

УДК 669.187.526

СПОСОБИ ПЕРЕРОБКИ ТИТАНОВИХ ВІДХОДІВ¹*Т. В. Карпук**Національний Технічний Університет України
“Київський політехнічний інститут”*

Розглянуто види титанових відходів, групи їх переробки та впровадження в сферу виробництва. Представлені дані про кількість та склад титанових відходів. Проведена порівняльна характеристика процесів електрошлакового переплаву (ЕШП), плазменно-дугового переплаву (ПДП) та електронно-променевої плавки з проміжною ємністю (ЕЛПЕ).

Рассмотрено виды титановых отходов, группы их переработки и внедрение в сферу производства. Представлены данные о количестве и составе титановых отходов. Проведена сравнительная характеристика процессов электрошлакового переплава (ЕШП), плазменно-дугового переплава (ПДП) и электронно-лучевой плавки с промежуточной емкостью (ЕЛПЕ).

It is considered kinds of titanic waste products, groups of their processing and introduction in sphere of manufacture. The data on quantity and make up of titanic waste products are submitted. The comparative characteristic of processes of electric slag remelting process, plasma-arc remelting and electron beam swimming trunks with intermediate capacity is lead.

Вступ

Основна маса титанових відходів утворюється при переплаві губчатого титану в злитки, виготовленні напівфабрикатів та готових виробів. Складність використання відходів титанових сплавів обумовлюється специфічними властивостями титану та, насамперед, його здатністю при нагріві до високих температур активно вбирати кисень та азот з повітря. Обробка титанових напівфабрикатів тиском та різанням зв'язана з нагрівом до високих температур та, як наслідок, з окисленням поверхні металу.

¹ - Робота виконана під керівництвом к.т.н., доцента Г. О. Ремізова, НТУУ „КПІ” і к.т.н., с.н.с. О. М. Калінюка, інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України

По можливості подальшої обробки титанові відходи поділяються на кондиційні та некондиційні.

Кондиційними називають відходи, які після відповідної підготовки можуть бути використані в шихті для виплавки титану та його сплавів. Некондиційні відходи забруднені домішками впровадження по всьому розрізу, змішані по маркам сплавів, мають тріщини, не можуть бути використані при виплавці титану та підлягають рафінуванню.

Інформацію про кількість та склад титанових відходів представлено в таблицях 1 і 2. Велику частину відходів складає стружка. Цей вид відходів тяжче всього підлягає переробки, так як вона міцна, забруднена маслами та емульсіями, сильно окислена.

Методи розкислення титану на сьогоднішній час не достатньо розроблені [1]. При введенні в шихту скрапу у виплавлених злитках збільшується вміст кисню, що негативно впливає на властивості металу.

Існують 4 групи переробки та впровадження в сферу виробництва відходів титану:

- Використання відходів для виробництва титаномістких матеріалів;
- Рафінування відходів для отримання якісного металу;
- Переробка відходів методами порошкової металургії;
- Використання відходів для виплавки злитків.

Основним та найбільш економічним способом переробки титанових відходів є використання їх в шихті при виплавці серійних та спеціальних сплавів. Збільшення долі впроваджених відходів при плавці злитків являється одним з шляхів зменшення ціни металу, а також збільшення коефіцієнта його використання.

Ведуться дослідницькі роботи по використанні електрошлакового переплаву (ЕШП) відходів титанових сплавів [1, 2, 3]. Плавку здійснюють з витратним та невитратним електродом. ЕШП проводять в захисному середовищі аргону, так як рідкий флюс, рідкий метал та нагріта частина електроду не захищені від взаємодії з атмосферою.

Відмічають наступні позитивні особливості процесу ЕШП:

- Можливість обходитися без джерела постійного струму;
- Можливість виплавки плоских, квадратних злитків;
- Висока якість бокової поверхні злитків.

ЕШП титанових відходів має недоліки, які не допускають широко використовувати його в промисловості:

- Відсутність умов для рафінування металу від водню;
- Ускладнення конструкцій плавильних агрегатів із-за необхідності захисту ванни рідкого металу та електроду від взаємодії з газами.

Проведені дослідження процесу плазменно-дугового переплаву (ПДП) та його сплавів [4, 5]. Використання плазми в якості джерела нагріву дозволяє

плавити кускову шихту та розділяти процеси плавки та формування злитку.

Таблиця 1 Кількість титанових відходів

№№ джерел	Вид переділу	Вихід придатного, %	Відходи, %	Незворотні витрати, %	Примітки
[2]	Шихта-зливоч	—	6...12	—	Відходи-низько-сортний губчатий титан ТГТВ
[3]	Шихта-зливоч Злиток-напівфабрикат Напівфабрикат-виріб Всього:	90 50 24 24	9 36 25 70	1 4 1 6	Кількість шихти – 100%
[8]	Шихта-зливоч Злиток-напівфабрикат Напівфабрикат-виріб Всього:	— — — —	20...22 53...54 24...27 100	— — — —	Кількість відходів – 100%
[9, 10]	Злиток-виріб Шихта-виріб Злиток-напівфабрикат	— 15...20 —	75...80 70...75 70	— 5...10 —	Кількість шихти – 100%

Таблиця 2 Склад титанових відходів

№№ джерел	Признак підрозділу	Склад відходів, %				
		Стружка	Куски-лом	Обрізи	Кондиційні	Некондиційні
[2]	Можливість переробки	—	—	—	60...65	35...40
[7]	Можливість переробки	—	—	—	67	33
[10]	Можливість переробки	—	—	—	70...71	29...30
[9]	Можливість переробки	—	—	—	25...30	70...75
[3]	Можливість переробки	—	—	—	50	50
[8]	Фізична форма	45	55	55	—	—
[1]	Фізична форма	45	25	30	—	—

ПДП можна проводити при високому тиску для запобігання випаровування легуючих компонентів розплаву. Висока концентрація енергії в малому об'ємі та значна швидкість потоку плазми обумовлює

швидку передачу тепла матеріалам, які нагріваються, та високу швидкість їх плавлення.

Утилізація відходів ПДП має ряд переваг:

- Не відбувається зміна вмісту летючих легуючих компонентів сплаву;
- Можливість плавити відходи губчатого титану, насичені летючими домішками;
- Не потребує високого вакууму.
- Також цей метод має недоліки:
- Відсутність дегазациї металу від водню;
- Високі вимоги по чистоті плазмоутворюючого газу;
- Необхідність рециркуляції та очистки плазмоутворюючого газу;
- Великі енергозатрати.

Все більш промислове застосування знаходить спосіб електронно-променевої плавки з проміжною ємністю (ЕЛПЕ) для переробки відходів титанових сплавів [6].

В основу ЕЛПЕ покладений принцип перетворення електричної енергії в теплову за рахунок гальмування на поверхні металу потоку вільних електронів, прискорених в електричному полі. Процес здійснюється в вакуумі, який необхідний для запобігання втрати енергії за рахунок зіткнень електронів з молекулами залишкових газів та стійкої роботи електронних пушок.

Метод ЕЛПЕ має переваги перед іншими переплавними процесами:

- Роздільне керування процесами плавлення, рафінування та кристалізації рідкого металу;
- Плавку проводять без контакту рідкого металу з атмосферними газами та вогнетривкою футерівкою. Це повністю виключає можливість протікання неконтрольованих процесів та реакцій. Створюються прийнятні умови для видалення газонасичених та тугоплавких включень;
- Електронна пушка дозволяє незалежно від процесу плавлення плавно та в широких межах змінювати потужність електронного пучка та конфігурацію зони нагріву, керувати швидкістю плавки;
- За рахунок зміни струму електронного пучка та струмів в електромагнітних котушках відхилення та розгортки пучка можна отримати стійкий нагрів рідкого металу вище температури плавлення, легко та плавно регулювати тепловий режим в процесі плавки та формувати злитки круглого, квадратного та при необхідності більш складних розрізів;
- На відміну від традиційних методів виплавки, при ЕЛПЕ пред'являються мінімальні вимоги до витратної заготовки. При

цьому поперечний розріз витратного електроду може бути значно більшим розрізу злитка, який виплавляється.

Література

1. Титановые сплавы. Плавка и литье титановых сплавов / А.Л. Андреев, Н.Ф. Аношкин, К.М. Бераецовская и др. – М.: Металлургия, 1978. – 383 с.
2. Титан / В.А. Гармата, А.Н. Петрунько, Н.В. Галицкий и др.. – М.: Металлургия, 1983. – 559 с.
3. Сергеев В.В., Беаукладников Л.Б., Мальшин В.М. Металлургия титана. - М.: Металлургия, 1979. – 264 с.
4. Патон Б.Е., Лакомский В.И., Забарило О.С. Плазменно-дуговые печи с медным водоохлаждаемым кристаллизатором // Сталь. – 1967. - №6. – С. 507-511.
5. Лакомский В.И. Плазменно-дуговой переплав. – Киев: Техника, 1974. -336 с.
6. Мовчан Б.А., Тихоновский А.Л., Курапов Ю.А. Электронно-лучевая плавка и рафинирование металлов и сплавов. – Киев: Наук. думка, 1973. – 237 с.
7. Петрунько А.Н., Олесов Ю.Г., Дроаденко В.А. Титан в новой технике. - М.: Металлургия, 1979. – 180 с.
8. Сандлер Р.А., Иванов Н.И., Александровский С.В. Кинетические характеристики взаимодействия $TiCl$ с металлическим титаном в расплаве хлористого натрия // ВУЗ. Цветная металлургия. – 1976. - №3. – С. 74-78.
9. Способы переработки титановых отходов / Шкуренко В.М., Парицкий В.И. и др. // Улучшение свойств титановых сплавов и сталей и проблемы использования титановых отходов. – Днепропетровск: ДГУ, 1982. – С. 124-129.
10. Металлургия титана: Под ред. В.А. Гарматы. - М.: Металлургия, 1988. – 243 с.