



УДК 669.714.1:669.054.8

**THE FILTRATION OF ALUMINIUM MELTS RECEIVED FROM
SECONDARY ALUMINIUM RAW MATERIALS WITH LACQUER AND
PAINT COATING THROUGH GRANULAR FILTERS**
**ФІЛЬТРУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ РОЗПЛАВІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ВТОРИННОЇ
АЛЮМІНІЄВОЇ СИРОВИНИ З ЛАКОФАРБОВИМ ПОКРИТТЯМ, КРИЗЬ ЗЕРНИСТІ
ФІЛЬТРИ**

Nesterenko T.N. / Нестеренко Т.М.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-7900-8512

*Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhya, Zhukovskogo str., 66, 69600
Запорізький національний університет, Запоріжжя, Жуковського, 66, 69600***Nesterenko O.N. / Нестеренко О.М.***engineer-designer / інженер-конструктор**Zaporizhzhya Machine-Building Design Bureau PROGRESS State Enterprise Named After
Academician A.G. Ivchenko, Zaporizhzhya, Ivanova str., 2, 69068**ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» ім. акад. О.Г. Івченко,
Запоріжжя, Іванова, 2, 69068***Kucher D.S. / Кучер Д.С.***student / студент**Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhya, Zhukovskogo str., 66, 69600
Запорізький національний університет, Запоріжжя, Жуковського, 66, 69600*

Анотація. Залучення вторинної алюмінієвої сировини з лакофарбовим покриттям до металургійної переробки, незважаючи на значні економічні та екологічні переваги, стримується забрудненням розплавів, що утворюються, неметалевими домішками та газами. У роботі наведено аналіз причин забруднення алюмінієвих розплавів твердими неметалевими домішками та газами. Для очищення від неметалевих домішок та водню алюмінієвих розплавів, отриманих під час плавлення вторинної сировини, обґрунтовано вибір фільтрування крізь зернисті фільтри. Алюмінієві розплави, що досліджувалися, отримано плавленням використаного алюмінієвого пакування під шаром гранульованого чотирикомпонентного флюсу (56 % NaCl, 22 % NaF, 15 % KCl, 7 % Na₃AlF₆). Як фільтрувальний матеріал для дослідження вибрано магнезит, сплав фторидів кальцію та магнію (50 % CaF₂, 50 % MgF₂). Приведено результати дослідження впливу матеріалу фільтра, розміру зерен фільтрувального матеріалу, висоти шару фільтра, температури фільтрування на ступінь рафінування розплаву.

Ключові слова: алюмінієвий розплав, вторинна алюмінієва сировина з лакофарбовим покриттям, зернисті фільтри, фільтрування.

Вступ.

Залучення використаного алюмінієвого пакування до металургійної переробки, незважаючи на значні економічні та екологічні переваги, стримується забрудненням розплавів, що утворюються, неметалевими домішками та газами. На ступінь забруднення алюмінієвого розплаву твердими і газоподібними неметалевими домішками впливають склад і сортність, способи зберігання та підготовки шихти, черговість завантаження компонентів шихти, способи перемішування та переливання розплаву, рафінування, методи доставляння розплаву на розливання [1-4]. Перелічені чинники залежно від специфічних особливостей алюмінієвого сплаву, що виготовляють, вносять свій



внесок у змінення якості розплаву.

Останнім часом у зв'язку зі збільшенням обсягів застосування алюмінію в тонкостінних виробках обмежують припустимий розмір дрібних неметалевих домішок. Припустимий розмір таких домішок, що залежить від товщини та маси майбутніх виробів, може становити декілька мікрон [4].

Основний текст.

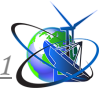
Для підвищення чистоти отриманого металу та зменшення його втрат внаслідок ошлакування металу застосовують сучасні технології рафінування [5-7]. Традиційно видаляють зважені тверді домішки і водень з алюмінієвих розплавів відстоюванням, обробкою сумішами фторидних і хлоридних солей, продуванням інертними й активними газами, вакуумуванням, фільтруванням. Істотно розширюють можливості очищення розплавів, отриманих під час плавлення вторинної алюмінієвої сировини, нові способи рафінування (ультразвукове, магнітно-імпульсне оброблення та ін.). Перелічені способи очищення базуються на різних фізико-хімічних процесах.

Фільтрування крізь сітчасті (двомірні), зернисті (об'ємні) або рідкі сольові фільтри дозволяє ефективно видалити зважені неметалеві домішки з розплавів. До зернистих фільтрів можна віднести також керамічні фільтри з фіксованими розмірами каналів [8]. Ефективне очищення властиве зернистим фільтрам у вигляді шару висотою 15–20 см із зерен розміром 5–15 мм фільтрувального матеріалу (корунд, магнезит, графіт або сплав фторидних солей). Зважені домішки під час фільтрування затримуються механічним способом або через фізико-хімічну взаємодію з матеріалом фільтра. Складний механізм процесу фільтрування спричинює інтенсивну дегазацію та очищення від твердих неметалевих домішок, в тому числі й дрібних.

Завдання роботи – дослідити очищення розплавів, що утворюються під час плавлення використаного алюмінієвого пакування, від неметалевих домішок фільтруванням крізь зернисті фільтри.

Для експериментального дослідження як сировину застосовано використане алюмінієве пакування: металеву стрічку алюмінієвих банок для напоїв, покриту з обох боків харчовим лаком, а з зовнішнього боку додатково покриту декоративним покриттям; кришки для закупорювання прохолоджуючих напоїв, на поверхні яких нанесено лакове і фарбове покриття. Алюмінієвий розплав отримано плавленням вторинної алюмінієвої сировини в шахтній лабораторній електропечі типу СШОЛ у графітових тиглях. Під час плавлення вторинної сировини проводили флюсове рафінування гранульованим чотирикомпонентним флюсом (56 % NaCl, 22 % NaF, 15 % KCl, 7 % Na₃AlF₆) у заданій кількості [7].

Отриманий алюмінієвий розплав фільтрували крізь зернисті фільтри під дією сили тяжіння в тиглі місткістю 200 г. Як фільтрувальний матеріал для дослідження вибрано магнезит, сплав фторидів кальцію та магнію (50 % CaF₂, 50 % MgF₂). Матеріал фільтра використовували одноразово. Для видалення адсорбованої вологи фільтрувальний матеріал засипали у фільтрувальну камеру та прожарювали за температури 700–720 °С. Фільтрувальний матеріал, що досліджується, насипали в камеру у кількості, потрібній для створення



фільтрувального шару певної висоти і заливали алюмінієвий розплав. Вміст домішок в розплаві оцінювали за технологічними пробами. Ступінь рафінування визначали як відношення різниці вмісту домішок у вихідному та рафінованому розплаві до їх кількості у розплаві до рафінування.

Для дослідження впливу технологічних умов фільтрування алюмінієвих розплавів, що утворюються під час плавлення використаного алюмінієвого пакування, на ступінь рафінування змінювали середній розмір зерен фільтрувального матеріалу від 3 мм до 13 мм та висоту шару від 40 мм до 120 мм. Проведено серії дослідів з варіюванням розмірів фільтрувальних матеріалів в межах 2–4 мм, 4–6 мм, 6–8 мм, 8–10 мм, 10–12 мм, 12–14 мм.

Експериментально встановлено, що незалежно від матеріалу та висоти фільтра просочення алюмінієвого розплаву крізь фільтрувальний матеріал з розміром зерен 2–4 мм під дією сили тяжіння відбувається дуже повільно, в окремих випадках фільтрування майже не відбувається.

Вплив розміру зерен фільтрувального матеріалу на ступінь рафінування алюмінієвого розплаву від неметалевих домішок для фільтрів із сплаву фторидів і магнезиту при висотах шару фільтрувального матеріалу в інтервалі 40–120 мм приведено на рис.1.

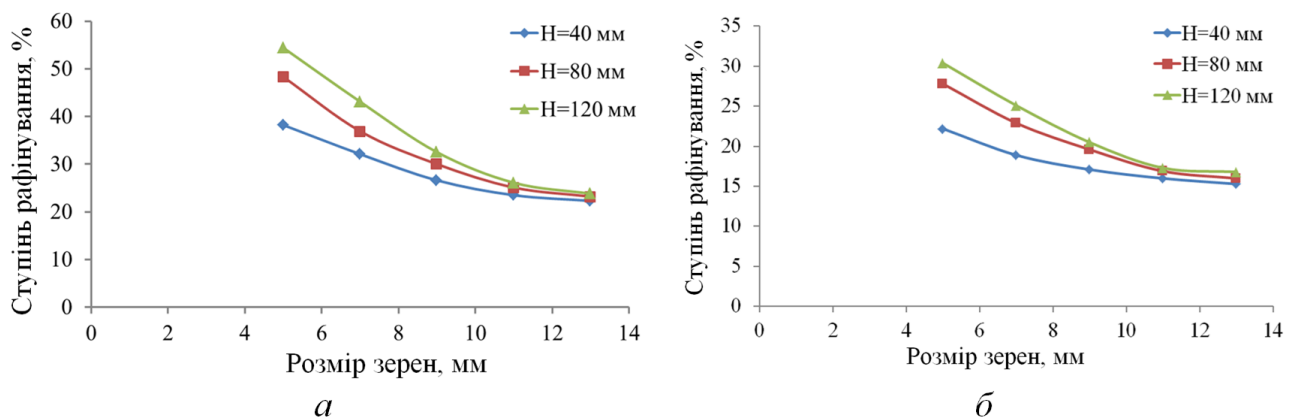


Рис. 1. Залежності ступеня рафінування розплаву від розміру зерен сплаву фторидів (а) і магнезиту (б) для фільтрів різної висоти

Авторська розробка

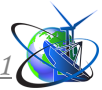
За даними рис.1 встановлено, що для отримання однакового ступеня рафінування алюмінієвих розплавів від неметалевих домішок розмір зерна фільтра зі сплаву фторидів може бути в 1,5–2 рази більший, ніж розмір зерна магнезиту.

Кінетику фільтрування металевих розплавів крізь зернисті фільтри описують рівнянням [6]:

$$C = C_0 / (1 + K_a \cdot H/d^2), \quad (1)$$

де C та C_0 – кількість домішок у розплаві до та після фільтрування відповідно; H і $d_{\text{зер}}$ – висота шару і середній діаметр зерна фільтра, мм; K_a – коефіцієнт адгезійної активності матеріалу фільтра.

Математичною обробкою експериментальних даних, наведених на рис.1,



визначено, що величина коефіцієнта адгезійної активності матеріалу фільтра, обчислена за рівнянням кінетики фільтрування (1), дорівнює для фільтра із зерен сплаву фторидів $K_a=6,8$ (розбіжність з теоретичною величиною 9,6 %), для фільтра із зерен магнезиту – $K_a=2,156$ (розбіжність 7,8 %).

Вплив висоти шару фільтрувального матеріалу на ступінь рафінування алюмінієвого розплаву від неметалевих домішок для фільтрів зі сплаву фторидів і магнезиту при різних розмірах зерен приведено на рис.2.

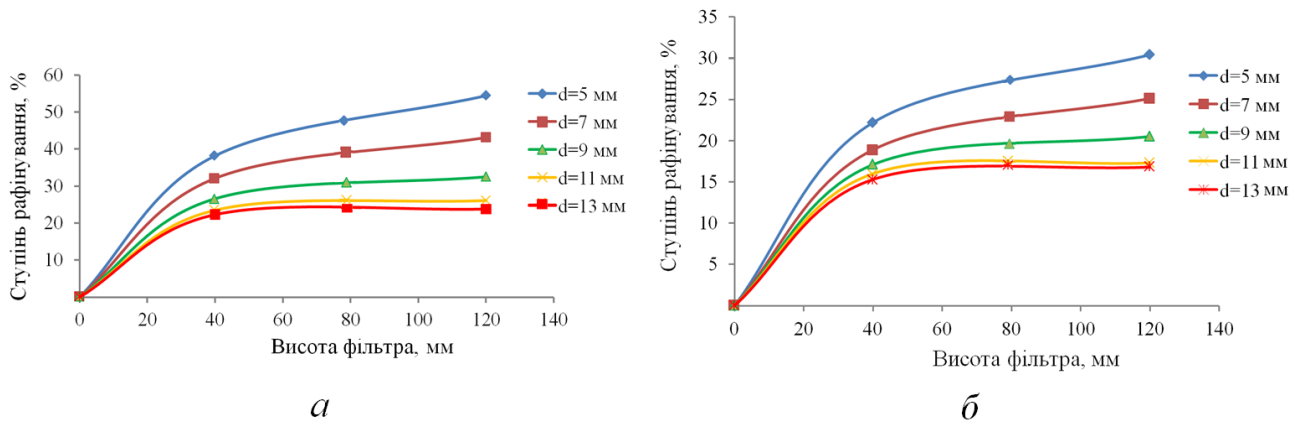


Рис. 2. Залежності ступеня рафінування розплаву від висоти фільтра зі сплаву фторидів (а) і магнезиту (б) з різним середнім розміром зерен
Авторська розробка

Експериментально встановлено, що в досліджуваному інтервалі розмірів зерен і висоти шару фільтра ступінь рафінування алюмінієвих розплавів, отриманих з вторинної сировини, від зважених неметалевих домішок залежить від розмірів зерен, висоти шару і типу фільтрувального матеріалу (рис.1, рис.2). Чим більша висота шару і менший розмір зерна матеріалу фільтра, тим більша кількість домішок затримується фільтром із сплаву фторидів і магнезиту.

Змінення температури розплаву в інтервалі температур 700–750°C при фільтруванні крізь досліджувані фільтри суттєво не впливало на ступінь рафінування розплаву від неметалевих домішок.

Використані фільтри вилучали з фільтрувальної камери, розрізали за вертикальною віссю та оцінювали ефективність видалення неметалевих домішок із алюмінієвого розплаву. Встановлено, що фільтр разом з фільтрзалишками є достатньо міцним конгломератом зерен, сполучених металевими нитками. Спостерігали потемніння зерен зі сплаву фторидів кальцію та магнію, проте розміри та форма зерен будь-якого фільтрувального матеріалу не зазнали змін. Накопичення оксидних плівок, що перемішані з металом, відбувалося переважно у верхній частині фільтра. Так, верхня частина фільтра (20–22 мм від верху) для фільтра з загальною висотою шару 120 мм була засмічена оксидними плівками. Отже, для видалення великих за розміром неметалевих домішок з досліджених алюмінієвих розплавів достатньо використовувати фільтри з висотою шару фільтрувального матеріалу менше, ніж 120 мм.

Всі досліджені фільтрувальні матеріали, з яких виготовлені зернисті



фільтри, у досліджених умовах фільтрування зменшують забруднення алюмінієвих сплавів твердими неметалевими домішками (табл.1). Проте магнезитовий фільтр не знижує газонасиченість розплавів.

Таблиця 1

Вплив матеріалу фільтра на вміст неметалевих домішок і водню у сплаві

Матеріал фільтра	Масова частка Al_2O_3 , мм ² /см ²		Масова частка H_2 , см ³ /100 г	
	до рафінування	після рафінування	до рафінування	після рафінування
Сплав фторидів	0,26	0,12	0,31	0,22
Магнезит	0,25	0,21	0,31	0,31

Авторська розробка

Висновки.

Проведеними дослідженнями підтверджено доцільність використання зернистих фільтрів, виготовлених зі сплаву фторидів кальцію та магнію, для видалення зважених неметалевих домішок із розплавів, отриманих під час плавлення вторинної алюмінієвої сировини з лакофарбовим покриттям.

Виявлені закономірності є основою для вибирання технологічних умов фільтрування розплавів, отриманих під час плавлення вторинної алюмінієвої сировини, від неметалевих домішок і водню в промислових умовах.

Література:

1. Добаткин В. И., Габидулин Р. М., Колачев Б. А., Макаров Г. С. Газы и окислы в алюминиевых деформируемых сплавах. Москва : Металлургия, 1976. 264 с.
2. Макаров Г. С. Рафинирование алюминиевых сплавов газами. Москва : Металлургия, 1983. 120 с.
3. Макаров Г. С. Современные тенденции в развитии методов рафинирования деформируемых алюминиевых сплавов. *Известия вузов. Цветная металлургия*. 1998. № 4. С. 26–29.
4. Локшин М. З., Макаров Г. С., Сиротинский М. С. Актуальные вопросы производства и применения алюминия для упаковки. *Цветные металлы*. 2002. № 12. С.47–55.
5. Нестеренко Т. М., Нестеренко О. М., Колобов Г. О., Грицай В. П. Виробництво алюмінієвих сплавів з рудної та вторинної сировини : навч. посіб. Київ : Вища школа, 2007. 207 с.
6. Курдюмов А. В., Инкин С. В., Чулков В. С., Графас Н. И. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов. Москва : Металлургия, 1980. 196 с.
7. Нестеренко Т. М., Пилипко М. С. Рафінування флюсами алюмінієвих розплавів, отриманих із вторинної алюмінієвої сировини з лаковим і фарбовим покриттям. *Научный взгляд в будущее*. Т. 6, Вип. 6. Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2017. С. 4–9. DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-2-044.
8. Ройш Ф., Шнелле Й. Современное оборудование и материалы для



фильтрации алюминия и его сплавов. *Цветные металлы*. 2008. № 1. С.86–90.

References:

1. Dobatkin V. I., Gabidulin R. M., Kolachev B. A., Makarov G. S. (1976) *Gazy i okisly v aliuminievykh deformiruemykh splavakh* [Gases and oxides in aluminium deformable alloys]. Moscow: Metallurgy. (in Russian)
2. Makarov G. S. (1983) *Rafinirovanie aliuminievykh splavov gazami* [Gas refining of aluminium alloys]. Moscow: Metallurgy. (in Russian)
3. Makarov G. S. (1998) *Sovremennye tendentsii v razvitii metodov rafinirovaniia deformiruemykh aliuminiemykh splavov* [Current trends in the development of refining methods for deformable aluminium alloys]. *Proceedings of Higher Schools Non-ferrous Metallurgy*, no. 4, pp. 26-29.
4. Lokshin M. Z., Makarov G. S., Sirotinskii M. S. (2002) *Aktualnye voprosy proizvodstva i primeneniia aliuminiia dlia upakovki* [Actual questions of production and use of aluminium for packaging]. *Non-ferrous Metals*, no. 12, pp. 47-55.
5. Nesterenko T. M., Nesterenko O. M., Kolobov G. O., Hrytsai V. P. (2007) *Vyrobnytstvo aliuminiievykh splaviv z rudnoi ta vtorynnoi syrovyny* [Production of aluminium alloys from ore and secondary raw materials]. Kyiv: High School. (in Ukrainian). ISBN 978-966-642-354-5.
6. Kurdiunov A. V., Inkin S. V., CHulkov V. S., Grafas N. I. (1980) *Fliusovaia obrabotka i filtrovaniie aliuminievykh rasplavov* [Flux processing and filtering of aluminium melts]. Moscow: Metallurgy. (in Russian)
7. Nesterenko T. M., Pilipko M. S. (2017) *Rafinuvannia fliusamy aliuminiievykh rozplaviv, otrymanykh iz vtorynnoi aliuminiievoi syrovyny z lakovym i farbovym pokryttiam* [The refinement of flux of aluminium melts received from secondary aluminium raw materials with lacquer and paint coverage]. *Nauchnyy vzglyad v budushcheye* [Scientific Look Into The Future], issue 6, vol.6, pp. 4-9.
DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-2-044.
8. Roish F., SHnell I. (2008) *Sovremennoe oborudovanie i materialy dlia filtratsii aliuminiia i ego splavov* [Modern equipment and materials for filtering aluminium and its alloys]. *Non-ferrous Metals*, no. 1, pp. 86-90.

Abstract. *The involvement of secondary raw aluminium materials with lacquer and paint coating in metallurgical processing despite significant economic and environmental benefits is hampered by contamination of the formed melts with non-metallic impurities and gases. The paper presents an analysis of the causes of aluminium melts contamination by solid non-metallic impurities and gases. The choice of filtration through granular filters is substantiated for purification of aluminium melts received by smelting of secondary raw materials. The investigated aluminium melts were obtained by melting of used aluminium packages under a layer of granular four-component flux (56 % NaCl, 22 % NaF, 15 % KCl, 7 % Na₃AlF₆). Magnesite, an alloy of calcium and magnesium fluorides (50 % CaF₂, 50 % MgF₂) were chosen as a filter material for the study. The results of the study of the influence of the filter material, the filter material grain size, the filter layer height, the filtering temperature to the refining degree of the melt are presented.*

Key words: *aluminium melt, secondary raw aluminium materials with lacquer and paint coating, granular filters, filtration.*

Науковий керівник: к.т.н., доц. Нестеренко Т.М.

Статтю відправлено: 24.12.2019 г.

© Нестеренко Т.М., Нестеренко О.М., Кучер Д.С.