

УДК 621.791.92

В.А. Стефанович, доц., к.т.н., С.В. Борисов, А.В. Стефанович
(БНТУ, г. Минск)

**ЛЕГИРОВАНИЕ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОВЕРХНОСТНОЛЕГИРОВАННОЙ
ПРОВОЛОКИ БОРОМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНО НАНЕСЕННЫМ
ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ ХРОМА И МЕДИ**

Введение. Для транспортировки пищевых жидкостей применяются насосы, детали которых изготовлены из коррозионностойких сталей с повышенным сопротивлением износу. Для герметизации вала привода и корпуса насоса используют торцевые уплотнения, изготовленные из двух частей: вращающееся кольцо из графита; не вращающееся кольцо из коррозионностойкой стали. Обязательным требованием к стальным деталям торцовых уплотнений при перекачке пищевых жидкостей является отсутствие коррозии на поверхности. Применение коррозионных сталей мартенситного класса 40X13, 95X18 для стального кольца требуемый ресурс эксплуатации обеспечивается, но при работе в растворах кислот и щелочей кольцо покрывается темной пленкой со значительными язвами поверхности коррозионного происхождения. При изготовлении кольца из коррозионностойкой хромоникелевой стали 10X18H10T из-за ее низкой твердости наблюдается сильный износ, но отсутствуют следы коррозии.

Поэтому для повышения износостойкости колец торцовых уплотнений из стали 10X18H10T было решено использовать аргоннодуговую наплавку с использованием поверхностнолегированной бором проволоки из хромоникелевой коррозионностойкой стали 06X19H9T. В процессе наплавки боридный слой взаимодействует с материалом проволоки, формируя гетерогенную структуру наплавленного покрытия, состоящую из дендритов, по границам которых расположена боридная эвтектика высокой твердости и износостойкости. Твердость наплавленного покрытия составляет 35–40 HRC. [1] Изготовленные пары трения по вышеизложенному способу обеспечивают требуемый ресурс работы, но при этом наплавленное покрытие покрывается серой пленкой. Появление серой пленки на наплавленном покрытии, полученном из поверхностнолегированной бором проволоки из стали 06X19H9T обусловлено понижением коррозионной стойкости наплавленного покрытия, которое вызвано перераспределением хрома в структуре.

Распределение хрома по сечению дендрита и в твердой фазе показало, что дендриты, состоящие из аустенита, содержат меньшее

количество хрома 12,92 - 14,49%, чем исходная сталь 06X19H9T, что обуславливает снижение коррозионной стойкости.

Для повышения коррозионной стойкости наплавленного покрытия необходимо повысить количество легирующих элементов таких как хром и медь. С повышением содержания хрома расширяется область пассивного состояния нержавеющей стали и в значительной степени снижаются электродный потенциал и ток пассивации, особенно при содержании хрома более 18%. [2] Введение меди способствует торможению катодного процесса. При легировании медью хромоникелевой стали 10X18H9 в пределах 3,5 - 5% замедляется процесс коррозии в серной кислоте в 2...15 раз. [3]

Исходя из выше сказанного для увеличения сопротивления коррозии наплавленного покрытия, полученного наплавкой из хромоникелевой стали, было решено его дополнительно легировать: - хромом в количестве не менее 6%; - медью в пределах 3,5 – 5%; - и совместным легированием хромом и медью в вышеприведенных количествах.

Цель работы. Исследование процесса дополнительного легирования хромом и медью наплавленных покрытий при аргонодуговой наплавке с использованием поверхностнолегированной проволоки бором с гальваническими покрытиями.

Методическая часть. В качестве присадочного материала при аргонодуговой наплавке использовалась проволока диаметром 2 мм из стали 06X19H9T с толщиной боридного слоя 68 - 78 мкм, на которую гальваническим способом осаждались хром и медь в заданных количествах. Для осаждения гальванического хрома использовался стандартный электролит на основе CrO_3 и H_2SO_4 , а меди - кислый сульфатный электролит. Распределение элементов исследовалось с помощью сканирующего электронного микроскопа VEGA II LMU.

Наплавка осуществлялась аргонодуговым методом в два слоя на подложку из стали 10X18H10T. Толщина каждого слоя составляла 2,5 – 3мм. Поперечно наплавленному слою изготавливался шлиф, который подвергался исследованию.

Обсуждение результатов. Количество дополнительно введенного элемента в наплавленное покрытие зависит от диаметра проволоки и толщины гальванического слоя на ней. Для определения толщины гальванического слоя обеспечивающего ожидаемое введение легирующего элемента воспользуемся методом представленным в работе. [1] Расчеты показывают, что для дополнительного легирования наплавленного покрытия хромом более

6% на проволочный электрод диаметром 2мм необходимо нанести гальваническое покрытие толщиной более 30 мкм, а для дополнительного легирования медью в количестве 3 – 5% гальваническое покрытие должно иметь толщину в пределах ~ 15 – 25 мкм.

Для исследования дополнительного легирования медью и хромом были изготовлены следующие электроды: с гальваническим слоем меди толщиной ~10 и ~25 мкм, что обеспечивает ожидаемое дополнительное легирование медью в количестве ~2 и ~5%; с гальваническим слоем хрома толщиной ~11; ~23; ~35 мкм, что обеспечивает ожидаемое легирование хромом ~2; ~4,5; ~7%; с гальваническим слоем меди толщиной ~25 мкм и хрома ~35 мкм, что обеспечивает одновременное легирование медью ~5% и хромом ~7%.

Распределение легирующих элементов в наплавленном покрытии в центре дендрита (спектр1), на краю дендрита (спектр2) и в твердой фазе (спектр 3) представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение элементов в наплавленном покрытии

Вид гальванического покрытия	Толщина слоя, мкм	Спектр	Количество элемента в наплавленном покрытии, %						
			Si	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
Cu	10	1	0,43	-0,02	13,00	1,43	74,24	9,50	1,42
		2	0,43	0,10	15,84	1,75	70,64	9,71	1,52
		3	0,35	3,09	23,40	2,19	65,03	7,85	1,10
	25	1	0,53	0,01	13,56	1,57	71,62	8,94	3,77
		2	0,48	0,12	16,08	1,63	68,69	9,18	3,82
		3	0,29	1,91	24,53	2,17	59,80	7,93	3,37
Cr	11	1	0,69	-0,08	14,60	1,73	72,75	10,12	0,18
		2	0,54	0,05	17,20	2,13	70,19	10,13	-0,24
		3	0,86	-0,11	25,71	2,08	62,39	8,99	0,09
	23	1	0,68	0,15	17,39	1,37	70,95	9,24	0,22
		2	0,74	0,03	19,29	1,50	67,32	11,13	-0,02
		3	0,34	0,03	28,74	2,29	59,02	8,84	0,53
	35	1	0,38	-0,02	19,26	1,18	69,95	9,17	0,07
		2	0,22	0,08	20,04	1,08	68,94	9,53	0,11
		3	0,23	0,19	31,64	1,37	58,92	7,73	-0,08
Cu + Cr	25	1	0,25	0,01	20,43	1,28	65,36	8,98	3,69
		2	0,48	0,03	21,24	1,13	64,02	9,23	3,87
	35	3	0,31	0,21	31,92	1,15	55,51	7,69	3,21

Распределение меди в наплавленном покрытии практически равномерное, как по сечению дендрита так и в твердой фазе и зависит от толщины гальванического слоя на электроде. Так при толщине

гальванического слоя на электроде 10мкм количество меди в наплавленном покрытии составляет 1,3-1,4%; а при толщине слоя 25мкм – 3,5-3,7%. Весовое соотношение меди на наплавочном электроде и меди в наплавленном покрытии позволило определить коэффициент усвоения меди при наплавке, который равен 0,6 - 0,75. Такое же значение коэффициента усвоения меди наблюдается и при наплавке электродом с двумя гальваническими покрытиями меди и хрома.

При дополнительном легировании хромом наплавленных покрытий распределение хрома происходит неравномерно. Большее количество хрома уходит на легирование твердой фазы независимо от введенного количества хрома (таблица 1). Расчет коэффициента усвоения хрома на основе весового количества хрома на электроде и в наплавленном покрытии позволил определить его значение, который равен 0,9 -1,0. Такое же значение коэффициента усвоения хрома наблюдается и при наплавке электродом с двумя гальваническими покрытиями меди и хрома.

Выводы.

Установлены коэффициенты усвоения хрома и меди в наплавленном покрытии при аргоннодуговой наплавке из проволочного электрода с гальваническим покрытием. Коэффициент усвоения для хрома равен 0,9 - 1,0; для меди - 0,6 – 0,75.

Для повышения коррозионной стойкости наплавленных покрытий, получаемых из поверхностнолегированной проволоки бором необходимо дополнительно нанести на проволоку гальваническое покрытие хрома толщиной не менее 30 - 35мкм; меди 25 -30мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стефанович А.В. Исследование структуры и свойства наплавленных покрытий, полученных из проволоки, предварительно подвергнутой химико-термической обработке / А.В. Стефанович// БНТУ Металлургия – Минск: БНТУ, 2011 – Ч.2 С. 179-188
2. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали / Ф.Ф. Химушин – М.Металлургия 1987. – 798 с.
3. Грачев С.В. Специальные стали / С.В. Грачев – М.Металлургия 1985. – 408 с.