

ИЗУЧЕНИЕ ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ НА ПРИМЕРЕ СТАЛЕЙ НКТ С РАЗЛИЧНЫМИ ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Чижев И.А., Меркушкин Е.А., Молчанов Д.Е.

Руководитель – доцент, д.т.н. Березовская В.В.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, bvv@mtf.ustu.ru

Защита от коррозии – одна из главных проблем в решении вопроса долговечности конструкций. Под влиянием разрушительных атмосферных воздействий и агрессивных сред металлические конструкции постепенно утрачивают первоначальный внешний вид и теряют свои качества. В таких случаях очень остро встает вопрос о защите металла от коррозии.

Правильно подобранные материалы и конструкции покрытий на их основе защищают металл от разрушения в коррозионно-активных и сорбционно-активных средах, предотвращают образование отложений АСП и минеральных солей, защищают от износа, снижают гидравлическое сопротивление, а самое главное, повышают надежность резьбового соединения, что в совокупности позволяет существенно снизить аварийность при работе колонн НКТ.

Наряду с этим имеется достаточно много примеров низкой эффективности и ограниченного срока службы используемых покрытий, необоснованных значительных материальных затрат на их применение.

Сложившаяся ситуация объясняется отсутствием методики, определяющей выбор покрытия муфт для НКТ в соответствии с их назначением. Решение указанных вопросов является актуальной проблемой. Одним из этапов решения этой проблемы является сравнительная оценка коррозионной стойкости разных защитных покрытий, используемых для трубных сталей.

В этой работе производилось исследование образцов размером 25×10×10мм, вырезанных из 5-ти заготовок для муфт НКТ холодным способом. В работе исследовали следующие стали:

1. Сталь 30Г2 (труба 88,9×12 мм), после термической обработки на группу прочности «М».
2. Сталь 37Г2Ф (труба 88,9×12 мм), группа прочности «Е».
3. Сталь 45 (труба 88,9×12 мм), группа прочности «Д».
4. Сталь 30Г2 (труба 73×10,5 мм), после термической обработки на группу прочности «Л».
5. Сталь 37Г2С (труба 73×10,5 мм), группа прочности «К».

В качестве защитных покрытий использовали цинкование трех видов: гальваническое (ГВЦ), термодиффузионное (ТДЦ) и горячее (ГЦ). Целью исследования было изучение сопротивления питтинговой коррозии (ПК) трубных сталей различных групп прочности в зависимости от вида

защитного покрытия. Химический состав исследованных сталей и режимы их термической обработки приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Химический состав исследуемых сталей

Материал		Марочный состав сталей, масс. %								
№ ТО	Марка стали	C	Si	Mn	Cr	V	Ni	Cu	S	P
1	30Г2	0,25–0,35	0,17–0,37	1,4–1,8	≤ 0,3	–	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,045	≤ 0,040
2	32Г2Ф	0,32–0,42	0,17–0,37	1,2–1,6	≤ 0,3	0,1–0,2	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,045	≤ 0,040
3	45	0,42–0,50	0,17–0,37	0,5–0,8	≤ 0,3	–	≤ 0,25	≤ 0,3	≤ 0,040	≤ 0,045
4	30Г2	0,25–0,35	0,17–0,37	1,4–1,8	≤ 0,3	–	≤ 0,3	–	≤ 0,045	≤ 0,040
5	37Г2С	0,32–0,42	0,6–0,9	1,2–1,6	≤ 0,3	–	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,045	≤ 0,040

Таблица 2. Режимы термообработки и механические свойства сталей

Материал		Режим термообработки	Механические свойства				
№ ТО	Марка стали		σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
1	30Г2	Закалка от 850°C, вода; отпуск 500°C	880	980	14	60	50
2	32Г2Ф	С горячего проката	490	800	16	60	55
3	45	С горячего проката	420	650	18	66	95
4	30Г2	Закалка 850°C, вода; отпуск 600°C	670	800	18	65	88
5	37Г2С	С горячего проката	470	750	16	60	50

Защитные цинковые покрытия наносили согласно стандартной технологии в соответствии с регламентом. Питтинговую коррозию изучали с помощью электрохимической лаборатории VoltaLab 10-PGZ100 в 3,5%-NaCl с использованием хлор-серебряного электрода сравнения. В основу действия прибора положен потенциостат, который вместе с электрохимической ячейкой образует замкнутую систему регулирования с отрицательной обратной связью. В современном приборе VoltaLab 10 задатчик потенциала, усилитель и измерительный блок, работают по соответствующей программе в зависимости от заданных параметров. По результатам исследования строят кривые ПК, по которым определяют основные параметры ПК: $E_{по}$ – потенциал питтингообразования; E_p – потенциал репассивации (восстановления пассивной пленки), и $\Delta E = E_{по} - E_p$. Чем выше значение $E_{по}$, тем выше сопротивление стали образованию питтинга. Разность потенциалов характеризует процесс восстановления пассивной пленки на поверхности стали: чем меньше разность, тем быстрее она восстанавливается.

На рис. 1, а показана поверхность стали 30Г2, обработанной по режиму 1, без покрытия после испытания питтинговой коррозии, а на рис. 1, б-г – после гальванического, термодиффузионного и горячего

цинкования, соответственно. В табл. 3 приведены значения очагового фактора коррозии (среднее число питтингов на единицу поверхности, возникших в одинаковых условиях испытаний) всех исследованных сталей после коррозии, а также поверхности с покрытием. Видно, что цинкование существенно повышает сопротивление сталей ПК, причем наименее подвержена ПК поверхность стали после гальванического цинкования, а наиболее – после горячего цинкования.

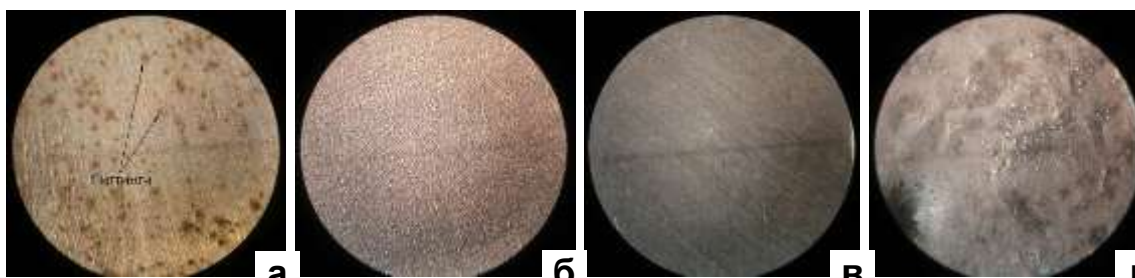


Рис. 1. Поверхность стали 30Г2 (1) после испытаний ПК: а – без покрытия; б-г – с покрытием (б – ГВЦ; в – ТДЦ; г – ГЦ), $\times 56$

Таблица 3. Количество питтингов на поверхности сталей после коррозии

Среднее число питтингов на 1 см ² поверхности							
Без покрытия				С покрытием			
30Г2(1)	37Г2Ф	45	30Г2(4)	37Г2С	ГВЦ	ГЦ	ТДЦ
320	193	285	352	60	8	11	14

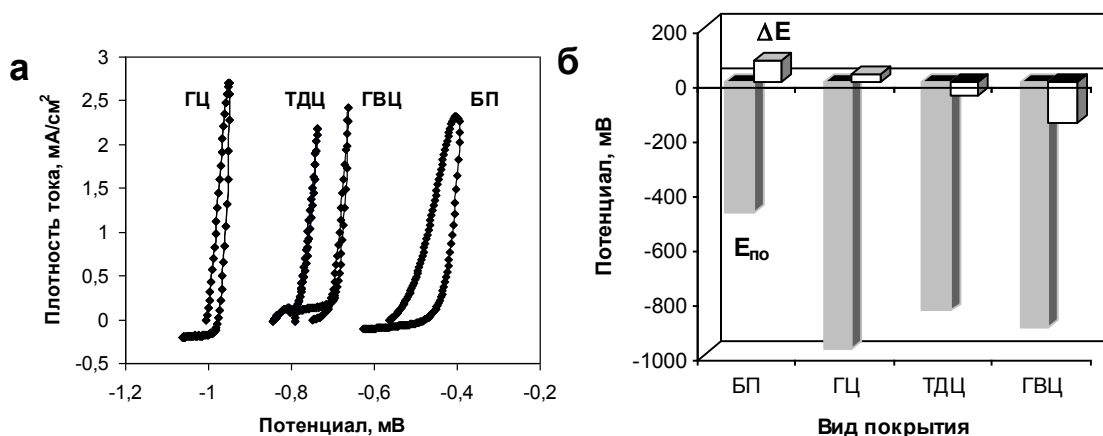


Рис. 2. Влияние вида цинкования на кривые ПК сталей (а) и параметры ПК (б)

Кривые ПК цинкового покрытия всех исследованных видов, а также зависимость потенциалов $E_{по}$ и разности потенциалов ΔE от вида покрытия (рис. 2) показали, что наиболее питтингоустойчиво гальваническое покрытие, менее пригодным для условий ПК следует признать горячее цинкование, хотя в других условиях эксплуатации (атмосферная коррозия) оно может оказаться более эффективным.

Кроме того в работе было показано, что сопротивление ПК всех исследованных трубных сталей без покрытий достаточно низкое: число образующихся питтингов более, чем в 20 раз выше, чем на сталях с покрытиями.