УДК 621.791.75:[621.791.013]

С.О. Гордин, А.Н. Смирнов, В.Л. Князьков

СОСТАВ ЭЛЕКТРОДНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКОЙ НАПЛАВКИ

Для наплавки деталей, работающих в условиях преимущественного абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками, широко используются электроды марок Т-590 и Т-620. Однако, в современных условиях, когда каждое предприятие борется за конкурентоспособность – повышает качество сварочных материалов, данные марки электродов не являются привлекательными для потребителя в силу ряда причин. Основным недостатком получаемого покрытия является склонность к образованию трещин и низкий эксплуатационный ресурс восстановленных деталей.

Для противодействия воздействию абразивной среды металл должен иметь твердую составляющую. Такой составляющей могут быть карбиды, бориды, карбобориды, карбонитриды и интерметаллические соединения [1].

Повышение эксплуатационных свойств наплавленных покрытий возможно за счет введение в покрытие износостойкой составляющей твердой фазы, не уступающей по твердости и жаростойкости карбидам, но обладающей более высокой температурой плавления и пластичностью. Такими соединениями могут быть бескислородные тугоплавкие соединения, в том числе карбонитриды титана.

Развитие технологий изготовления ультрамелкоразмерных частиц порошков металлов и окислов, позволяет надеяться на решение данной проблемы за счет модификации металла шва введением в качестве одного из компонентов покрытия незначительного количества таких порошков. Эффективность модификации сварочной ванны при сварке конструкционных сталей показана в работе [2]. В настоящей работе использован модификатор, имеющий значительно меньшую стоимость, чем нанокарбиды вольфрама [3] и, в случае его применения незначительно повлияет на стоимость сварочных материалов.

Состав электродного покрытия для наплавки деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания, содержит ферромарганец, ферробор, графит, феррохром [4] или феррохром, графит, ферробор, ферромарганец, ферросилиций, плавиковый шпат, фторопласт [5].

В данной работе, с целью повышения износостойкости наплавленного покрытия, работающего в условиях абразивного износа, в состав электродного покрытия (электроды марки Т-590), содержащего феррохром, ферробор, мрамор, ферросилиций, плавиковый шпат, ферромарганец, графит, поташ дополнительно введен нанопорошок карбонитрида титана в количестве 2,0%.

Данный состав покрытия обеспечивает повышение пластичности обмазочной массы, получение наплавленного сплава с твердостью до 66 HRC с повышенной износостойкостью и длительной эксплуатационной стойкостью восстановленных деталей.

Частицы карбонитрида титана, являясь тугоплавким соединением ($T_{пл}$ ~ 3100^0C), попадая в жидкую ванну расплава, повышают его вязкость, ускоряют процесс кристаллизации металла и позволяют получить прочный твердый раствор с мартенситно-карбидной или дендритной структурой, упрочненной твердыми износостойкими фазами.

Процесс изготовления электродов осуществлялся следующим образом.

Составляющие компоненты электродного покрытия в виде порошков с размером частиц не более 630 микрон (размер частиц карбонитрида титана составляет от 60 до 200 нм) в соответствии с рецептурой дозировали на установке автоматического дозирования электродной шихты.

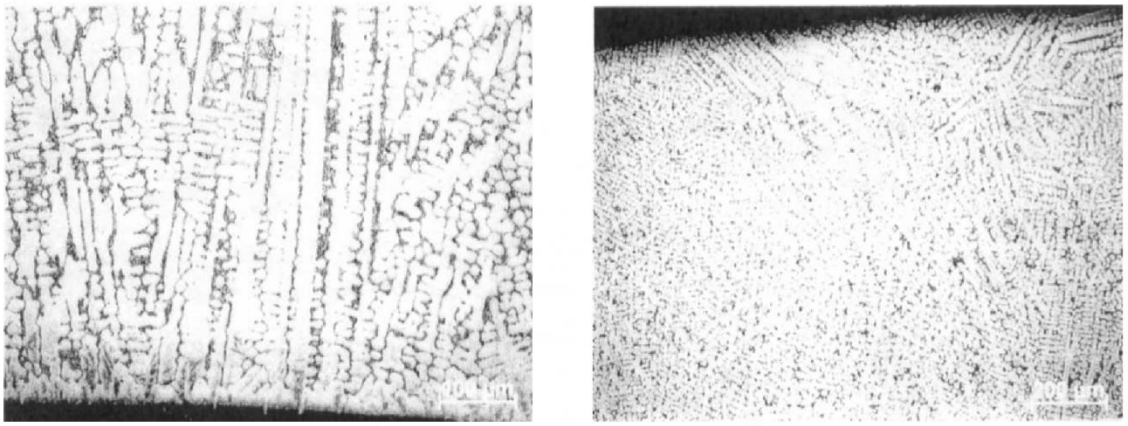
Перемешанная и дозированная в специальные емкости шихта поступала на участок изготовления электродов, которую засыпали в смеситель обмазки, где, в определенной пропорции, смешивали с калиево-натриевым жидким стеклом.

Полученную обмазочную массу брикетировали на брикетировочном прессе. На электродообмазочном прессе обмазочную массу наносили на металлические стержни диаметром 4,0 мм из стали марки Св-08А. Опрессованные электроды передавали на зачистную машину для удаления покрытия с одного конца под электродержатель и зачистки торца другого. На зачищенный торец электрода наносили ионизирующее вещество для облегчения зажигания дуги.

Готовые электроды сушили при температуре 15-25ºС в течение 24 часов и прокаливали в камерных печах при температуре 350ºС в течение часа.

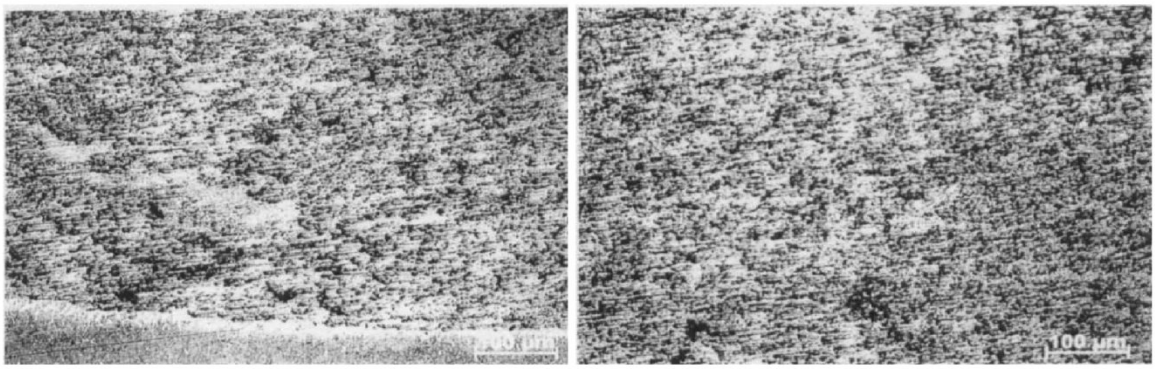
Затем проводили сравнительные испытания металла наплавленного серийными электродами и электродами с добавкой кабротитрида титана. Наплавку проводили на пластины, толщиной 16,0 мм из стали марки 45.

На рис. 1, где представлена микроструктура слоя наплавленного электродами без карбонитрида титана, видна резкая граница раздела между наплавкой и стальной подложкой. Средняя и верхняя зоны состоят из дендритов, столбчато расположенных в направлении верхнего слоя наплавки.



а) *б)*

Рис.1 Микроструктура слоя наплавленного электродами без карбонитрида титана а) – зона сплавления с подложкой, б) – структура приповерхностного слоя

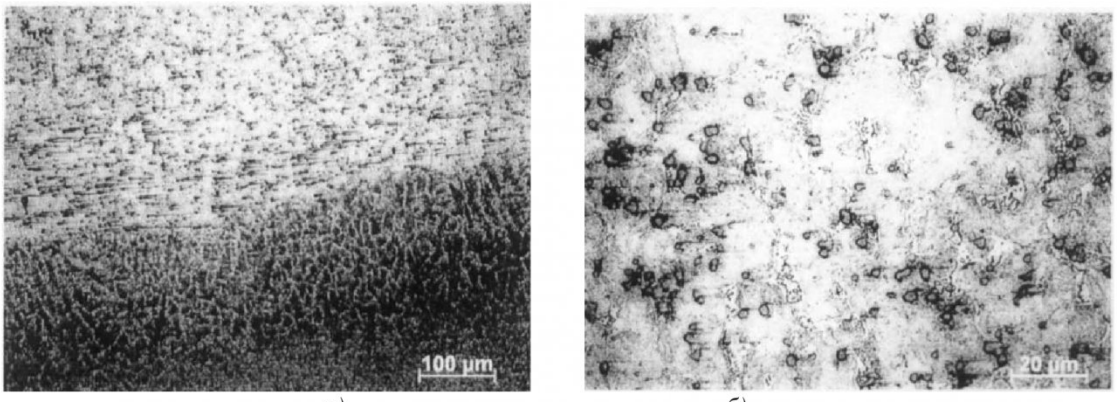


а) *б)*

Рис.2 Микроструктура слоя, наплавленного электродами с карбонитридом титана: а) - зона сплавления с подложкой, б) - структура приповерхностного слоя.

На рис. 2 представлена микроструктура слоя, наплавленного электродами с карбонитридом титана: а) – зона сплавления с подложкой, б) – структура приповерхностного слоя. Наплавленный слой отличается хорошей сплавляемостью с основным металлом, наплавленные валики формируются плотными по всему сечению с плавной переходной зоной, высокой однородностью и бездефектностью структуры, наличием в ней мелкодисперсных карбонитридов титана. Повышенная твердость наплавок обусловила высокую абразивную износостойкость покрытия.

Износ покрытий определяли с помощью абразивных частиц (кварцевый песок). Образцы при-



а) *б)*

Рис.3 Микроструктура трехслойной наплавки, наплавленной электродами с карбонитридом титана в покрытии, с охлаждением каждого слоя в воде: а) – зона сплавления с подложкой, б) – структура приповерхностного слоя.

жимали к роликам с усилием 44±0,25Н. В процессе испытания, абразивный материал непрерывно подавался в зону трения. Испытания проводили не менее чем для 3-х образцов каждого состава. Образцы взвешивали на весах с точностью до 0,01 мг.

Коэффициент износостойкости Є покрытия, выполненного электродами с нанопорошком карбонитрида титана в покрытии, выше коэффициента износостойкости Є покрытия, выполненного серийными электродами на 57%.

Для выявления термостойкости наплавленного слоя, полученного серийными и экспериментальными электродами, образцы после наплавки каждого слоя в разогретом состоянии охлаждались в воде. При осмотре в наплавленных слоях с карбонитридным упрочнением трещин и расслоений не выявлено.

На рис. 3 представлена микроструктура трехслойной наплавки, наплавленной электродами с карбонитридом титана в покрытии, с охлаждением каждого слоя в воде; а) – зона сплавления с подложкой, б) – структура приповерхностного слоя. Структура слоя характеризуется мелкодисперсностью, высокой однородностью, равномерным распределением частиц карбонитрида титана, отсутствием трещин, пор и отслаивания от основного металла.

На рис. 4 представлена макроструктура трехслойной наплавки электродами с серийным покрытием с охлаждением каждого слоя в воде – сквозные трещины на границе раздела с подложкой. В слоях наплавленных электродами с серийным составом, при охлаждении возникли сквозные трещины, берущие начало на границе раздела с подложкой и распространяющиеся через всю толщину слоя.

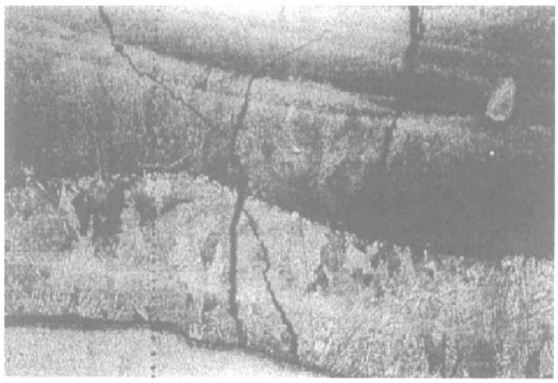


Рис.4 Макроструктура трехслойной наплавки электродами с серийным покрытием с охлаждением каждого слоя в воде

Выводы:

- введение в состав покрытия электродов для износостойкой наплавки незначительного количества нанопорошка карбонитрида титана существенно повышает эксплуатационные свойства наплавленного металла;
- стойкость к абразивному износу слоя покрытия, наплавленного электродами Т-590 модифицированных карбонитридом титана выше на 57% относительно выпускаемых в настоящее время электродов Т-590.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лившиц Л.С., Хакимов А.Н.* Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – М.; Машиностроение, 1989. – 336 с.

2. *Соколов Г.Н., Трошков А.С., Лысак В.И., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев Н.В., Цветков Ю.В.* Влияние нанодисперсных карбидов WC и никеля на структуру и свойства наплавленного металла. // *Сварка. Диагностика*. 2011. № 3. С. 36 – 38.

3. Модифицирование наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама / Г.Н. Соколов, И.В. Лысак, А.С. Трошков и др. // *Физика и химия обработки материалов*, 2009. № 6. С. 41 – 47.

4. Рецептура электродов для электродуговой сварки и наплавки. Основные паспортные данные. Киев, ИЭС им. Патона. 1996

5. Патент RU № 2386525, В 23К 35/365, опубл. 2010. 04. 20.

Авторы статьи

Гордин Сергей Олегович
ведущий инженер ЦЗЛ ОАО «Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»
Смирнов Александр Николаевич,
д.т.н.; профессор каф. технологии машиностроения КузГТУ,
Князьков Виктор Леонидович,
к.т.н.; доцент каф. технологии машиностроения КузГТУ

Поступило в редакцию 10.02.2015