

- / Ю. А. Жданов, Л. А. Иванова, Д. Д. Рябинин // Респ. межв. научно-техн. сб. «Химическое машиностроение». — 1973. — № 18. — С. 50–57.
2. Рябинин Д. Д. Про реологічний аспект використання поняття гідравлічного радіуса [Текст] / Д. Д. Рябинін, А. М. Мотін // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Машиностроение. — 2001. — № 41. — С. 55–59.
3. Пристінні ефекти в процесах переробки полімерних матеріалів [Текст] / В. І. Сівецький, О. С. Сахаров, О. Л. Сокольський, Д. Д. Рябинін. — К.: НТУУ «КПІ», 2009. — 140 с.
4. Сівецький В. І. Пошук кривої течії для поліетилену низької густини для прямокутного каналу [Текст] / В. І. Сівецький, Д. Д. Рябинін, О. Л. Сокольський, С. А. Кривко, М. С. Франкова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 2/5(50). — С. 35–37.

Класифікація різних видів некондиційних відходів. Технології їх підготовки та переробки, у тому числі рафінування відходів, отримання з їх використанням ферротитану і вторинних титанових сплавів.

Ключові слова: титан, відходи, сплави, губчастий, шихта.

Классификация различных видов некондиционных отходов. Технологии их подготовки и переработки, в том числе рафинирование отходов, получение с их использованием ферротитана и вторичных титановых сплавов.

Ключевые слова: титан, отходы, сплавы, губчатый, шихта.

The classification of different types of sub-standard waste. Technology for their preparation and processing, including refining waste, getting to their use ferrotitanium and secondary titanium alloys.

Keywords: titanium, waste, alloys, sponge, blend.

1. Вступлення

По сравнению с подготовкой кондиционных отходов к переплаву их, как компонента шихты, в слитки, подготовка некондиционных отходов к финишному химико-металлургическому переделу требует гораздо меньших трудозатрат, которые определяются способом утилизации отходов. В данной статье проанализированы некоторые из них.

2. Задание

Задачей этих исследований является анализ выбора метода обогащения сырья с извлечением титана из исходного материала.

3. Основная часть

По принципу возможности или невозможности использования титановых отходов в шихте для выплавки

УДК 669.71

НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОНДИЦИОННЫХ ТИТАНОВЫХ ОТХОДОВ

В. П. Иващенко

Доктор технических наук, профессор, первый проректор
Национальная металлургическая академия Украины
пр. Гагарина, 4, г. Днепропетровск, Украина, 49600

Ю. В. Курис

Кандидат технических наук, доцент
Член-корреспондент Академии инженерных наук Украины*
Контактный тел.: 095-700-00-55

Г. А. Колобов

Кандидат технических наук, профессор
Член-корреспондент Академии инженерных наук Украины*
Контактный тел.: 068-908-68-22

*Кафедра цветной металлургии
Запорожская государственная инженерная академия
пр. Ленина, 226, г. Запорожье, 69006, Украина

слитков серийных сплавов титановые отходы делят на кондиционные и некондиционные. Некондиционными называют отходы, которые окислены по всему сечению или большей его части, кусковые отходы с глубокими расслоениями, трещинами, закатами, заковами, зажимами, из которых поверхностной обработкой невозможно удалить оксиды, а также смешанные по маркам сплавов отходы. Из общей массы образующейся стружки попадает в категорию некондиционных отходов окисленная и очень мелкая стружка. К некондиционным относят также такие отходы, как несортный губчатый титан, бой электродов и другие низкокачественные отходы (несортные литейные отходы, шлак от огневого реза, шлак, полученный при электрохимическом фрезеровании титановых полуфабрикатов, окалина, возгоны вакуумных дуговых печей). При существующих методах подготовки отходов к плавке некондиционные отходы не могут быть переплавлены в металл, соответствующий требованиям, предъявляемым ГОСТ к серийным титановым сплавам. Соотношение образующихся объемов кондиционных и некондиционных отходов составляет 2 : 1, однако при

подготовке отходов к плавке вследствие обнаружения скрытых дефектов при тщательном контроле это соотношение изменяется за счет перехода части кондиционных лома и отходов в разряд некондиционных. С другой стороны, совершенствование технологий плавки и обработки титана, а также подготовки отходов к плавке позволит использовать в шихте отходы, ранее считавшиеся некондиционными [1].

Для отходов титановой губки, представленных низкокачественным губчатым титаном марки ТГ-Тв, к настоящему времени выявлено достаточно много направлений использования. Традиционным и основным направлением является применение губчатого титана марки ТГ-Тв в черной металлургии, где он используется для раскисления и легирования стали. Губчатый титан марки ТГ-Тв также используется в производствах стандартного и высокопроцентного ферротитана.

На титано-магниевого комбинатах отходы губчатого титана используют для рафинирования магния. В этом процессе в рафинировочную ванну вводят губчатый титан фракции — 2 мм или фильтруют жидкий магний через слой титановой губки или фильтрующие элементы, изготовленные методами порошковой металлургии из губчатого титана.

С применением губчатого титана получают покрытия на внутренней поверхности реторт восстановления методом диффузионного вакуумного титанирования из паровой фазы. Титан используют в этом процессе в качестве катализатора. Применение титанированной аппаратуры позволяет в итоге повысить качество губчатого титана, так как в процессе восстановления исключается возможность взаимодействия жидкого магния и образующегося блока губчатого титана со стальной стенкой реторты.

Все большее развитие получает применение отходов губчатого титана мелких фракций (2 мм) вместо титановых порошков для производства металлокерамических изделий.

Наиболее качественная часть отходов губчатого титана марки ТГ-Тв твердостью до 220 кг/мм² по Бринеллю, содержащая менее 0,5 % железа и 0,3 % кремния, по своим свойствам соответствует губчатому титану марки ТГ2, который в начальный период развития титановой промышленности использовали для производства многих титановых сплавов. Такие отходы могут быть применены для получения слитков и полуфабрикатов технического титана с повышенным содержанием примесей, который можно использовать для изготовления изделий неотчетственного назначения.

Определенный интерес представляет использование отсевов или специально измельченных отходов губчатого титана в качестве наполнителя для антикоррозионных защитных покрытий на основе эпоксидной смолы.

Из низкокачественного губчатого титана получают низшие хлориды титана при взаимодействии его с четыреххлористым титаном в расплаве хлоридов щелочных металлов. Низшие хлориды титана, в частности треххлористый титан или хлористый натрий, содержащий треххлористый титан, могут применяться в качестве катализаторов при полимеризации некоторых непредельных углеводородов, в частности этилена.

Отходы губчатого титана используют в качестве исходного сырья для получения гидрида титана, который применяют в качестве сильного восстановителя, ком-

пактного источника чистого водорода, катализатора и для других целей.

Губчатый титан низкого качества подвергают электролитическому или термическому рафинированию в солевых расплавах.

Отсевы губчатого титана могут быть использованы для получения карбида титана методом СВС и карбидосталей, например 6Х6ВЗМФС + 25 % TiC, методом жидкофазного спекания [2, 3].

Основные направления утилизации некондиционных отходов титановых сплавов следующие: переработка в руднотермических печах при производстве титановых шлаков, хлорирование газообразным хлором в расплаве хлористых солей, легирование сталей и алюминиевых сплавов, производство ферротитана и порошков. Первичная обработка некондиционных отходов для утилизации их по вышеуказанным направлениям описана в работах [4–6]. Отходы титановых сплавов, как и губчатый титан марки ТГ-Тв, могут подвергаться термическому [7] и электролитическому [8] рафинированию.

Анализ основной формулы расчета шихты первичных титановых сплавов [1, с. 69–72] показывает, что в шихте для выплавки слитков этих сплавов даже в перспективе не могут быть использованы все виды образующихся отходов. Увеличение использования отходов в шихте будет идти, главным образом, за счет кусковых и листовых отходов, стружка же, особенно стружка машиностроительных предприятий, будет оставаться избыточным видом отходов.

Наиболее эффективным способом переработки этих избыточных видов отходов является производство вторичных титановых сплавов. Под вторичными понимаются сплавы, основным сырьем для выплавки которых являются отходы. Такие сплавы имеют повышенное содержание примесей и более широкие интервалы по содержанию легирующих элементов в сравнении с первичными. Несмотря на худшие пластические характеристики, вторичные сплавы обладают всеми основными преимуществами сплавов на основе титана (в первую очередь, высокой удельной прочностью и коррозионной стойкостью) и могут найти широкое применение в самых различных отраслях промышленности.

В свое время ВИАМ с участием Института титана разработал пять композиций вторичных титановых сплавов [9]: ТВ1 — сплав системы Ti-Al; ТВ2 — системы Ti-Al-Mo; ТВ3 — системы Ti-Al-Mn; ТВ4 — системы Ti-Al-V; ТВ5 — системы Ti-Al-Sn. Составы вторичных сплавов, как было отмечено выше, имеют более широкие пределы по содержанию легирующих элементов и примесей, что позволяет использовать для их производства отходы практически всех первичных сплавов данной системы, причем как избыточные кондиционные, так и некондиционные, например смешанные отходы различных первичных сплавов.

Принцип, положенный в основу создания марок вторичных титановых сплавов, заключается в использовании для их производства отходов нескольких различных серийных сплавов по группам их образования на предприятиях той или иной отрасли промышленности. Определенные специализированные предприятия (мотор-, самолето-, судостроительные и др.) применяют для изготовления изделий ограниченное количество сплавов, совпадающих, в основном, по системам легирования, причем отходы этих сплавов зачастую перемешаны

между собой. Поэтому состав вторичных сплавов выбран так, чтобы почти при любой степени смешивания отходов первичных сплавов на данном предприятии содержание легирующих компонентов во вторичных сплавах соответствовало бы установленным пределам [10].

Шихта вторичных сплавов состоит из отходов серийных (первичных) сплавов (в первую очередь, стружки); «освежающего» губчатого титана и оборотных отходов производства вторичных сплавов. Расчет шихты, который обеспечил бы получение отдельных партий сплава, близких по химическому составу и механическим свойствам, является важным вопросом технологии. Впервые он был выполнен в работе [11] и далее усовершенствован в работе [12].

Интерес к проблеме получения вторичного титана сохраняется. Так, в ЦНИИ материалов (г. Санкт-Петербург) разработана технология вакуумно-дугового переплава стружковых титановых отходов (в виде брикетов) [13]. Пластичность вторичного титана, переплавлен-

ного в вакууме, не уступает пластичности легированных титановых сплавов. Более высокий уровень прочности вторичного титана в сравнении с техническим титаном ВТ1-0 объясняется наличием в составе вторичного сплава легирующих элементов (Al, V, Mo) и повышенным содержанием примесей (Fe, O, C, N, H). Очевидно, что по уровню механических свойств вторичный титан, полученный из стружки, переплавленной в вакууме, вполне пригоден для большинства видов гражданской техники.

4. Выводы

В статье проанализированы наиболее эффективные способы переработки титана. Отмечен интерес и ведущие организации при переработке вторичного титана. *Кульбида Е. П.*, К вопросу переработки алюминиевых шлаков // *Е. П. Кульбида, Т. А. Данилова, А. Н. Черный* / Киев. — 2008. — № 4. — С. 26–29.

Литература

1. Колобов Г. А. Титан вторичный [Текст] / Г. А. Колобов, В. И. Пожув, В. В. Талин. — Запорожье : ЗГИА, 2006. — 125 с.
2. Дрозденко А. В. Повышение качества высокодисперсных порошков, получаемых из отсевов губчатого титана и используемых в производстве карбида титана и шихт на его основе [Текст] / А. В. Дрозденко, Г. А. Колобов, В. С. Панов // Наука, производство и применение титана в условиях конверсии. — М. : ВИЛС, 1994, ч. 1. — С. 346–352.
3. Kolobov G. A. Application of Titanium Sponge Screenings for Obtaining Titanium Carbide and Carbide Steel [Текст] / G. A. Kolobov, A. V. Drozdenko, V. I. Drozdenko. The 9 th World Conference on Titanium. Abstract Booklet. // Sanct-Petersburg, 1999. — P. 38–46.
4. Колобов Г. А. Подготовка титановых отходов к металлургическому переделу [Текст] // Г. А. Колобов, К. А. Печерица / Проблеми і рішення у сфері поводження з небезпечними відходами. — Київ : ТОВ «Знання» України, 2006. — С. 39–46.
5. Колобов Г. А. Новые технологии подготовки титановых отходов к металлургическому переделу [Текст] / Г. А. Колобов, К. А. Печерица. — Киев : Наукова думка, 2006. — С. 428–430.
6. Колобов Г. А. Первичная обработка некондиционных титановых отходов /Екологічні проблеми промислових підприємств і перспективи їх вирішення в рамках співробітництва з Євросоюзом [Текст] / Г. А. Колобов, К. А. Печерица, А. Г. Колобова. — Київ : ТОВ «Знання» України, 2007. — С. 58–61.
7. Колобов Г. А. Термическое рафинирование титановых отходов. Проблемы і рішення у сфері поводження з небезпечними відходами [Текст] / Г. А. Колобов, К. А. Печерица. — Київ : ТОВ «Знання» України, 2006. — С. 47–49.
8. Устинов В. С. Электролитическое получение титана [Текст] / В. С. Устинов, В. А. Дрозденко, Ю. Г. Олесов. — М. : Металлургия, 1978. — 176 с.
9. Глазунов С. Г. Вторичные титановые сплавы для народного хозяйства [Текст] / С. Г. Глазунов, Г. Д. Батырев, Е. А. Борисова // Титан для народного хозяйства Зюков. — М. : Наука, 1976. — С. 98–105.
10. Колобов Г. А. Особенности использования отходов в шихте для выплавки слитков первичных и вторичных титановых сплавов [Текст] / Г. А. Колобов, К. А. Печерица // Металлургия легких металлов. Проблемы и перспективы. — М. : МИСиС, 2006. — С. 245–246.
11. Морозов Е. И. Система расчета шихты вторичных титановых сплавов Технология легких сплавов [Текст] / Е. И. Морозов, В. Зимин. — М., 1976. — № 12. — С. 61–66.
12. Колобов Г. А. Выплавка слитков вторичных титановых сплавов из отходов металлообработки. Вітчизняний та міжнародний досвід поводження з відходами виробництва та споживання [Текст] / Г. А. Колобов, А. Б. Комаров, К. А. Печерица. — Київ : ТОВ «Знання» України, 2003. — С. 39–43.
13. Гиршов В. Л. Получение вторичного титана из стружки [Текст] / В. Л. Гиршов, В. И. Пучков, А. В. Красовский // Металлообработка. — 2002. — № 3. — С. 36–39.