

УДК 669.187.56.001.7

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТИТАНОВЫХ СЛИТКОВ ДУГОШЛАКОВОЙ ПЛАВКОЙ

Шевчук О.И., Ремизов Г.О., Саенко В.С.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»*

*Розглянуті технологічні можливості та особливості дугошлакового
переплаву відносно виплавки зливків титану та його сплавів.*

*Рассмотрены технологические возможности и особенности
дугошлакового переплава относительно выплавки слитков титана и его
сплавов.*

*We consider technological features and refining arc-slag melting ingots of
titanium and its alloys.*

Вступление

Особенности металлургии титана связаны, прежде всего, с его высокой реакционной способностью, т.е. склонностью к активному взаимодействию с газами атмосферы и материалами, с которыми он контактирует, особенно когда титан находится в жидком состоянии или нагрет до высокой температуры.

Поэтому некоторые технологические операции, например, выплавка слитков невозможны без защитной среды - инертного газа или вакуума. На сегодняшний день существует несколько способов получения слитков титана: вакуумно-дуговой переплав (ВДП), электронно-лучевой переплав (ЭЛП), вакуумно-индукционный переплав (ВИП), плазменно-дуговой переплав (ПДП), электрошлаковый переплав (ЭШП) а также различные комбинации этих способов. При этом широкое промышленное применение нашли лишь ВДП и ЭЛП. ВИП и ЭШП не позволяют обеспечить достаточную чистоту металла от вредных примесей и газов, а ПДП по схеме плавки мало чем отличается от ЭЛП, уступая ей в надежности и, опять же, чистоте металла[1].

Главным препятствием на пути расширения использования титана и его сплавов в различных отраслях народного хозяйства была и остается его

высокая стоимость. Это связано с высокой стоимостью титановой губки (исходного сырья для производства слитков), большой трудоемкостью изготовления из нее расходуемых электродов, сложностью и энергоемкостью оборудования для переплава расходуемых электродов в титановые слитки. Упрощение технологии получения слитков без снижения их качества уменьшает стоимость полуфабрикатов из титана и его сплавов и делает их конкурентноспособными по отношению к нержавеющей никелесодержащим сталям и сплавам. В решении этой задачи реальные возможности имеет разработанный в ИЭС им. Е.О. Патона метод дугошлакового переплава (ДШП) как более простой и менее энергоемкий [7].

Разработка метода

Результаты ранее проведенных в опытно-промышленных условиях работ [3] под руководством Б.И. Медовара свидетельствуют, что технология ДШП титана при производстве крупных слитков прямоугольного и квадратного сечения позволяет получать слитки массой от 0,05 до 5 т и более на существующем оборудовании ЭШП путем его переоснастки[3].

При переплаве титана под флюсом с использованием открытых печей ЭШП, одной лишь шлаковой защиты недостаточно для получения металла, не загрязненного кислородом, азотом, водородом выше нормы. При открытой поверхности шлаковой ванны, т. е. когда имеется контакт расплавленного шлака с воздухом, происходит поглощение газов шлаком. Увеличение глубины шлаковой ванны с целью улучшения защиты не дало положительных результатов [5]. Потребовалась изоляция шлаковой ванны от воздуха. Защита ванны инертными газами — чистым аргоном или гелием -- позволяет уменьшить степень загрязнения титана, но также не гарантирует получения заданного низкого уровня содержания газов (кислорода, азота, водорода) в металле. Дальнейшие работы [5], проведенные в Институте электросварки им. Е. О. Патона в этом направлении, показали, что наиболее низкое содержание газов в слитках ЭШП титана, выплавленных в бескамерных печах, обеспечивается в случае применения флюсового затвора с одновременной подачей аргона в плавильное пространство. Первые флюсовые затворы появились в начале 70-х годов, для защиты зоны плавления расходуемого электрода из углеродистой или легированной стали от окружающей атмосферы.

Технологические аспекты ДШП

Конструкция флюсового затвора позволяет в процессе плавки создавать в плавильном пространстве небольшое избыточное давление

газов, что дополнительно препятствует поступлению кислорода и азота из атмосферы в полость кристаллизатора. Вместе с тем, флюсовой затвор, подобно клапану сосудов высокого давления, не допускает повышения давления в полости кристаллизатора сверх безопасного уровня и, при необходимости, осуществляет его сброс. Это происходит путем равномерных выхлопов газов через слой флюса в затворе в течение всей плавки. При этом слой флюса играет роль фильтра, уменьшая выброс паров шлака и облегчая работу системы газоочистки.

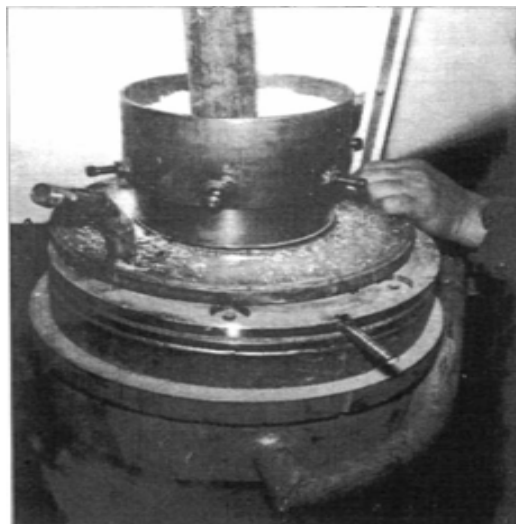


Рис. 1.1 Флюсовой затвор с устройством для продувки аргоном

Отличие применения флюсового затвора при электрошлаковом и дугошлаковом переплавах состоит в том, что в случае ЭШП главным средством защиты является сама шлаковая ванна, в которой плавится расходуемый электрод. Флюсовой затвор, герметизируя плавильное пространство, защищает шлаковую ванну, а также нагретую до высоких температур поверхность расходуемого электрода над ней от газонасыщения [5].

Существует две технологические схемы (рисунок 1): ДШП с применением флюсового затвора — простейшего устройства, которое устанавливается непосредственно на верхний торец кристаллизатора; ДШП в камерной печи [4].

В последнем случае использовали имеющиеся печи вакуумно-дугового переплава с отключенной вакуумной системой, а также специально спроектированные камерные печи для ДШП, позволяющие вести процесс в контролируемой газовой атмосфере

Как металлургический процесс, ДШП отличается надежностью и не требует для своей реализации создания сложного дорогостоящего оборудования. Так, для выплавки листового слитка прямоугольного сечения 630x1150 мм массой 5 т использовали однофазную схему

переплава двух расходуемых электродов диаметром 400 мм в стационарный кристаллизатор с флюсовым затвором на электрошлаковой печи ЭШП-5ВГ. Электроды были сварены по длине из трех частей ручной аргоно-дуговой сваркой по периметру сечения. В качестве флюса использовали химически чистый CaF_2 . Перед началом процесса полость кристаллизатора заполняли аргоном, который затем непрерывно подавали через осушитель газа под крышку флюсового затвора. Расход электроэнергии при ДШП составил 1150 кВт·ч/т [3].

Электроды, для процесса, прессуют на гидравлическом прессе с применением губки различных марок [6]. Расходуемые электроды бывают как сплошные, так и полые, причем через полость можно подавать аргон в зону горения дуги, что способствует выведению из дугового промежутка водорода, фтора и других вредных примесей [2].

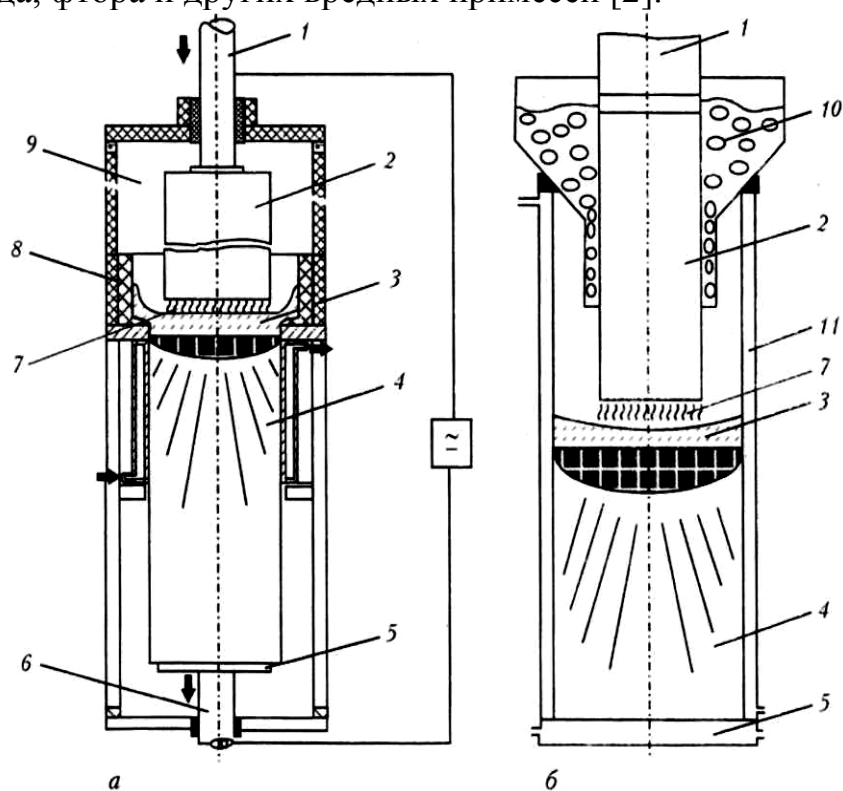


Рис. 1.2 Технологические схемы реализации ДШП в камерной печи с вытяжкой слитка из короткого кристаллизатора (а) и в обычной печи ЭШП в стационарном кристаллизаторе с применением флюсового затвора (б):

1 — инвентарная головка расходуемого электрода; 2 — расходуемый электрод; 3 — шлаковая ванна; 4 — слиток; 5 — водоохлаждаемый поддон; 6 — механизм вытяжки слитка из кристаллизатора; 7 — дуга; 8 — футерованная шлаковая надставка; 9 — камера печи; 10 — флюсовый затвор; 11 — водоохлаждаемый кристаллизатор

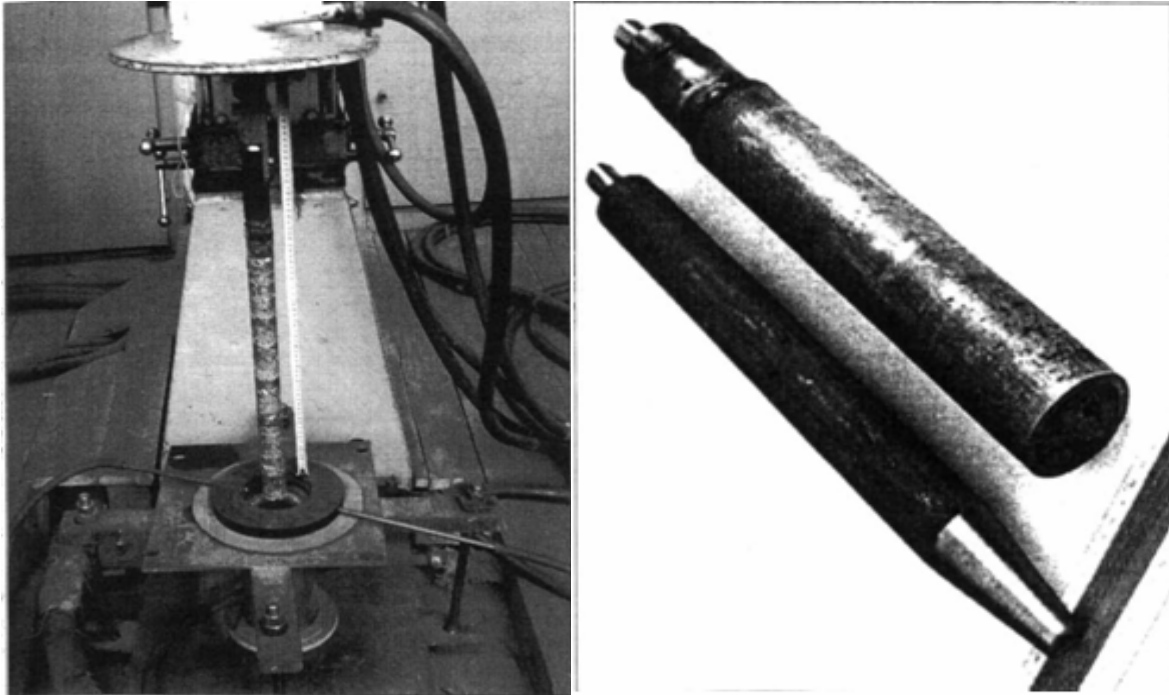


Рис 1.3. Прессованный расходный электрод из титановой губки

В качестве легирующих добавок используется алюминий электролитический, металлический марганец, металлический ванадий и алюминиевомолибденовая лигатура. В результате проведенных в Институте электросварки им. Е. О. Патона исследований структуры и механических свойств было установлено, что однократная электрошлаковая плавка расходных прессованных электродов позволяет получать технический титан и сплав ОТ4, которые по качеству не уступают металлу двойного ВДП [6].



Рис. 1.4. Титановый слиток ДШП из титана ВТ1-0 квадратного сечения 200X200 мм, выплавленный под флюсом CaP_2

При ДШП, в отличие от ВДП, металлическая корона на слитке отсутствует. Это объясняется тем, что при ДШП брызги металла (мелкие капли) попадают или в шлаковую ванну, или в борт шлака, находящийся по периметру шлаковой ванны.

Глубина металлической ванны при выплавке слитков способом ДШП меньше, чем при ЭШП, а форма ванны более плоская. Это объясняется тем, что поверхность ванны обогревается более равномерно. Рассредоточению тепла по ванне способствует и перенос капель в ванну несколькими потоками по всему сечению электрода.

При ДШП поверхность жидкой шлаковой ванны является одним из электродов. Так как электрическая дуга горит в присутствии паров шлака, в которых имеются химические элементы с низким потенциалом ионизации, это способствует стабилизации и устойчивости горения дуги. Необходимо отметить, что компоненты, входящие в состав шлаков ДШП, по-разному воздействуют на условия горения дуги. Положительное влияние оказывают щелочные и щелочно-земельные металлы с низким потенциалом ионизации [4]. Они легко ионизируются, образуя катионы и свободные электроны, участвующие затем в переносе заряда. Таким образом, химический состав применяемых флюсов оказывает существенное влияние на электрические характеристики процесса (устойчивость и стабильность горения дуги, уровень пиков зажигания, наличие пауз в кривой тока, напряжение холостого хода источника питания и т. д).

Роль флюсов при ДШП титана несколько отличается от привычной роли рафинирующего компонента при ЭШП и ДШП. Также практически нивелируется роль шлака как теплоносителя.

Выводы

Таким образом, можно сделать выводы, что ДШП является альтернативной технологией при производстве титана и его сплавов. Эта технология обеспечивает достаточно высокое качество металла и в то же время снижает стоимость его производства. При этом ДШП остается технологически более простой, чем существующие технологии. Именно поэтому ДШП может занять свой сегмент рынка, обеспечив производство более дешевого титана не только для авиапромышленности и судостроения, но и для более простых потребностей общества.

Литература

1. Б.Е. Патон, Н.П. Тригуб, С.В. Ахонин, Г.В. Жук./ Электронно – лучевая плавка титана - Киев: Наук.думка, 2006.- 248с
2. Конспект лекцій з курсу «Технологія та устаткування СЕМ» / Авт. Ремізов Г.О.

3. Л.Б. Медовар, В.Я. Саенко, В.А. Рябинин, А.П. Стовпченко, Б.Б. Федоровский /Совершенствование дугошлакового переплава титана и его сплавов// Титан - 2010 - №3 – С. 15-19
4. Л.Б. Медовар, В.Я. Саенко, В.А. Рябинин/ Выбор флюсов для ДШП при получении титановых слитков// СЭМ – 2010 - №1 – С. 8-11
5. В.Я. Саенко, А.Г. Богаченко, Л.Б. Медовар, В.И. Кумыш, В.А.Рябинин / Оценка эффективности применения флюсового затвора при выплавке слитков из высокопрочных титановых сплавов в бескамерных печах эшп// Проблемы СЭМ – 1994 - №3-4 – С. 3-7
6. Б.Е. Патон, Б.И. Медовар, В.Я. Саенко, В.И. Кумыш, Л.Б. Медовар, В.В. Шепелев, В.А. Рябинин / Переплав губчатых титановых расходоуемых электродов методами ЭШП и ДШП// Проблемы СЭМ – 1994 - №3-4 –С.7-11
7. Цыкуленко К.А / Титан. Проблемы производства. Прспективы. Аналитический обзор. Часть 2.// Современная электрометаллургия - 2007 - №2 – С. 41-49