

Высокотехнологичный бескобальтовый материал

для уплотнительных и скользящих поверхностей
запорной и регулирующей арматуры, работающей
в агрессивных средах при температуре до 650° С

Ю.М. Белов, ведущий специалист, к.т.н., Ю.Б. Семендяев, инженер, С.Н. Фролов, инженер,
ЗАО «Электродный завод», г. Санкт-Петербург

Приведены результаты НИР, ОКР и эксплуатационной проверки нового разработанного высокохромистого, бескобальтового материала для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры и других деталей оборудования. Показано, что он обладает высокими физико-механическими, сварочно-технологическими свойствами и может применяться взамен кобальтового стеллита электродов ЦН-12М и др. в арматуростроении, теплоэнергетике и других отраслях промышленности.

Надежная эксплуатация современного оборудования и трубопроводов энергетической, химической, нефтеперерабатывающей и других отраслей промышленности невозможна без применения процесса наплавки их рабочих поверхностей коррозионно- и износостойкими материалами.

В настоящее время для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, пар трения скольжения различных машин, насосов, работающих в средах высокой агрессивности (теплоносители, кислоты и их смеси, щелочи и т.д.), применяется кобальтовый стеллит марки ВЗК, а также электроды марок ЦН-12М и ЦН-6Л [1].

Основным недостатком этих наплавочных материалов является высокая склонность к образованию горячих и холодных трещин, которая вызывает необходимость производить наплавку с предварительным и сопутствующим подогревом до 650-700° С, а после наплавки охлаждать детали с печью от 700° С до комнатной температуры +20° С. При наплавке стали типа 18-8 такой термический режим практически всегда приводит к появлению ножевой коррозии в зоне сплавления наплавленного и основного металла. В результате этого наплавленные детали нередко выходят из строя после 10-18 месяцев эксплуатации. Кроме того, наплавленный металл весьма трудно поддается механической обработке. При обнаружении дефектов в наплавленном слое удаление их во многих случаях невозможно. Кобальтовый стеллит весьма дорог, а наличие его в арматуре, работающей в первом контуре АЭС, нежелательно из-за возможности образования радиоактивного изотопа Со⁶⁰ [2].

В связи с изложенным был проведен большой объем НИР и ОКР по созданию наплавочных материалов, которые не имели бы перечисленных выше недостатков, т.е. отвечали следующим требованиям:

- отсутствие необходимости в предварительном и сопутствующем подогреве деталей в процессе наплавки и сложной термической обработки их после наплавки;
- материал для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающей в контакте со средами высокой агрессивности при температуре до 350° С, не должен содержать дефицитных легирующих элементов и одновременно гарантировать коррозионную стойкость не ниже, чем у кобальтового стеллита;
- твердость наплавленного металла в исходном состоянии после наплавки должна быть не выше 30 HRC, а после простой термической обработки от 40 до 56 HRC в зависимости от требований заказчика;
- отпускостойчивость наплавленного металла должна быть до 650° С включительно.

В результате обширных многолетних исследований был определен состав низкоуглеродистого высокохромистого бескобальтового металла, который при наплавке не требовал никакого предварительного и сопутствующего подогрева, а также последующего замедленного охлаждения наплавленных деталей с печью [3], [4], [5].

Было установлено, что для получения слоя наплавленного металла оптимального химического состава, без горячих и холодных трещин, а также других дефектов, его ручная электродуговая и автоматическая наплавка под слоем флюса должны выполняться по принципу — чем холоднее наплавливаемая деталь, тем лучше!

Для получения твердости такого наплавленного металла в диапазоне от 30 до 58 HRC требуется выполнение простой термической обработки — отпуск: нагрев в диапазоне температур от 620 до 840° С, выдержка при выбранной температуре от 2 до 10 часов, последующее охлаждение на воздухе.

Результаты коррозионных испытаний наплавленного металла оптимального химического состава в различных агрессивных средах приведены в *таблице 1*. Они показывают, что разработанный материал относится к группе



Таблица 1. Результаты коррозионных испытаний наплавленного стеллита и разработанного высокохромистого бескобальтового наплавленного металла

Наплавленный материал	Агрессивный продукт	Фаза продукта	Скорость коррозии, г/м ² ·час		
			30 суток	90 суток	180 суток
Стеллит	Концентрированная азотная кислота	газовая	0,006	0,008	–
		жидкая	0,008 0,020	0,098 0,021	–
Высокохромистый наплавленный материал		газовая	0	–	0
		жидкая	0	–	0
Стеллит	Смесь азотной и плавиковой кислот	газовая	0,0006 0,0019 0,0109	–	0,0002 0,0010 0,0017
		жидкая	0,0055 0,0079	–	0,0011 0,0020
Высокохромистый наплавленный материал		газовая	0 0,0008	–	0,0003 0,0004
		жидкая	0	–	0,0004 0,0005

«совершенно стойких» по ГОСТ 5272-80. Его коррозионная стойкость значительно выше, чем у стеллита.

Испытания образцов на термическую выносливость по режиму: нагрев до 300° С в печи, охлаждение в проточной воде с температурой +20° С показали, что после 200 циклов трещин в наплавленном слое металла не образуется.

Был также проведен большой объем испытаний наплавленного металла на термическое старение при температурах 350 – 400 – 450 – 500 – 550 – 650° С с выдержкой 5000 часов. Результаты измерения твердости наплавленных образцов после различных выдержек при температуре 450 и 650° С приведен в *таблице 2*.

Полученные результаты испытаний свидетельствуют об отсутствии структурных и фазовых превращений в наплавленном металле, приводящих к изменению его твердости в процессе отпуска при указанных выше температурах в течение 5000 часов.

Детальные металлографические исследования образцов также не выявили каких-либо структурных изменений в наплавленном металле, что является дополнительным подтверждением высокой термической стабильности разработанного высокохромистого бескобальтового наплавленного металла.

В соответствии с программой испытаний разработанного оптимального химического состава материала для оценки его работоспособности и коррозионной стойкости в условиях, близких к эксплуатационным, были

изготовлены опытно-промышленные партии клапанов с условным проходом DN 50 и клиновых задвижек с условным проходом DN 80, уплотнительные поверхности которых были наплавлены этим материалом.

После наработки 3000 циклов закрытий и открытий для клапанов и 4200 циклов для клиновых задвижек (шести-кратный ресурс) – клапаны и задвижки были герметичны при крутящем моменте 5 кгс·см, что полностью отвечает требованиям ТУ на арматуру. Задиров и налипаний металла на уплотнительных поверхностях не было обнаружено.

Коррозионные испытания клапанов и задвижек в рабочих средах также не выявили каких-либо коррозионных разрушений как уплотнительных поверхностей, так и зоны сплавления наплавленного и основного металла деталей из стали 0X18H10T.

В связи с получением положительных результатов проведенного полного комплекса испытаний разработанного высокохромистого бескобальтового материала был рекомендован для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающей в различных кислотах и их смесях, щелочах, а также в среде пара с температурой 600° С. Предприятиям-изготовителям и потребителям арматуры с уплотнительными поверхностями, наплавленными этим материалом, была выдана гарантия на ее надежную работу в течение 10 лет, что в 2,5 раза превышает срок службы уплотнительных поверхностей из кобальтового стеллита марки ВЗК.

Таблица 2. Результаты испытаний разработанного высокохромистого бескобальтового наплавленного металла на термическую стабильность

Исходная твердость наплавленного металла образца, HRC	47,6	46,0	48,0	48,0	47,5	48,0	48,0	48,0
Время выдержки образца при температуре испытания, час	10	30	50	100	500	1000	3000	5000
Твердость наплавленного металла после выдержки при 450° С, HRC	46,0	48,0	47,6	46,0	49,0	48,5	46,5	47,0
Твердость наплавленного металла после выдержки при 650° С, HRC	–	47,5	49,5	47,5	49,0	47,5	49,5	48,0

Для получения указанного выше наплавленного материала созданы и выпускаются серийно электроды для ручной дуговой наплавки марок «УОНИ-13/Н1БК», «ЭЛЗ-НВ1» и «ЭЛЗ-НВ4». Для автоматической электродуговой наплавки под флюсом электродной проволокой создан керамический (агломерированный) флюс марки «ЭЛЗ-ФКН-Х32Н8».

Указанные материалы включены в отраслевой стандарт «СТ ЦКБА 053-2008». Электроды аттестованы Морским регистром судоходства РФ и НАКС. Они используются в производстве арматуры на Курганском¹, Благовещенском арматурных заводах, на Зеленодольском судостроительном заводе им. А.М. Горького, фирмой «Галс» (Санкт-Петербург) и др. За десятилетний период применения разработанного высокохромистого наплавочного материала – заменителя кобальтового стеллита марки ВЗК – в промышленности замечаний по его работоспособности в различных условиях эксплуатации не было.

Проведенные опытно-конструкторские работы предприятиями различных отраслей промышленности показали его большие возможности для решения многих задач, стоящих перед ними. Например, было многократно установлено, что разработанный высокохромистый наплавочный материал может широко использоваться не только для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, изготовленной из стали 0Х18Н10Т, но и для арматуры, изготовленной из углеродистых и теплоустойчивых сталей.

¹ Имеется в виду «Икар». (А всего в Кургане нам известно три арматурных завода.) (прим. ред.)

Выводы

- Создан весьма технологичный высокохромистый бескобальтовый коррозионноустойчивый наплавочный материал, позволяющий решить задачу повышения качества и эксплуатационной надежности выпускаемой предприятиями арматуры, работающей в различных агрессивных средах.
- Созданные на базе этого материала электроды и керамический флюс для ручной и автоматической электродуговой наплавки, соответственно, рабочих поверхностей арматуры и других деталей оборудования. Они надежно обеспечивают хорошие санитарно-гигиенические условия труда сварщиков за счет полного исключения высокотемпературного предварительного и сопутствующего подогрева деталей в процессе их наплавки, что также способствует повышению качества выпускаемой продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н., Соболев О.А. «Промышленная арматура для химически активных сред», Санкт-Петербург, Химия. 1993. 418 с.
2. «Наплавочные материалы стран-членов СЭВ», Каталог, Международный центр научной и технической информации, Киев-Москва, 1979, 618 с.
3. Химушин Ф.Ф. «Жаропрочные стали и сплавы», Издание 2. М: Металлургия. 1969.
4. Белов Ю.М., Красавчиков В.А. «Новый материал для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры, работающей в агрессивных средах», Ленинград, ЛДНП. 1972.
5. Белов Ю.М., Красавчиков В.А. и др. Авторское свидетельство №238692, Электрод для наплавки.