



УДК 669.187.526.001.57

РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТИТАНОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ИЭС им. Е. О. ПАТОНА

Н. П. Тригуб, Г. В. Жук

Описаны основные этапы развития электронно-лучевой металлургии титана в ИЭС им. Е. О. Патона. Показаны достижения в процессе разработки новых технологий производства высококачественных слитков, создания отечественных сплавов на основе титана. Представлена структура производства титановых слитков и полуфабрикатов.

The main stages of development of electron beam metallurgy of titanium at the E. O. Paton Electric Welding Institute are described. Achievements in the process of development of new technologies of production of high-quality ingots, development of national alloys on titanium base are shown. Structure of production of titanium ingots and semi-products is presented.

Ключевые слова: титан; электронно-лучевая плавка; слиток; титановый сплав; переработка губчатого титана; недробленый блок; полый слиток; трубы титановые; промышленность Украины

Сплавы на основе титана благодаря высокой удельной прочности и другим уникальным свойствам нашли широкое применение в аэрокосмической технике, самолето- и судостроении, химическом машиностроении, энергетике и других областях промышленности.

В бывшем СССР Украина не имела мощностей по выплавке титановых слитков из губчатого титана, а была поставщиком сырья (титановая губка) на Верхне-Салдинский металлургический комбинат (Россия). С развалом СССР Украина осталась без полуфабрикатов из титана и его сплавов для нужд отечественного машиностроения. Возник вопрос о создании собственного металлургического производства слитков из титана и сплавов на его основе.

Научный и практический подход Б. Е. Патона к решению реальных технических задач для нужд отечественной промышленности позволил в короткий срок разработать отечественные сплавы на основе титана, технологию их производства, изготовить оборудование и в 1996 г. создать Государственное предприятие «Научно-производственный центр «Титан» Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины» с мини-заводом производительностью 3000...5000 т титановых слитков в год в зависимости от их сортамента способом электронно-лучевой плавки (рис. 1).

Основным сырьем для изготовления слитков титановых сплавов является губчатый титан, производимый на Запорожском титано-магниево-комбинате. При этом впервые в мире для получения высоколегированных сплавов титана использован способ ЭЛП; создана и внедрена в производство технология выплавки слитков из недробленых блоков

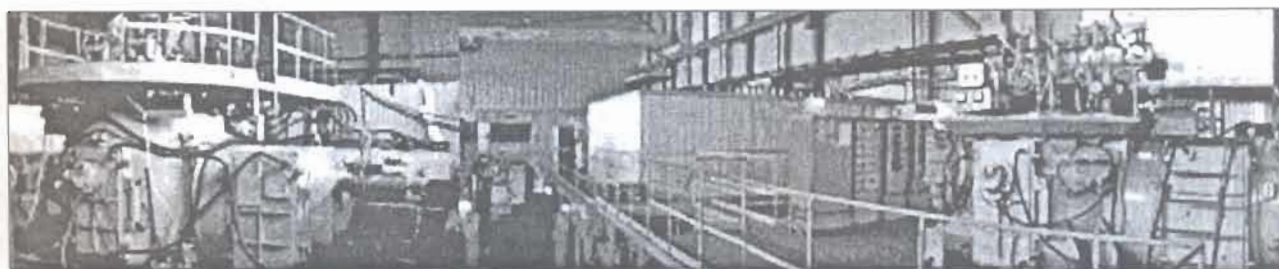


Рис. 1. Цех электронно-лучевой плавки титана



Рис. 2. Слитки ЭЛП диаметром 100... 600 мм

губчатого титана; освоена выплавка полых слитков для производства крупногабаритных титановых труб; созданы оборудование и технология для оплавления боковой поверхности слитков, успешно применяемые вместо их механической обработки.

Проведенные в ИЭС им. Е. О. Патона фундаментальные исследования процессов испарения компонентов сплавов из расплава в вакууме и кристаллизации слитка при электронно-лучевой плавке с промежуточной емкостью (ЭЛПЕ) позволяют прогнозировать химический состав и структуру выплавляемых слитков титановых сплавов и обеспечивают получение слитков с гарантированным химическим составом. Применение промежуточной емкости дает возможность избежать попадания в кристаллизатор включений высокой и низкой плотности.

Запущена в производство технология выплавки слитков из легированных титановых сплавов (ПТ-1М, ПТ-7М, ПТЗ-В, ВТ6, ВТЗ-1, ВТ-22, Grade 5, Grade 9, Grade 12, и др.). Ультразвуковой контроль слитков и исследования темплетов показали, что структура металла плотная, однородная, дефекты отсутствуют. Полученные слитки (рис. 2) полностью отвечают требованиям международных стандартов как по содержанию легирующих элементов и примесей, так и по их распределению в сечении слитка.

Разработанная технология может применяться для получения высококачественных слитков титановых сплавов, гарантированно не содержащих включений низкой и высокой плотности.

Для дальнейшего снижения себестоимости и трудоемкости изготовления слитков титана из первичного сырья в ИЭС им. Е. О. Патона впервые в мире разработана технология ЭЛПЕ недробленых блоков губчатого титана массой 0,7... 3,8 т, что позволяет исключить из технологического цикла производства слитков не только этап прессования расходуемого электрода для последующего переплава, но и операцию дробления блоков губчатого титана на куски размерами до 70 мм.

Предложенная технология ЭЛПЕ блоков губчатого титана обеспечивает повышение на 20 % технико-экономических показателей, в сравнении с ЭЛПЕ губчатого титана фракции 12... 70 мм.

Для реализации разработанной технологии электронно-лучевой плавки недробленого блока губчатого титана в ИЭС им. Е. О. Патона в 2004 г. создана электронно-лучевая установка УЭ5810, не имеющая аналогов в мире. Она позволяет совместить процессы оплавления боковой поверхности блока на этапе предварительного подогрева и плавки в одной вакуумной камере (рис. 3).

Реализация указанной технологии в условиях промышленных предприятий позволила организовать в Украине конкурентоспособное на мировых рынках производство высококачественных слитков и слитков-слябов титана.

Традиционно для слитков на различных стадиях передела металла производят механическую обработку. Количество отходов, как правило, составляет 5... 15 % массы зачищаемого слитка.

Впервые в мире для сокращения потерь металла вместо механической обработки в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины предложена и разработана технология оплавления боковой поверхности слитков как круглого, так и квадратного сечений, а также слитков-слябов электронными лучами и создано соответствующее оборудование для ее реализации (рис. 4).

Процесс электронно-лучевого оплавления поверхностного слоя слитков характеризуется высокой плотностью подводимой энергии, простотой контроля и управления технологическими параметрами, а также экономией до 15 % металла в зависимости от массы оплавливаемого слитка.

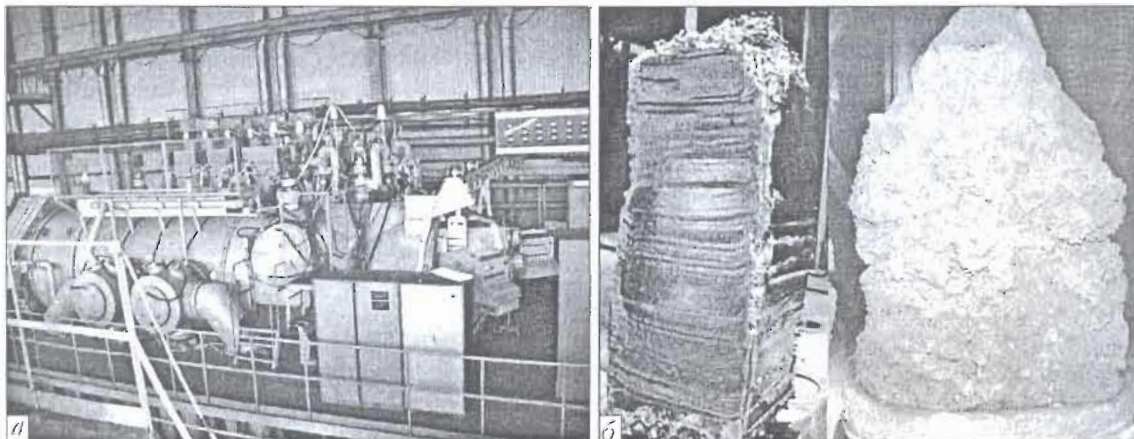


Рис. 3. Электронно-лучевая установка УЭ5810 (а) и недробленные блоки губчатого титана (б)

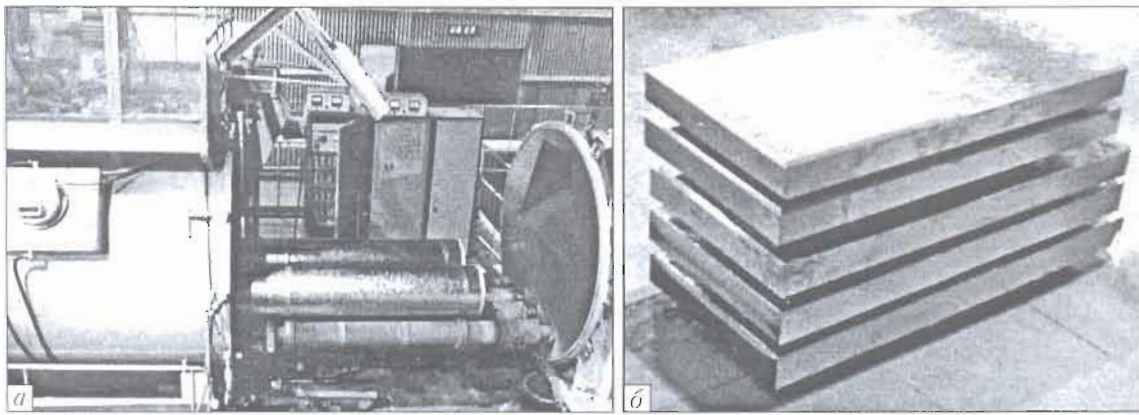


Рис. 4. Установка для оплавления титановых слитков (а) и оплавленные плоские слитки (б)

Впервые в мировой практике предложена технология получения горячекатаных труб непосредственно из литой трубной заготовки, успешно реализованная на Никопольском Южно-трубном заводе в 1998–2000 гг., а также технология производства полых слитков (рис. 5) для изготовления крупногабаритных титановых труб и колец из отечественных титановых сплавов.

Разработано и освоено производство отечественных сплавов из титана с более высокими механическими и эксплуатационными свойствами, чем существующие в мировой практике для использования их в медицине, химическом машиностроении, автомобилестроении, в авиационной и военной технике: сплавы Т80 (Ti-2Al-1,2Fe-1,2Nb-0,6Zr) и Т90 (Ti-4Al-1,2Fe-1,2Nb-0,6Zr), заменяющие соответственно сплавы ОТ4-1 и ОТ4 (ГОСТ 19807-91) (Россия) и превосходящие их по уровню свойств и свариваемости, а также сплав Т100 (Ti-5Al-2,5Fe-3,5Nb-0,6Zr), по механическим свойствам превосходящий широко известный сплав титана VT6/Grade5 (Ti-6Al-4V) (ASTM B 348-00, ASTM B 2658-00, ГОСТ 19807-91) и Т-110 (Ti-5Al-1Mo-1V-5Nb-1Fe-0,3Zr), по уровню технологичности, свариваемости и работоспособности в условиях циклических нагрузок превышающий широко используемый в авиации сплав VT22 (ГОСТ 19807-91, Россия). Первый отечественный высокопрочный сплав Т-110 предназначен для использования в самолетостроении (АН70 и АН148).

В ИЭС им. Е. О. Патона достигнуты значительные успехи в развитии титановой промышленности Украины и имеются большие перспективы для дальнейшего ее развития [1–5]. Основой для этого является наличие мощностей в Государственном предприятии «Научно-производственный центр «Титан» Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины», что позволяет выплавлять слитки из титановых сплавов различного химического состава и сортов от 50 до 20000 кг как отечественной разработки, так и зарубежной; наличие квалифицированных специалистов, способных создавать отечественные сплавы и оборудование нового поколения для их производства.

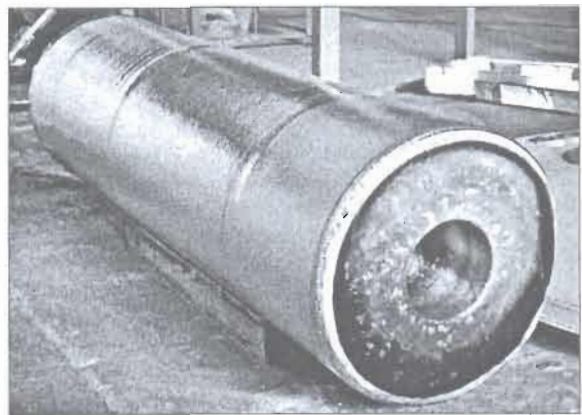


Рис. 5. Полый слиток титана диаметрами 600 и 200, длиной 2000 мм

В настоящее время Государственным предприятием «Научно-производственный центр «Титан» Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины» установлены кооперационные связи со специализированными предприятиями Украины, что позволяет производить различный сортамент полуфабрикатов из титана (поковки, прутки, трубы) как для нужд Украины, так и на экспорт.

1. Пат. 20591А Украина, МПК В 22 Д 23/00. Способ одержания биметала в электроинно-променевих установках / Б. Є. Патон, М. П. Тригуб, Г. В. Жук та ін. — Опубл. 27.02.98, Бюл. № 1.
2. Пат. 78393 Украина, МПК С 22 В 9/22, С 22 В 4/00, С 22 С 1/02, С 22 С 14/00. Способ одержання зливків сплавів на основі титану / М. П. Тригуб, Г. В. Жук, В. В. Телін, С. І. Давидов, А. Ю. Северін. — Опубл. 27.08.07, Бюл. № 13.
3. Пат. 56194 Украина, МПК С 22 В 9/22, В 22 Д 11/045, 11/06, 11/12, С 21 С 5/56. Способ одержання точкової лита в установках електроинно-променевого переплаву / Б. Є. Патон, М. П. Тригуб, Г. В. Жук та ін. — Опубл. 15.03.03, Бюл. № 5.
4. Пат. 79021 Украина, МПК С 22 В 9/22, В 22 В 9/00. Установка для одержання труб зі сплавів на основі титану / Б. Є. Патон, М. П. Тригуб, Г. В. Жук, В. Д. Корнійчук. — Опубл. 10.05.07, Бюл. № 6.
5. Пат. 78793 Украина, МПК С 22 В 9/22, В 22 Д 11/045. Способ одержання порошковитих зливків в установках електроинно-променевого переплаву / М. П. Тригуб, Г. В. Жук, С. В. Ахолін, В. О. Березос. — Опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 25.09.2008