



УДК 669.187.526.001.52

ПОЛУЧЕНИЕ РАСХОДУЕМЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ИЗ ГУБЧАТОГО ТИТАНА ДЛЯ ПЕРЕПЛАВА В ГАРНИСАЖНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ПЕЧАХ

**В. С. Константинов, В. А. Шаповалов, С. М. Теслевич,
С. И. Давыдов, Л. Я. Шварцман**

Описан процесс получения расходоуемых электродов для вакуумно-дуговых литейных печей. Наряду с существующими способами (вакуумно- и плазменно-дуговым) приведена технология изготовления комбинированного электрода, в состав которого входят прессованная штанга и цилиндрические заготовки от литниковой системы. Отмечено, что качество фасонных отливок, полученных из комбинированного электрода, соответствует техническим условиям.

The process of producing consumable electrodes for vacuum-arc foundry furnaces is described. Along with existing methods (vacuum- and plasma-arc) the technology of manufacture of a combined electrode, whose composition includes a pressed rod and cylindrical billets from a tapping system is described. It is outlined that the quality of shaped castings, produced of a combined electrode, is in compliance with technical specifications.

Ключевые слова: вакуум; печь; плазма; дуга; гарнисаж; электрод; губчатый титан; слиток

Большая активность нагретого до высоких значений температуры титана требует создания технологических процессов, сокращающих пребывание металла на всех стадиях передела при получении готовых изделий. Одним из таких способов является фасонное литье, позволяющее получать изделия сложной конфигурации массой от десятков граммов до нескольких тонн [1].

В современных литейных гарнисажных печах необходимую массу жидкого металла получают в основном способом дуговой плавки расходоуемого электрода в вакууме. Диаметры расходоуемых электродов составляют 250... 1000 мм.

Стоимость расходоуемого электрода существенно влияет на конечную цену отливки, поэтому постоянно ведутся поиски наименее затратной технологии получения расходоуемых электродов необходимых размеров.

В условиях КП «Запорожский титано-магний комбинат» расходоуемые электроды изготавливают размерами 200×200×400 мм из слитка вакуумно-дуговой плавки (ВДП) диаметром 800 мм и высотой до 3000 мм. Переплаву подвергают губчатый титан марок ТГ-100 и ТГ-ТВ в определенных соотношениях [2].

После плавки слиток механическим способом нарезают на диски диаметром 800 мм и высотой 200 мм с последующей газовой резкой диска на заготовки 200×200×400 мм. По этой технологии металл расходоуемых электродов в местах реза насыщается азотом и кислородом, кроме того, 10 % металла составляют безвозвратные потери. При переделе таких электродов происходит насыщение жидкого металла в тигле газовыми примесями, в результате чего ухудшаются пластические характеристики готовых отливок.

Более прогрессивная технология заключается в получении расходоуемых электродов диаметром 270 мм в двухручьевой шестиплазмотронной плазменно-дуговой печи УП-100 [3]. Печь оборудована двумя рядом расположенными кристаллизаторами диаметром 278 мм, что позволяет выплавлять одновременно два слитка длиной до 2500 мм. Слитки механическим путем нарезают на мерные шашки длиной до 400 мм. Размеры электродов по диаметру и длине соответствуют техническим условиям к электродам для вакуумно-дуговых гарнисажных печей «Нева», установленных на комбинате.

Применение плазменной технологии позволило улучшить качество отливок за счет уменьшения содержания газовых примесей в жидком титане в связи с исключением операции газовой резки, присут-



Рис. 2. Комбинированные расходоуемые электроды перед плавкой в печи «Нева»

Это обусловлено тем, что аппарат восстановления и конденсатор связаны между собой обогреваемым паропроводом. Такая конструкция установки позволяет сократить время между началом и окончанием процесса восстановления титана из тетрахлорида титана, а также проводить вакуумную сепарацию практически без разгерметизации аппарата восстановления, что значительно уменьшает степень насыщения блока губчатого титана газовыми примесями и влагой.

С учетом высокого качества губчатого титана, полученного по новой технологии, опробовали технологию получения отливок с применением прессованной заготовки. Для изготовления прессованных электродов использовали установленный на комбинате горизонтальный пресс усилием 63 МПа. При помощи прессования получали брикеты диаметром 150 мм и высотой 150 мм, которые затем способом аргонодуговой сварки соединяли в цельную заготовку высотой 450 мм.

Для уменьшения вероятности образования большого количества пор и нарушения герметичности отливки к двум прессованным электродам диаметром 150 мм и высотой 450 мм приваривали способом аргонодуговой сварки части литниковой системы от предыдущей плавки с минимальным количеством газовых примесей. Общий вид комбинированного расходоуемого электрода представлен на рис. 2.

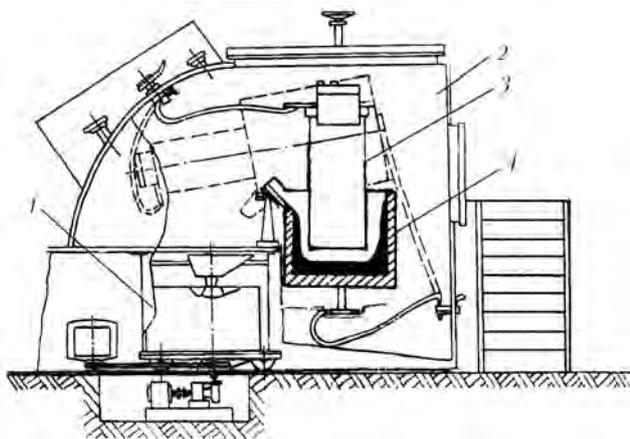


Рис. 3. Схема вакуумно-дуговой литейной печи «Нева»: 1, 2 – соответственно заливочная и плавильная камеры; 3 – расходоуемый электрод; 4 – тигель



Рис. 4. Общий вид вакуумно-дуговой литейной печи «Нева»

Плавку комбинированных электродов выполняли в вакуумно-дуговой литейной гарнисажной печи, принципиальная схема и общий вид которой приведены на рис. 3, 4.

Печь включает следующие основные узлы: герметичную плавильную камеру, титановый тигель, электрододержатель, заливочную камеру и вакуумную систему [6].

Продолжительность дегазации увеличили на 20 %, по сравнению со стандартной технологией, когда в печь загружали расходоуемый электрод, отлитый в вакуумно-дуговой или плазменной печах. Режимы плавки также отличались от принятой технологии. Для удовлетворительной дегазации металла на торце переплавляемого комбинированного электрода, а также в капле и расплаве металла в тигле ток поддерживали в пределах 9... 10 кА, по сравнению с 12 кА при переплаве литого электрода. Соответственно время плавки увеличилось на 10 мин.

Плавка на пониженных режимах способствовала эффективному удалению газовых примесей. По окончании сплавления электрода делали кратковременную выдержку расплава для дополнительной дегазации и путем поворота тигля жидкий металл



Рис. 5. Отливка заготовки детали запорной арматуры, полученной в вакуумно-дуговой литейной печи «Нева»



сливали в металлическую форму. После охлаждения отливки (рис. 5) отправляли на гидравлические испытания. Получены положительные результаты. Также осуществляли испытания механических свойств и определяли содержание газовых примесей.

Испытания показали, что механические свойства соответствуют действующим ТУ 48-10-8-86 (σ_B — до 500 МПа, δ — более 5%, KCU — 0,1 МДж/м², среднее содержание кислорода в отливках составляло 0,15, азота — 0,075, водорода — 0,004 и углерода — 0,09 мас. %), что подтверждает эффективность предложенной технологии получения расходуемых электродов.

1. *Производство фасонных отливок из титановых сплавов* / Е. Л. Бибииков, С. Г. Глазунов, А. А. Неуструев и др. — М.: Металлургия, 1983. — 298 с.
2. *Анализ технологических схем изготовления прессованной заготовки из некомпактной шихты для получения слитка*

- титана первого перепада / Ю. В. Латаш, В. Н. Замков, В. С. Константинов и др. // Пробл. спец. электрометаллургии. — 1998. — № 2. — С. 35–38.
3. *Реконструкция* плазменно-дуговой печи УП-100 для выплавки титановых слитков из некомпактной титановой шихты / Ю. В. Латаш, В. С. Константинов, В. В. Тэлин и др. // Там же. — 1990. — № 1. — С. 72–75.
 4. *Родякин В. В., Гегер В. Э., Скрыпнюк В. М.* Магнийтермическое производство губчатого титана. — М.: Металлургия, 1971. — 216 с.
 5. *Проблемы* надежности аппарата магнийтермического получения губчатого титана повышенной цикловой производительности / С. М. Теслевич, В. В. Тэлин, А. Н. Пампушко и др. // Современ. электрометаллургия. — 2004. — № 2. — С. 50–53.
 6. *Неуструев А. А., Ходорковский Г. Л.* Вакуумные гарнисажные печи. — М.: Металлургия, 1967. — 272 с.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
КП «Запорожский титано-магниевый комбинат»

Поступила 24.03.2009

УДК 669.187.2

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ Ti, Ti36Al, Ti/Al, ПОЛУЧЕННЫХ СПОСОБОМ ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ИСПАРЕНИЯ

А. В. Демчишин, В. С. Голтвяница, С. К. Голтвяница,
Л. Д. Кулак, О. А. Токарев, Г. А. Автономов

Получены покрытия из Ti, Ti36Al и Ti/Al толщиной 40... 140 мкм на подложках из нержавеющей стали и поликора с использованием нефильтрованного вакуумно-дугового осаждения. Морфологию поверхности, поперечные изломы, микроструктуру, микротвердость и плотность конденсатов изучали в зависимости от электрического смещения подложки, температуры катода и толщины субслоев в многослойных Ti/Al конденсатах. Результаты исследований показали существенное влияние указанных технологических параметров на структуру и свойства вакуумно-дуговых конденсатов.

Coatings of Ti, Ti36Al and Ti/Al of 40... 140 μm thickness were produced on substrates of stainless steel and polycor using a non-filtered vacuum-arc deposition. Morphology of surface, transverse fractures, microstructure, microhardness and density of condensates were studied depending on electric displacement of substrate, temperature of cathode and thickness of sublayers in multi-layer Ti/Al condensates. Results of investigations showed the significant effect of the mentioned technological parameters on structure and properties of vacuum-arc condensates.

Ключевые слова: вакуумно-дуговое осаждение; защитные покрытия; конденсаты; титан; фазовый состав; структура

Введение. Конденсаты чистого титана, его сплавов с алюминием и многослойных композиций системы Ti/Al представляют большой практический интерес благодаря высоким значениям коррозионной стойкости в агрессивных средах и прочности, а также низкому удельному весу. Указанные материалы могут быть использованы в качестве защитных покрытий в химической промышленности, авиакосми-

ческой технике, автомобилестроении и медицинской технике. Например, алюминиды титана являются перспективными материалами для покрытий, эксплуатируемых в условиях высоких температур. Многослойные Ti/Al композиции можно использовать для получения новых типов защитных покрытий, а также создания самостоятельных изделий из интерметаллических и неразъемных соединений способом диффузионной сварки [1, 2].

Осаждение покрытий с помощью нефильтрованного вакуумно-дугового испарения позволяет в значительной степени экономить дорогие материалы,

© А. В. ДЕМЧИШИН, В. С. ГОЛТВЯНИЦА, С. К. ГОЛТВЯНИЦА, Л. Д. КУЛАК, О. А. ТОКАРЕВ,
Г. А. АВТОНОМОВ, 2009