

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.791.92: 62-408.62

© 2011 г. А.А. Артемьев, Г.Н. Соколов, И.В. Зорин

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПРОЦЕССА¹

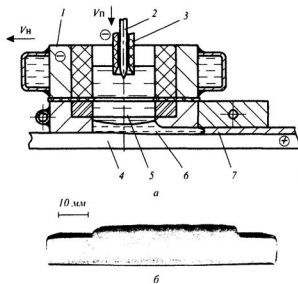
Процессы электрошлаковой наплавки (ЭШН) с использованием горизонтальной схемы обеспечивают качественное формирование наплавленного металла с минимальной долей участия в нем металла изделия, что позволяет получить прогнозируемые сварочно-технологические и эксплуатационные свойства покрытия уже в первом слое наплавки [1]. Для производства биметаллических изделий с тонким (до 5 мм) износостойким покрытием преимущественно применяется электрошлаковая наплавка лентами со свободным формированием наплавленного металла. Обладая рядом преимуществ, этот процесс имеет недостатки, связанные с негативным влиянием магнитных полей на гидравлические течения расплава в сварочной ванне, что приводит к снижению качества износостойкого металла. Новая технология ЭШН, в которой предусмотрено использование токоподводящего кристаллизатора, а так же широкого спектра присадочных и электродных материалов (порошковых проволок, композиционных стержней, металлической дроби и т. д.) позволяет минимизировать глубину проплавления основного металла и повысить качество наплавленного слоя, обеспечивая возможность управлять тепловыми, электромагнитными процессами и циркуляционными течениями в шлаковой ванне.

Процесс ЭШН реализован по горизонтальной схеме с применением разработанного токоподводящего кристаллизатора (см. рисунок, а) [2]. Способ наплавки предусматривает возможность применять неплавящиеся полые графитовые электроды, через которые осуществляется подача присадочных материалов. Особенностью конструкции кристаллизатора является наличие кольцеобразного элемента, расположенного в проточке формирующей секции. Данный элемент выполнен из диэлектрического огнеупорного материала и оказывает влияние на характер растекания тока в объеме шлаковой ванны, что позволяет переместить высокотемпературную область в шлаке, сформированную вблизи стенки токоподводящей секции кристаллизатора, непосредственно к металлическому расплаву. Это приводит к повышению его температуры и уменьшению поверх-

ностного натяжения на межфазных границах шлак – расплав и расплав – медь кристаллизатора, повышая качество принудительного формирования наплавленного тонкого слоя металла (см. рисунок, б).

С использованием разработанного процесса ЭШН исследовано формирование композиционной структуры износостойкого сплава, упрочненного гранулами диборида титана, введенными в наплавленный металл через шихту порошковой проволоки.

Экспериментальные порошковые проволоки изготавливали из ленты Св-08кп (17,4×0,25 мм). Шихта порошковой проволоки состояла из феррохрома, технически чистых металлических порошков марганца и никеля, а также порошка диборида титана с размером гранул 5 – 30 мкм. Количество TiB₂ в шихте проволоки, исходя из задачи получения качественного износостойкого наплавленного металла, варьировали в диапазоне 8 – 28 % (по массе). Расчетный состав шихты проволоки без порошка диборида титана обеспечивал при ЭШН матрицу сплава типа 20Х7Г12Н2.



Кристаллизатор (а) и макрошиф наплавленного образца (б):
1 – токоподводящий кристаллизатор; 2 – присадочная проволока;
3 – графитовый электрод; 4 – наплавленное изделие;
5 – шлаковая ванна; 6 – ванна расплавленного металла; 7 – наплавленный слой металла.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ, МК-3708.2009.8 и государственного контракта Минобрнауки № 16.740.11.0017.

Результаты металлографического анализа нетравленных микрошлифов показали, что в структуре наплавленного металла присутствуют равномерно распределенные включения округлой формы с микротвердостью 35 ГПа, что соответствует микротвердости диборида титана. Размер включений варьируется от 2 до 25 мкм, причем с увеличением содержания диборида титана в шихте порошковой проволоки с 8 до 28 % (по массе) средний размер включений в наплавленном металле возрастает с 3 до 14 мкм. Эти включения, размер и форма которых коррелируют с параметрами частиц исходного порошка TiB_2 , являются оплавленными гранулами порошка диборида титана, перешедшими в наплавленный металл из шихты порошковой проволоки.

Микроструктурный анализ шлифов показал, что фазовый состав наплавленного металла с разным количеством введенного порошка TiB_2 существенно различается. Так, при содержании TiB_2 28 % (по массе) наблюдается заэвтективная структура, в которой, наряду с включениями округлой формы, присутствуют избыточные выделения боридов и карборидов в виде крупных и мелких светлых игл. Эвтектика характеризуется высокой микротвердостью, варьирующей

ся в пределах 12 – 15,5 ГПа. Твердость самых крупных игл в среднем составляет 14,6 ГПа, более мелких – 19,7 ГПа. Достаточно большая объемная доля упрочняющей твердой фазы (около 24 %) и высокая микротвердость матрицы предопределили повышенную твердость наплавленного металла, которая составила 58 – 61 HRC.

Испытания на абразивное изнашивание показали, что повышенная 2,5 раза в сравнении со сталью 45 стойкость к абразивному изнашиванию исследуемого типа наплавленного металла объясняется высокой микротвердостью и значительным (до 24 об. %) количеством упрочняющей твердой фазы, состоящей из гранул диборида титана и первичных выделений боридов и карборидов, сочетающихся с достаточно пластичным матричным сплавом.

Выводы. Формирование в процессе ЭШН в горизонтальном положении композиционной структуры с использованием порошковой проволоки, содержащей в составе шихты гранулы диборида титана, позволяет повысить износостойкость наплавленного металла.

Волгоградский государственный технический университет.
Поступила 18 ноября 2010.

УДК 621.785

© 2011 г. В.Г. Хижняк, М.В. Аршук

ДИФУЗИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ С УЧАСТИЕМ ТИТАНА И АЛЮМИНИЯ НА СТАЛИ 12X18H10T

Высокие свойства и характеристики покрытий при участии титана и алюминия позволяют использовать их на сталях в качестве защитных слоев, которые предупреждают коррозионное разрушение основного металла, обеспечивают высокую износостойкость и жаростойкость [1, 2].

Защитные свойства покрытий зависят от фазового, химического состава и структуры. В работе исследован фазовый, химический состав и структура титанированной и титаноалитированной стали 12X18H10T, поскольку информация относительно получения, строения и свойств покрытий при участии титана, титана и алюминия на стали 12X18H10T имеет неполный характер [1].

Покрытия наносили в замкнутом реакционном пространстве при пониженном давлении [1, 2]. В качестве исходных реагентов использовали порошки интерметаллида титана и алюминия $Ti-Al$, оксида алюминия Al_2O_3 и активатор CCl_4 . Диффузионную металлизацию проводили при температуре 1050 °С в течение 2 ч.

Рентгеноструктурным анализом показано, что на внешней стороне диффузионной зоны после титанирования и титаноалитирования формируется слой соединений, который состоит из интерметаллида Fe_2Ti и

сложного оксида $Ti_4Fe_2O_9$, причем последняя фаза расположена на внешней стороне покрытия. Кроме того, под зоной соединений Fe_2Ti и $Ti_4Fe_2O_9$ обнаружены слой карбида титана TiC и переходная зона, которая представляет собой твердый раствор насыщающих элементов в аустените основы.

Результаты микрорентгеноспектрального анализа покрытия показали, что содержание алюминия в центральных зонах титаноалитированного покрытия достигает 8,5, а титана 32,15 – 52,02 % (по массе). Содержание железа на внешней стороне диффузионной зоны стали 12X18H10T составляет 6,7 % (по массе). Кроме того, в покрытиях присутствуют хром и никель, концентрация которых не превышает 2,5 и 15,3 % (по массе) соответственно.

Следует отметить, что содержание титана в покрытиях после титаноалитирования оказывается больше, чем после титанирования и достигает на внешней стороне покрытия 75,1 % (по массе) при содержании алюминия 13,8 % (по массе). Наибольшая концентрация титана обнаружена в зоне карбида титана TiC . Следует отметить, что концентрация алюминия, которая состав-