фізичної дії з метою порушення рівноваги «сплав – газ та оксиди». До цих методів відноситься обробка розплаву постійним електричним струмом, ультразвуком і дегазація у вакуумі. Застосування постійного електричного струму засновано на припущенні, що розчинений водень в алюмінієвому сплаві знаходиться в іонізованому стані, і дегазація розплаву може бути здійснена шляхом накладання постійного електричного струму. При проведенні численних досліджень вчені дійшли висновку, що при високому ступені іонізації водню, обробка постійним електричним струмом може знизити газовміст сплаву до нуля [1]. В результаті пропускання електричного струму через алюмінієвий розплав можна зменшити вміст водню в ньому до $0,2 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ і в десятки раз підвищити швидкість розчинення в рідкому сплаві неметалевих домішок та інших компонентів, котрі являються первинними центрами кристалізації і

сприяють не тільки дрібно кристалічній структурі, а також і гомогенності металу зливка [2, 3].

При недостатній іонізації водню, останній може міститися в складі колоїдних частинок складних комплексів, котрі при накладанні струму перемішуються в об'ємі розплаву до катоду, але не виділяються з металу і утримують водень. Видалення зі сплаву водню, котрий сконцентрований в області катоду, може здійснюватися дифузійним способом – при густині струму 0,3-1,0 А/см² і через стадію утворення бульбашок – при густині струму більше 3 А/см². Проміжна густина струму менш сприятлива для дегазації, так як вона сприяє асоціації водню в молекули і поверненню їх в розплав конвекційними потоками [4]. Крім того виділення газу в атмосферу затрудняється поверхневим натягом і міцністю поверхневої плівки оксиду алюмінію. Ефективність дегазації цим методом визначається не лише ступенем іонізації водню, але і впливом інших факторів. Відсутність відпрацьованих технологічних параметрів методу дегазації із застосуванням постійного електричного струму не дозволяє на сьогоднішній день широко застосовувати цей процес в промисловості.

При очищенні алюмінію та його сплавів від неметалевих включень промислове застосування отримав спосіб фільтрації розплаву через інертні матеріали – сітчасті (склотканину, металеву сітку) і тверді кускові (магnezит, хромистий залізняк).

Процес фільтрації через сітчасті фільтри заснований на механічному гальмуванні і відділенні неметалевих включень [5]. Для досягнення цієї мети використовуються сітки з розміром чарунки 1,3×1,1мм, 1,7×1,7мм. Від більш дрібних чарунок відмовилися через швидке псування сіток. Дослідження показують, кількість зламів з крупними включеннями серед проб фільтрованих сплавів в 2-3 рази менше ніж нефільтрованого. Металеві (сталеві, латунні і титанові) сітки застосовуються значно рідше через домішки заліза, які вносяться в сплав, та високу вартість латуні та титану. Крім того, при використанні ливарного залишку у виробничих умовах не виключається потрапляння таких сіток в шихту разом з ливником.

Сітчасті фільтри затримують лише великі неметалеві включення, у зв'язку з чим забруднення сплаву лишається досить високим. Великий рафінуючий ефект дає фільтрація через кускові фільтри, котрі являють собою шар крупки фільтруючих матеріалів товщиною 40-120мм, фракція котрих складає 5-10мм. Дія кускового інертного фільтру заснована не лише на механічному відмежуванні оксидних включень; в місцях переходу із одного перерізу каналу в інший утворюються завихрення із зонами зниженого тиску. Ці гідродинамічні явища посилюють ефективність роботи кускових фільтрів. В якості фільтрувальних матеріалів

використовують магнезит, корунд, базальт, попередньо прокалений при 900.°С Фільтрація розплаву через магнезитову крупку (фракція 6 – 10мм в поперечнику і висота 120мм) дозволяє зменшити засмічення майже в 2 рази. Видаляється, як правило, лише великі неметалеві включення, а газовміст сплаву при цьому не знижується.

Адсорбційні методи рафінування засновані на порушенні рівноваги «метал – неметалева включення» лише в тих зонах розплаву, через котрі проходить адсорбент. До цих методів належить рафінування інертними та хімічно-активними газами, солями, флюсами, а також фільтрація через активні фільтри [6].

Очистка продувкою газами заснована на двох процесах: дифузії розчиненого газу в бульбашки продуваючого і фільтруючого та адсорбуючої дії їх по відношенню до неметалевих включень і найдрібніших газових бульбашок. З інертних газів найчастіше використовують азот та аргон. Азот вводять через графітові та кварцеві трубки, котрі оснащені насадками, та діаметр отворів котрих досягає 1-2мм, під надлишковим тиском 0,07-0,12атм. Тривалість продувки коливається від 5 до 15хв. Витрати азоту складають 0,3-1,0% від маси сплаву. Технологічно необхідна температура для дегазації розплаву азотом 720 -730 °С. Перед введенням в розплав азот повинен пройти попереднє очищення від кисню та вологи. Зниження температури під час продувки складає 3-10 °С кожної хвилини. В процесі продувки розплаву азотом видаляється 10- 50% першопочаткового вмісту водню. Деякі кращі результати рафінування спостерігаються при продувці аргонном. Контроль газонасичення здійснюється методом відбору вакуумних проб. Аргон вводять через отвори діаметр котрих складає 2-4мм (загальна тривалість продувки складає 12-15хв), але у зв'язку з втратою температури в процесі продувки, сплав перегрівують до 780-800 °С.

На сьогоднішній день значне поширення отримав метод дегазації рідкого металу за допомогою введення рафінуючого газу в розплав через пористі елементи, котрі стійкі в алюмінії (корунд, карборунд, графіт). Ефективність дегазації при застосуванні пористої кераміки обумовлена характером руху нейтрального газу в розплаві. Якщо через трубку з отворами газ рухається у вигляді пульсуючого потоку і його витрати обмежені 0,35нм³/т через бурління металу, то через пористу кераміку він рухається у вигляді бульбашок і витрати газу можуть бути значно збільшені.

Описані методи дегазації виправдані при обробці значних об'ємів металу, через значні витрати аргону та необхідність використання особливо чистого азоту.

Література

1. С.А. Юдкин. Разработка и исследование процесса циркуляционного рафинирования литейных алюминиевых сплавов флюсами с применением магнитодинамических установок: Дисс.... канд. техн. наук. – Киев, 1974. – 142 с.
2. Коротков В.Г. Рафинирование алюминиевых сплавов, Машгиз. М.-С., 1963.
3. А.Б. Килин. Влияние электрического тока на дегазацию и модифицирование алюминиевых расплавов // Литейное производство. – 2002. – № 8. – С. 21-22.
4. А.В. Дорофеев, А.Б. Килин, А.С. Тertiшников. Обработка алюминиевых расплавов электротоком // Литейщик России. – 2002. – № 2 – С. 19-21.
5. Эскин Г.И. Ультразвуковая обработка алюминиевого расплава. М.: Металлургия, 1988.
6. Г.И. Эскин. Применение ультразвуковой обработки расплава в металлургии легких сплавов // ВИЛС: Технология легких сплавов. – Июль-август 2004. – С. 87-94.
7. Г.А. Колобок, В.Н. Бредихин, Н.А. Маняк, А.И. Шевелев. Металлургия цветных металлов. Донецк, 2007. – 448 с.