



УДК 669.187.526:51.001.57

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПЛАВКИ ТИТАНА В ИЭС ИМ. Е. О. ПАТОНА

Б. Е. Патон, Н. П. Тригуб, Г. В. Жук, В. А. Березос

Представлено производство слитков титана из недробленых блоков губчатого титана способом электронно-лучевой плавки. Определены значения производительности плавки для слитков диаметрами 1200 и 850 мм, при которых глубина жидкой ванны не превышает радиуса слитка, что с точки зрения теории кристаллизации является удовлетворительным результатом. Показано высокое качество получаемых слитков диаметром 1100 мм.

Production of titanium ingots from uncrushed blocks of spongy titanium using the method of electron beam melting is described. Melting efficiency values are determined for 1200 mm and 850 mm diameter ingots whose molten pool depth does not exceed the ingot radius that is a satisfactory result from the point of view of theory of crystallization. High quality of produced ingots of 1100 mm diameter is shown.

Ключевые слова: блок губчатого титана; титановый слиток; электронно-лучевая плавка с промежуточной емкостью; электронно-лучевая установка; математическое моделирование

Широкое использование титановых сплавов на первый план выводит себестоимость титановой продукции, в том числе и слитков [1]. Значительному снижению цены слитков способствует введение в эксплуатацию мощных установок электронно-лучевого переплава с промежуточной емкостью, производящих крупногабаритные слитки с применением в качестве исходного материала недробленых блоков губчатого титана [2].



Рис. 1. Цех ЭЛП

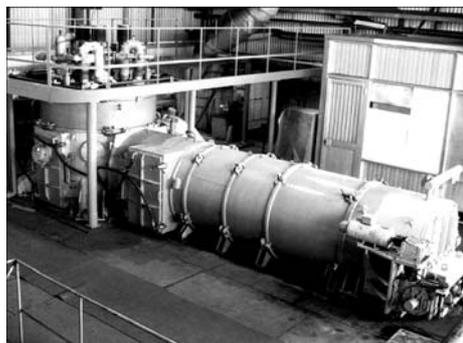


Рис. 2. Электронно-лучевая установка УЭ5812

На основе более чем 30-летнего опыта Института электросварки им Е. О. Патона в области электронно-лучевой плавки металлов создано Государственное предприятие «Научно-производственный центр «Титан».

В настоящее время в ГП «НПЦ «Титан» входит мини-завод по производству слитков круглого и



Рис. 3. Оплавленный слиток диаметром 850 мм

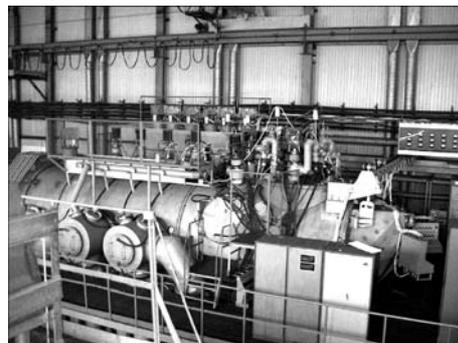


Рис. 4. Электронно-лучевая установка УЭ5810



Рис. 5. Слиток диаметром 1100 мм



Рис. 6. Процесс оплавления слитка диаметром 1100 мм

прямоугольного сечений (шесть электронно-лучевых установок с годовой производительностью 3...5 тыс. т, в зависимости от сортамента) (рис. 1).

Для производства крупногабаритных слитков из недробленых блоков губчатого титана [3] на ГП «НПЦ «Титан» эксплуатируются электронно-лучевые установки УЭ5810 и УЭ5812.

Установка УЭ5812 (рис. 2) [4] позволяет производить из блоков губчатого титана массой до 1 т каждый слитки диаметром до 850 мм и длиной до 4500 мм (рис. 3), а электронно-лучевая установка УЭ5810 (рис. 4) из блоков массой до 4 т — диаметром до 1200 мм и длиной до 4500 мм (рис. 5).

На установке также можно оплавливать боковую поверхность слитков (рис. 6) для исключения механической обработки.

Вместе с тем, масштабный фактор оказывает значительное влияние на структуру и свойства металла слитков. Как отмечают современные исследователи, для классического процесса вакуумно-дуговой плавки существуют критические размеры слитков, выше которых нельзя получить слиток удовлетворительного качества.

Для определения условий кристаллизации крупногабаритных слитков проведены расчеты в рамках математической модели теплопереноса в цилиндрическом слитке (рис. 7) [5].

Исследования проводили путем изменения скорости плавки до 1000 кг/ч. Из рисунков видно, что

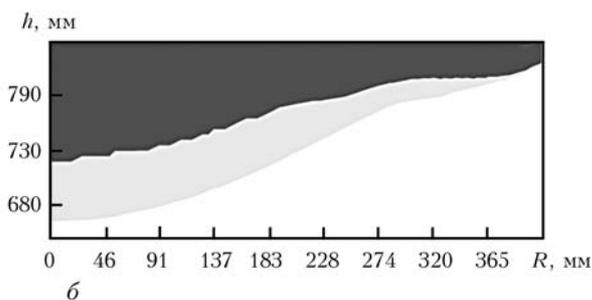
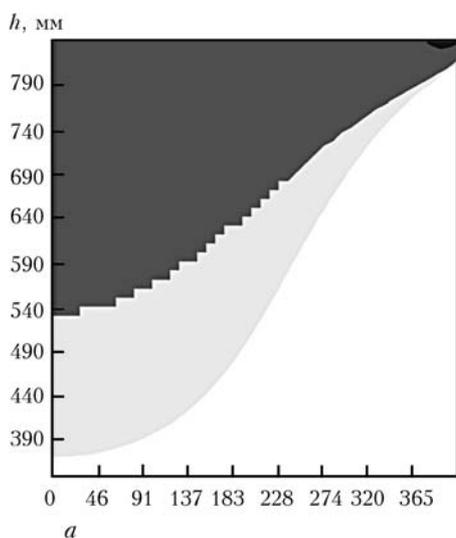


Рис. 7. Зависимость конфигурации жидкой ванны слитка диаметром 850 мм от скорости плавки, кг/ч: а — 600; б — 400

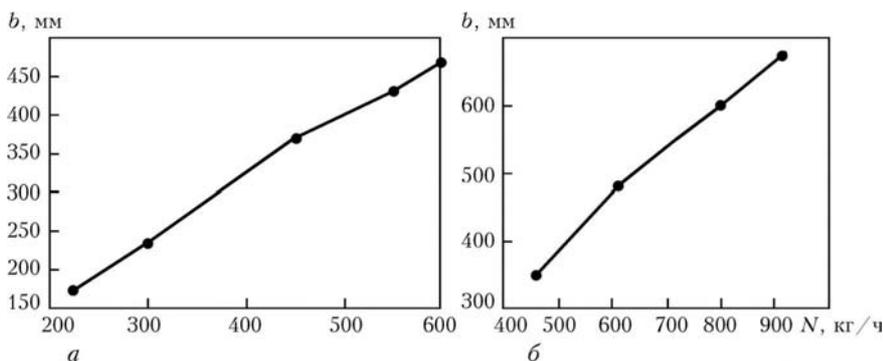


Рис. 8. Зависимость глубины жидкой ванны от производительности N плавки: а — слитка диаметром 850 мм; б — слитка диаметром 1200 мм

зависимость глубины жидкой ванны прямо пропорциональна производительности процесса (рис. 8). Установлено, что глубина жидкой ванны не превышает радиуса слитка (что с точки зрения теории кристаллизации является удовлетворительным результатом) при следующих значениях производительности плавки: для диаметра 850 мм — 550 кг/ч, диаметра 1200 мм — 800 кг/ч.

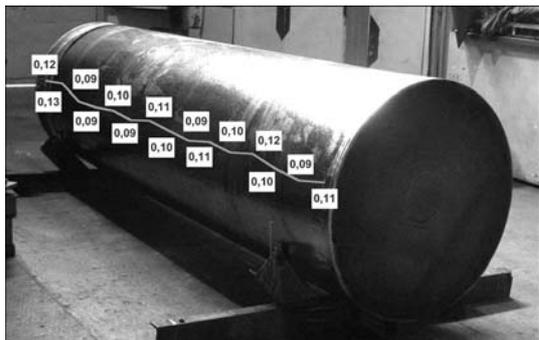


Рис. 9. Распределение кислорода в слитке диаметром 1100 мм



Рис. 10. Трубная заготовка размерами 600/400x2000 мм

Исследования химического состава слитков диаметром 1100 мм (рис. 9) показали, что содержание примесей в слитке соответствует стандарту ASTM В348-00, причем примеси несмотря на использование в качестве исходного материала цельных блоков губчатого титана практически равномерно распределены по длине слитка.

Ультразвуковой контроль слитков показал, что в них отсутствуют экзогенные неоднородности — усадочные раковины и поры, структурная неоднородность, включения. Кроме того, отсутствие значительной структурной неоднородности слитка показывает правильность математических расчетов технологических параметров плавки и стабильность ее протекания. Освоена технология производства



Рис. 11. Раскатные кольца диаметрами 1850 и 1415 мм

полых слитков (рис. 10), позволяющая исключить операцию прошивки при получении трубной заготовки и в результате снизить потери металла и затраты на производство бесшовных труб [6]. Из трубной заготовки получены титановые кольца диаметром до 2000 мм (рис. 11).

1. Патон Б. Е., Тригуб Н. П., Ахонин С. В. Перспективные технологии электронно-лучевой плавки титана // Титан. — 2003. — № 2. — С. 20–25.
2. Патон Б. Е., Тригуб Н. П., Ахонин С. В. Получение титановых слитков из недробленых блоков губчатого титана методом электронно-лучевой плавки // Там же. — 2005. — № 2. — С. 23–26.
3. Электронно-лучевая плавка недробленых блоков губчатого титана / Н. П. Тригуб, С. В. Ахонин, Г. В. Жук и др. // Соврем. электрометаллургия. — 2006. — № 4. — С. 6–9.
4. Промышленная электронно-лучевая установка УЭ-5812 / Н. П. Тригуб, Г. В. Жук, В. Д. Корнейчук и др. // Там же. — 2007. — № 1. — С. 11–14.
5. Электронно-лучевая плавка титана / Б. Е. Патон, Н. П. Тригуб, С. В. Ахонин, Г. В. Жук. — Киев: Наук. думка, 2006. — 248 с.
6. Получение полых титановых слитков методом ЭЛПЕ / Б. Е. Патон, Н. П. Тригуб, Г. В. Жук и др. // Соврем. электрометаллургия. — 2004. — № 3. — С. 18–21.

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

Поступила 02.07.2008