



## ПРИМЕНЕНИЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ НАПЛАВКИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОМ В КОНТАКТЕ С МОРСКОЙ ВОДОЙ

А. С. САЛЬНИКОВ, В. В. ОТРОКОВ, инженеры, Г. М. ШЕЛЕНКОВ, канд. техн. наук, Э. А. ЦЫМБАЛ, инж.,  
М. А. ЛАКТИОНОВ, канд. техн. наук (ОАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе»)

Приведены результаты сравнительных испытаний антикоррозионных наплавки, применяемых для защиты энергетического оборудования, эксплуатирующегося в морской воде. Наивысшую коррозионную стойкость к питтинговой коррозии в морской воде имеет сплав ХН65МВ (ЭП-567). По триботехническим параметрам он в контакте с углепластиком ФУТ уступает паре ФУТ+бронза. Сплав ХН65МВ может быть рекомендован для защиты от питтинговой и контактной коррозии слабонагруженных узлов, эксплуатируемых в условиях смачивания их морской водой.

*Ключевые слова:* дуговая наплавка, технологическое оборудование, энергетические системы, коррозионное разрушение, коррозионностойкая наплавка, наплавленный металл, триботехнические испытания, деформационное упрочнение, питтинговая коррозия

В энергетических системах, расположенных в прибрежных морских территориях, для охлаждения технологического оборудования применяют морскую воду. При изготовлении такого оборудования используют высоколегированные хромоникельмолибденовые нержавеющие стали, обеспечивающие необходимый уровень коррозионной стойкости в данной среде. Однако в застойных зонах изделий, охлаждаемых узлах трения, узлах, подверженных коррозионно-механическому износу, для поддержания металла в пассивном состоянии требуется проводить защитные меры, препятствующие местному коррозионному разрушению — питтинговой и щелевой коррозии, коррозионному растрескиванию. Такие виды разрушения возможны и в центробежных насосах типа ВА 4500-50А, ВА 5500-50А из стали марки 12Х17Н13М3Т с учетом их конструкции и условий эксплуатации.

Одним из путей решения указанной проблемы является наплавка критических зон изделия материалами, обеспечивающими требуемый уровень коррозионной стойкости.

В мировой практике рациональный выбор коррозионностойких сталей для оборудования, работающего в условиях возможного локального разрушения, осуществляют на основе эмпирической зависимости [1, 2]:

$$\text{ЭПК} = \% \text{Cr} + 3,3 \% \text{Mo} + 16 \% \text{N},$$

где ЭПК (PRE) — эквивалент стойкости к питтинговой коррозии (ПК).

Сплавы, имеющие ЭПК > 40, отличаются повышенной стойкостью к ПК в морской воде. Такое свойство имеют стали (наплавки), содержащие (19...20 %) хрома и не менее 6 % молибдена [2–4].

В таблице приведены расчетные значения ЭПК сварочных материалов, предназначенных для выполнения антикоррозионной наплавки по ПНАЭ Г-7-009-89, а также рекомендованных ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», Азовским морским институтом Одесской национальной академии [5, 6].

Для данного случая ПНАЭ Г-7-009-89 рекомендует сварочную проволоку Св-03Х15Н35Г7М6Б. Эта проволока специального назначения, поэтому ее приобретение в малых объемах практически невозможно. К тому же данных по ее промышленному применению при наплавке в литературных источниках нет. Сварочные материалы, приведенные в таблице (кроме сплава ХН65МВ), имеют ЭПК < 40. Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод, что наибольшей ожидаемой стойкостью к ПК отличается сплав ХН65МВ (ЭП-567).

В литературе информация о применении сплава ХН65МВ для эксплуатации в морской воде весьма ограничена. В работе [7] на основе анализа поляризационных диаграмм высказано предположение о перспективности сплава ХН65МВ для защиты от коррозии контактной пары ФУТ + ХН65МВ при эксплуатации в морской воде. Что касается применения наплавки сплавом ХН65МВ для защиты от коррозии и коррозионно-механического износа, то такие данные практически отсутствуют.

Еще менее изучена проблема обеспечения коррозионной стойкости в морской воде в зонах, подверженных коррозионно-механическому износу и контактных парах подшипников скольжения. Для защиты контактной поверхности стальных валов с подшипником от коррозионного повреждения

## Расчетные значения ЭПК и результаты испытания наплавки на ПК

№ п/п	Марка материала	Соответствие материала	ЭПК расчетное (max/min)	Скорость коррозии по ГОСТ 9.912–89, г/(м <sup>2</sup> ·ч); склонность к ПК
1	ХН65МВ (ЭП-567)	ГОСТ 5632–78	72,6/64,0	Не опр.
		Наплавленный металл	65,7	Потеря в массе нет; ПК не обнаружена
2	ПП-АН-163 (ПП-Нп-07Х12М3Н3Г2)	ТУУ 05416923.020–97	21,9/16,6	Не опр.
		Наплавленный металл	19,3	max 10,5; глубина до 2 мм
3	ОЗЛ-17У (Э-03Х23Н27М3Д3Г2Б)	ТУ 14-4-715–75	39,2/29,6	Не опр.
		Наплавленный металл	34,34	max 0,6; 1 точка на 1 см <sup>2</sup>
4	ЭА 400/10У (Э-07Х19Н11М3Г2Ф)	ТУ 5.965-4027 ГОСТ 9466	30,6/23,4	Не опр.
		Наплавленный металл	26,65	max 1,72; глубина до 1 мм
5	Св-03Х15Н35Г7М6Б Флюс ОФ-10	Наплавленный металл ПНАЭ Г-7-10–89	40,7/29,5	Не опр.

в морской воде Морским регистром рекомендуется сплошная облицовка рабочей поверхности сплавами, имеющими высокую коррозионную стойкость в морской воде [8] (оловянистые бронзы, медноникелевые сплавы и др.).

Применение защитных рубашек приводит к снижению коррозионно-усталостной прочности из-за фреттинг-эффекта, значительному расходу дефицитных материалов, увеличению массы изделия [9]. Наплавка является более перспективным способом защиты стальных валов от коррозии. Однако процесс наплавки, даже при отсутствии дефектов сварки в наплавленном слое, может снижать предел выносливости до 30 % [5]. Суть усталостного разрушения заключается в зарождении усталостной трещины, которая одновременно распространяется в наплавленном и основном металле, у границы сплавления под действием знакопеременных нагрузок и остаточных напряжений [5, 10]. Одним из существенных факторов, влияющих на зарождение усталостной трещины, являются свойства наплавленного металла и способы наплавки. Наплавленный металл должен отличаться высокой стойкостью против образования микро- и макротрещин, иметь достаточно высокую прочность, соответствующую пластичность и ударную вязкость, формировать в процессе наплавки напряжения сжатия и иметь высокую сопротивляемость зарождению и распространению усталостных трещин [5], достаточно высокую коррозионную и усталостно-коррозионную стойкость.

В связи с изложенным выше возникла необходимость проведения исследований, целью которых является оптимальный выбор доступных сварочных материалов для наплавки критических зон оборудования, работающих в контакте с морской водой.

При выборе материалов для наплавки узлов насосов необходимо было решить несколько взаимосвязанных задач:

обеспечить защиту от коррозионного разрушения рабочих поверхностей деталей роторной части насосов и застойных зон корпусов насосов при контакте с морской водой наплавкой коррозионностойкими материалами без существенного ухудшения исходных свойств основного металла (ОМ) деталей как в период их работы, так и в период остановки;

методом наплавки обеспечить твердость  $HRC_3 \geq 30$  и защиту от ПК рабочих поверхностей деталей роторной части насосов, подверженных коррозионно-механическому износу в условиях морской воды;

обеспечить заданный технический ресурс работы не менее 30 лет подшипников в контактной паре углепластик ФУТ (по ТУ 5.966-11704) и коррозионную наплавку с твердостью  $HRC_3 \geq 30$  на углеродистые стали 38ХМ и 40Х (ГОСТ 4543–71) применительно к промежуточным валам насосов.

Экспериментальную проверку пригодности сплава ХН65МВ для решения первой поставленной задачи выполняли наряду с другими сварочными материалами (таблица).

Стойкость наплавленного металла против ПК определяли химическим методом по ГОСТ 9.912–89, предусматривающим ускоренные испытания в 10%-м растворе  $FeCl_3 + 6H_2O$ .

Образцы размером 20×30×4 мм по 5 штук на одно испытание были вырезаны из верхних слоев семислойных наплавки, выполненных следующими сварочными материалами:

проволока ХН65МВ (ЭП-567) — аргонодуговая наплавка;

электродами Э-03Х23Н27М3Д3Г2Б (ОЗЛ-17У) — электродуговая наплавка;

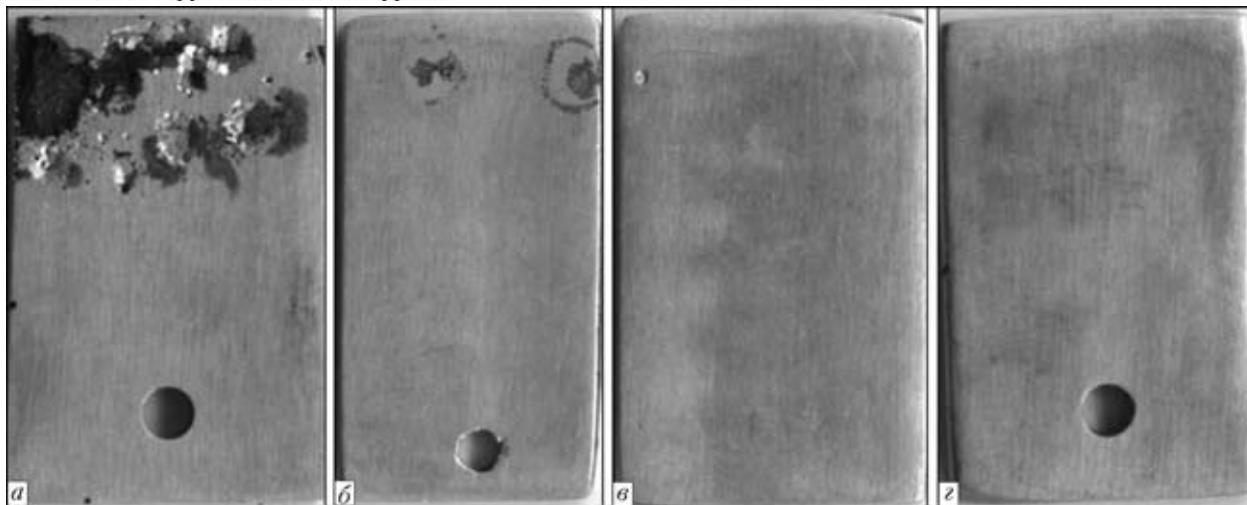


Рис. 1. Внешний вид образцов наплавленного различными материалами металла после испытаний на ПК: *а* — порошковая проволока ПП-АН-163, ЭПК = 19, ПК глубиной до 2 мм, потери в массе до  $10,5 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ; *б* — электроды ЭА 400/10У, ЭПК = 27, ПК глубиной до 0,5 мм, потери в массе до  $1,72 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ; *в* — электроды ОЗЛ-17У, ЭПК = 34, ПК — 1 точка на  $1 \text{ см}^2$ , потери в массе до  $0,6 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ ; *г* — сплав ЭП-567 (ХН65МВ), ЭПК = 66, ПК не обнаружена, потеря в массе нет

электродами Э-07Х19Н11М3Г2Ф (ЭА 400/10У) — электродуговая наплавка;

проволока ПП-Нп-07Х12М3Н3Г2 (ПП-АН-163) — автоматическая под флюсом АН-26С.

Испытания проводили в три цикла: I — 5; II — 24; III — 48 ч. Общая продолжительность испытаний — 77 ч. Оценочным результатом являлась условная скорость питтингообразования. В качестве дополнительных показателей определяли глубину и количество питтингов на единицу площади, результаты которой приведены в таблице. Значительные потери имели образцы, вырезанные из металла, наплавленного проволокой ПП-Нп-07Х12М3Н3Г2 (ПП-АН-163) (рис. 1, *а*). Глубина отдельных питтингов достигала 2 мм. Образцы, вырезанные из металла, наплавленного электродами Э-03Х23Н27М3Д3Г2Б (ОЗЛ-17У), имели незначительные потери в массе и одно точечное поражение на  $1 \text{ см}^2$  (рис. 1, *в*). На поверхности образцов, вырезанных из наплавленного металла ХН65МВ (ЭП-567), питтинги не обнаружены (рис. 1, *г*). Потери в массе отсутствуют. Эксперименты подтвердили, что результаты испытаний хорошо согласуются с расчетными значениями ЭПК.

Образцы из металла, наплавленного проволокой ХН65МВ (ЭП-567), имеющей наиболее высокую коррозионную стойкость против ПК, были подвергнуты испытанию при повышенной температуре ( $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ ) по ГОСТ 9.912–89. Потери в массе отсутствуют. Металл, наплавленный сплавом ХН65МВ, стоек и против межкристаллитной коррозии. Испытание проводили по методике РД 24200.15-90.

Таким образом, наибольшей стойкостью против ПК отличается металл, наплавленный с использованием проволоки из сплава ХН65МВ.

Как известно [11,12], нержавеющие стали и сплавы, имея необходимую коррозионную стойкость, в ряде случаев склонны к задирам в парах трения. В этом случае требуется проводить мероприятия по повышению их твердости. Последнее достигается механическим упрочнением обкаткой роликом, высокочастотной механической проковкой, обработкой взрывом.

Сплав ХН65МВ, имея высокую коррозионную стойкость, обеспечивает в наплавленном металле твердость до  $HV 220$  ( $HRC 18$ ), что ниже требуемой ( $HRC 35 \dots 40$ ) для зон, подверженных коррозионно-механическому износу.

При решении задачи, связанной с увеличением твердости и созданием сжимающих напряжений в наплавленном слое сплава ХН65МВ, применили обкатку роликами поверхности коррозионностойкого слоя с учетом известных рекомендаций [11, 12].

После деформационного упрочнения максимальная твердость на поверхности наплавленного металла достигла  $HV 412$ . Твердость упрочненного слоя по сечению наплавки также зависит от режимов обкатки. Распределение твердости по сечению наплавки от количества проходов представлено на рис. 2. Глубина упрочненного слоя с твердостью  $HV 320$  после трех проходов достигала  $2,0 \dots 2,5$  мм. Такая обработка повышает стойкость наплавки против задиров и механического износа в парах трения. Однако информация по коррозионно-механическому износу упрочненного наплавленного металла и влиянию упрочнения на его коррозионную стойкость при эксплуатации в морской воде практически отсутствует, что и определило необходимость проведения исследований в данном направлении.

Сравнительные испытания проводили по методике кратковременных нагружений [13], кото-

рые позволяют сравнительно быстро получить достаточное для статистической обработки количество экспериментальных данных. Дополнительным преимуществом кратковременных испытаний является также возможность надежного обеспечения в течение всего времени работы узла трения постоянства заданных условий нагружения и изнашивания контактных поверхностей испытуемого материала и контртела.

За основной показатель, характеризующий свойства испытуемых материалов, выбрали линейный износ ( $h$  — глубина канавки на поверхности испытуемого материала) при постоянной нагрузке и фиксированном отрезке пройденного пути. Методика не может быть использована для расчета ресурса работы пары трения, но позволяет провести сравнительную оценку износостойкости различных пар трения.

Схема узла трения с водяной ванной приведена на рис. 3. Смачивание морской водой осуществляли путем частичного погружения вращающегося валика в ванну. Определяли линейный износ при постоянной нагрузке  $F_N = 100$  Н, скорости скольжения 1,1 м/с и фиксированном отрезке пройденного пути ( $L = 200, 300, 400, 500, 600, 700$  м).

Износ наплавленного металла, выполненного с использованием таких присадочных материалов, как стеллит 6, бронза, сплав ХН65МВ (упрочненная наплавка), проверяли в сравнении с ОМ (сталь 12Х18Н10Т). В качестве контртела использовали пластину из сплава ВЗК. Результаты испытания приведены на рис. 4. По снижению максимального линейного износа (глубина канавки  $h'$ , мм) материалы расположены следующим образом: 12Х18Н10Т ( $HV 200$ ) — 0,128 мм; бронза (материал УТР34Н ( $HRC 22$ ) — 0,074 мм; сплав ХН65МВ ( $HRC 39$ ) — 0,061 мм; стеллит 6 ( $HRC 50$ ) — 0,058 мм.

Таким образом, наплавленный металл ХН65МВ, упрочненный обкаткой роликами до твердости  $HV 412$  ( $HRC_3 35...40$ ), более стоек против коррозионно-механического износа по сравнению с нержавеющей сталью и бронзой и может быть рекомендован для деталей роторной части насосов, подверженных такому виду износа.

Исследования работоспособности подшипников в контактной паре углепластик ФУТ + наплавка ХН65МВ применительно к промежуточным валам из высокоуглеродистой стали выполняли в два этапа. Первоначально отрабатывали технологию наплавки сплавом ХН65МВ на промежуточный вал, которая не снижала бы свойства ОМ. Отработку технологии и исследование влияния способа сварки на наплавленный и ОМ проводили на образцах из стали 40Х диаметром 210 мм, прошедших термообработку и обеспечивающих механические свойства не ниже КП 440.

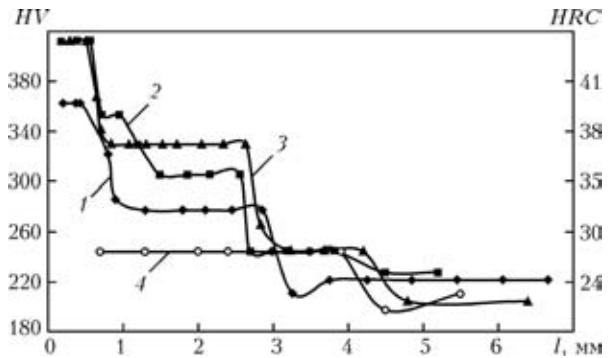


Рис. 2. Распределение твердости по сечению коррозионно-стойкого наплавленного металла ХН65МВ с различным количеством проходов обкатки роликами: 1–3 — соответственно после одного, двух, трех проходов; 4 — состояние после сварки

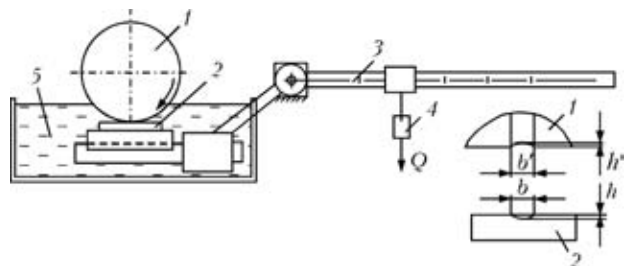


Рис. 3. Схема узла трения для проведения сравнительных триботехнических испытаний: 1 — образец цилиндрический с испытуемой наплавкой; 2 — образец контртела; 3 — рычаг; 4 — подвижный груз; 5 — ванна с синтетической морской водой

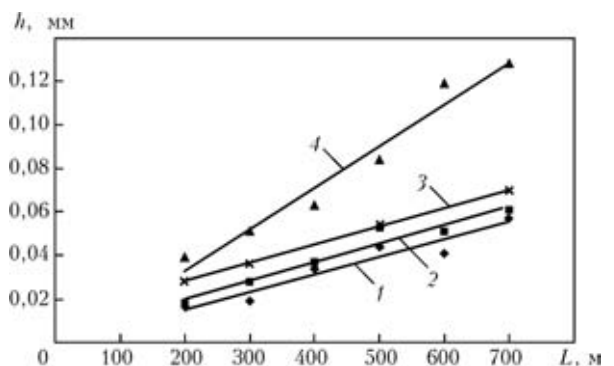


Рис. 4. Линейный износ наплавленного металла (1 — стеллит 6; 2 — ХН65МВ; 3 — бронза УТР34Н) и ОМ (12Х18Н10Т) при постоянной нагрузке  $F_N = 100$  Н и фиксированном отрезке пройденного контртелом пути

Наплавленный слой типа ХН65МВ получали при ручной аргодуговой сварке неплавящимся электродом с присадочной проволокой ХН65МВ по подслою типа 07Х25Н13 с учетом требований нормативной технической документации [14, 15]. При этом определяли распределение  $\alpha$ -фазы по сечению наплавленного металла (рис. 5), твердость (рис. 6) и оценивали микроструктуру наплавленного и прилегающих участков ОМ.

\*В работе принимали участие Т. А. Чугай, А. А. Ломако, Б. Т. Кобзарь (ОАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе»).

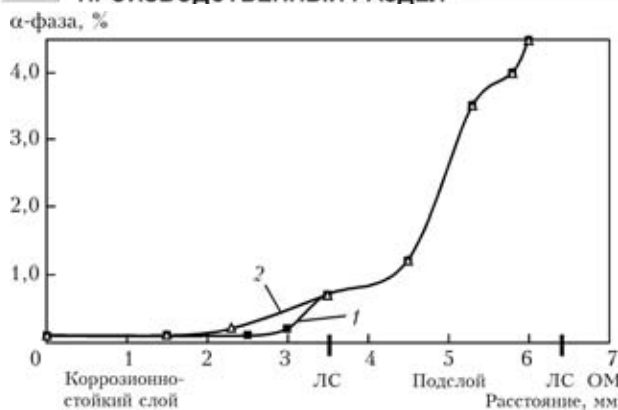


Рис. 5. Распределение  $\alpha$ -фазы по сечению наплавленного металла: 1 — упрочненный образец; 2 — образец до упрочнения; ЛС — линия сплавления

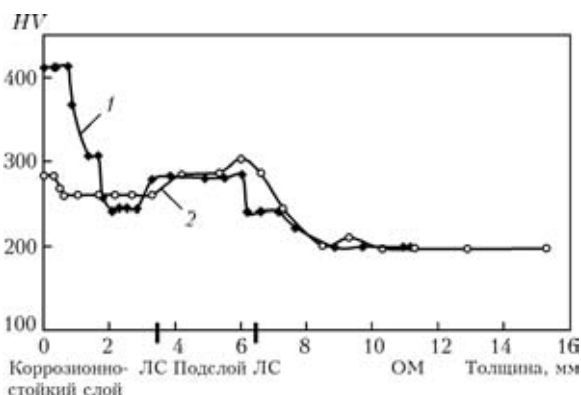


Рис. 6. Распределение твердости  $HV$  по толщине наплавленного слоя и ОМ: 1 — упрочненный образец; 2 — образец до упрочнения

Количество  $\alpha$ -фазы снижается от 50 % в прослойке по линии сплавления подслоя с ОМ до 0,8...1,0 % в подслое на расстоянии 2,0...2,5 мм от линии сплавления с ОМ (рис. 5). В коррозионностойком слое (ХН65МВ) количество  $\alpha$ -фазы изменяется от 0,1 % на поверхности коррозионностойкого наплавленного металла до 0,7 % на линии сплавления подслоя — коррозионностойкий слой. Максимальную твердость имеет прослойка наплавленного металла возле линии сплавления подслоя с ОМ  $HV$  280...300 (рис. 6). Твердость ОМ снижается с  $HV$  280 по линии сплавления с подслоем до  $HV$  240...223 на расстоянии 0,6...1,8 мм от линии сплавления, при этом твердость ОМ вне ЗТВ составляет  $HV$  197...200. Микротрещины по линии сплавления, а также в основном и наплавленном металле не обнаружены (рис. 7).

Таким образом, наплавленный металл ХН65МВ и способ его наплавки на сталь 40Х через промежуточный слой обеспечивают коррозионную защиту ОМ (сталь 40Х) без ухудшения его свойств.

В ходе сравнительных триботехнических испытаний пары трения углепластик ФУТ + коррозионностойкие материалы определяли износ контактной поверхности. Антифрикционные свойства углепластиков типа ФУТ исследованы достаточно де-

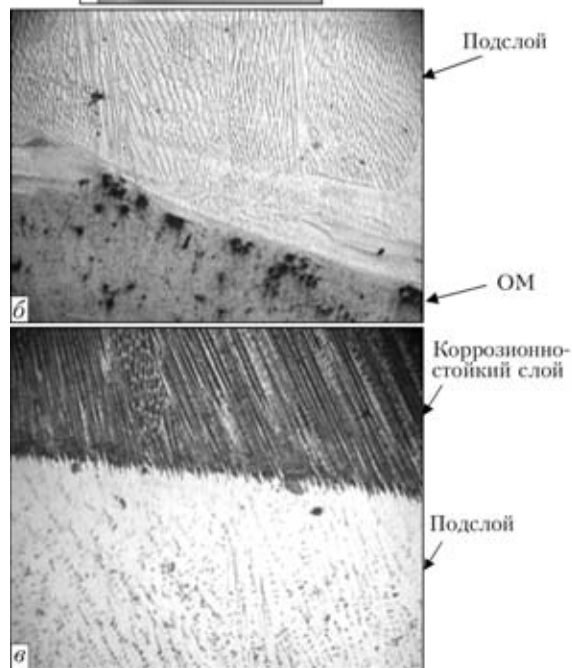
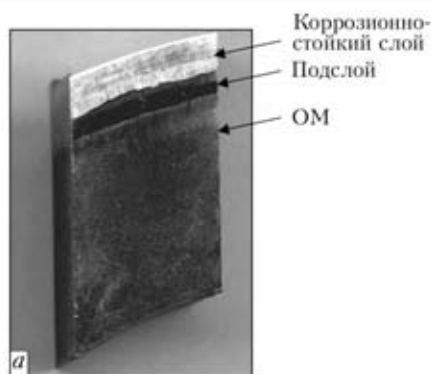


Рис. 7. Двухслойная наплавка ОМ из стали 40Х с подслоем из стали 07Х25Н13: а — внешний вид; б — линия сплавления подслоя с ОМ,  $\times 50$ ; в — линия сплавления коррозионностойкого слоя ХН65МВ с подслоем 07Х25Н13 (б, в,  $\times 250$ )

тально [13, 16]. С учетом того, что в подшипниках насосов часто используются пары ФУТ + закаленная сталь, ФУТ + бронза и др. [16] провели проверку влияния природы материала, в том числе наплавленного металла типа ХН65МВ на износостойкость пары трения. Сравнительные испытания проводили по предыдущей методике при постоянной нагрузке 250 Н, скорости скольжения 1,0...1,1 м/с и шероховатости поверхности  $R_a = 0,6...1,0$ . Испытывали следующие пары трения: ХН65МВ+ФУТ; 12Х18Н10Т + ФУТ; БрА9Ж4Н4Мц1 + ФУТ; БрО10Ф1 + ФУТ; БрО10Ц2 + ФУТ.

Зависимость линейного износа контактной поверхности ФУТ ( $h_{max}$ ) от отрезка пройденного пути представлена на рис. 8. Наибольшие значения  $h_{max}$  на фиксированном отрезке пройденного пути  $L = 600$  м имеют пары трения ХН65МВ + ФУТ ( $h_{max} = 0,2$  мм). Самые низкие — пары трения БрО10Ц2 + ФУТ ( $h_{max} = 0,016$  мм). Износ контактной поверхности ФУТ в паре с наплавленным металлом ХН65МВ примерно в 10...12 раз больше

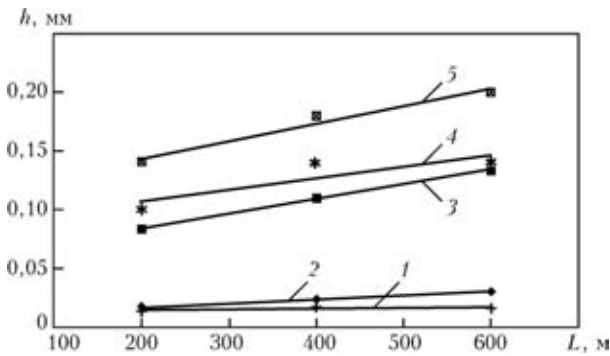


Рис. 8. Зависимость линейного износа контактной поверхности ФУТ от отрезка пройденного пути при постоянной нагрузке  $F_N = 250$  Н: 1 — БрО10Ц2; 2 — БрО10Ф1; 3 — БрА9Ж4Н4Мц1; 4 — сталь 12Х18Н10Т; 5 — ХН65МВ (упрочненная)

износа контактной поверхности ФУТ в паре с БрО10Ц2.

Результаты проведенных исследований пар трения хорошо согласуются с данными работы [16] в той части, что природа металла оказывает существенное влияние на износостойкость углепластика ФУТ в паре трения. Поэтому коррозионно-стойкий наплавленный металл ХН65МВ для работы в паре трения с ФУТ следует применять, учитывая реальные условия работы этой пары.

### Выводы

1. Наплавленный металл типа ХН65МВ, в том числе упрочненный обкаткой роликами, при эксплуатации в морской воде обеспечивает высокую общую коррозионную стойкость, стойкость против питтинговой коррозии поверхностей деталей насосов типа ВА. Кроме того, он может быть рекомендован для защиты от общей и ПК деталей и узлов, эксплуатирующихся в условиях коррозионно-механического износа.

3. По триботехническим параметрам упрочненный наплавленный металл типа ХН65МВ в паре с ФУТ уступает паре бронза + ФУТ и может быть рекомендован только с учетом реальных условий эксплуатации изделия.

The paper gives the results of comparative testing of anticorrosion deposits used for protection of power generation equipment operating in sea water. KhN65MV alloy (EP-567) has the highest pitting corrosion resistance in sea water. As to tribotechnical parameters, KhN65V alloy in contact with FUT coal-plastic is inferior to «FUT+bronze» pair. KhN65MV alloy can be recommended for protection from pitting and contact corrosion of low-load components operating under the conditions of absence of wear at their wetting by sea water.

Поступила в редакцию 25.12.2006

1. Улянин Е. А. Коррозионно-стойкие стали и сплавы: Справ. изд. — М.: Металлургия, 1991.
2. Вороненко Б. И. Коррозионная стойкость современных аустенито-ферритных (дуплексных) нержавеющей сталей. Специальные типы коррозии. Обзор // Защита металлов. — 1995. — 31, № 2.
3. Коррозия: Справочник / Под ред. Л. Л. Шрайера. — М.: Металлургия, 1987.
4. Чендлер К. А. Коррозия сосудов и морских сооружений. — Л.: Судостроение, 1988.
5. Кравцов Т. Г., Кравцов В. Т. Новый наплавочный материал для восстановления и коррозионной защиты валов, работающих в условиях циклического нагружения // Сб. докл. III Междунар. конф. по сварочным материалам. — Днепропетровск, 2004.
6. Морская коррозия / Пер. с англ. под ред. Н. Н. Шумахера. — М.: Металлургия, 1983.
7. Коррозионно-электрохимическое поведение электродных пар углепластик-металл в коррозионных средах / Т. В. Чукаловская, А. И. Щербаков, Л. А. Чигиринская и др. // Защита металлов. — 1995. — 31, № 2.
8. Регистр СССР. Правила классификации постройки морских судов. — Л.: Транспорт, 1974. — Т. 2.
9. Материалы к краткосрочному семинару 29–30 сентября / Под ред. Ю. М. Белова, А. Е. Вайнермана. — Л.: — 1975.
10. Бабаев А. Н. Об условиях проведения усталостных и коррозионно-усталостных испытаний образцов и возможности распространения их результатов на реальные гребные валы с наплавкой // Материалы к краткосрочному семинару 29–30 сентября Под ред. Ю. М. Белова и А. Е. Вайнермана. — Л., 1975.
11. Хаев Г. Л., Стенько Д. А., Брусилковский Б. А. Опыт Новокраматорского завода (г.Краматорск) по обработке крупных деталей обкатыванием роликами // Сб. тр. ЦНИИТМАШ. — М.: Mashgiz, 1959.
12. Полевой С. Н., Евдокимов В. Д. Упрочнение металлов: Справ. — М.: Машиностроение, 1986.
13. Точильников Д. Г., Гинзбург Б. М. Методика экспрессных триботехнических испытаний антифрикционных полимеров // Вопр. материаловедения. — 2002. — 31, № 3.
14. ОСТ 5.9573–84. Наплавка алюминиевых бронз, медноникелевого сплава и коррозионно-стойких сталей на судостроительные углеродистые и легированные стали. Типовой технологический процесс, правила приемки и методы контроля.
15. ОСТ 26-01-858–94. Сосуды и аппараты сварные из никеля и коррозионно-стойких сплавов на основе никеля. Общие технические требования.
16. Исследование влияния материала контртела на триботехнические показатели углепластиков при трении со смазыванием водой / А. В. Анисимов, В. Е. Бахерева и др. // Вопр. материаловедения. — 2002. — 31, № 3.