

УДК

Нестеренко С. В., доцент кафедры химии ХНУГХ
(Украина, г. Харьков, Харьковский национальный
университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова
e-mail: nester.hnamg@gmail.com)

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ АУСТЕНИТНО-ФЕРРИТНЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Металлоемкость теплообменников современных производств достигает почти 50% от веса всего эксплуатируемого оборудования. Поэтому, естественно, что в химической и нефтехимической промышленности широко используются пластинчатые теплообменники, металлоемкость и, соответственно, энергоемкость которых в 2-3 раза ниже традиционных кожухотрубчатых теплообменников. Коррозионные исследования показали, что при нагревании рабочих сред водой коррозионная стойкость теплопередающих пластин, изготовленных из стали AISI 304, AISI 316 зачастую определяется концентрацией ионов хлора в воде.

Целью данной работы является разработка методики оценки интенсивности питтингообразования при использовании аустенитно-ферритных сталей как материала теплообменных пластин.

Анализ причин разрушения пластин показывает, что основной является – щелевая и питтинговая коррозия, вызванная активацией металла в узком зазоре металл-металл пластинчатого теплообменника. Механизм возникновения и развития щелевой коррозии конструкционных материалов исследовали И.Л. Розенфельд и И.К. Маршаков (ИФХ РАН), согласно которым механизм возникновения и протекания коррозии с активацией через питтинг, язву или щель идентичен и определяется работой мощного гальванического элемента – анод – дно поражения, катод – пассивная поверхность, не подвергшаяся активации. Суть методики заключается в применении циклической вольтамперометрии для оценки склонности нержавеющей сталей к питтингообразованию в стандартной среде хлорида железа (6% раствор трехвалентного железа при 50 °С. Среда аналогична ASTM G-48.)

Типовая циклическая вольтамперограмма исследуемых сталей (табл. 1) в 6% растворе хлорида железа при 50 °С приведена на рисунке 1.

Результаты показали, что стали российского производства 12X18H10T, 10X17H13M2T, 0X23H28M3Д3T подвергается питтинговой коррозии в растворе хлорида железа (50 °С) при потенциале свободной коррозии так, как разность между PRE^* – показатель

стойкости к питтингообразованию потенциалом репассивации питтинга (φ_{pp}) и потенциалом свободной коррозии ($\varphi_{св.к.}$) меньше 0,05В ($\Delta\varphi = \varphi_{pp} - \varphi_{св.к.} < 0,05В$). Сталь X25H7AM4 не подвергается питтинговой коррозии в аналогичных условиях так, как разность между потенциалом репассивации питтинга (φ_{pp}) и потенциалом свободной коррозии ($\varphi_{св.к.}$) значительно больше 0,05В. Значения потенциалов (табл. 2) были вычислены из циклических вольтамперограмм, пример представлен на рисунке 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых сталей

Марка стали	C	S	P	Cr	Ni	Mo	N	PRE*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
254 SMO	0.01	0.01	0.03	20	18	6.1	0.2	43
SAF-2507	0.02	0.01	0.03	25	7	4	0.27	43
AISI 304	0.08	0.03	0.045	19	9.3	-	-	-
AISI 316Ti	0.08	0.03	0.045	18.7	12	2.4	-	-
AISI 316L	0.03	0.015	0.02	16.5	15.3	2.7	-	-
ЭИ 448	0,1	0,02	0,035	13,3	13,2	2,4	-	-
ЭП 54	0,08	0,025	0,035	21,3	6,2	2,2	-	-
ЭИ 432	0,1	0,02	0,035	17,2	13,4	3,5	-	-

Таблица 2 – Параметры активации металлов в 6% растворе хлорида железа при 50°C. Среда аналогична ASTM G-48

Марка материала	$\varphi_{св.кор}$ (В)	$\varphi_{pp,по}$ (В)	$\Delta\varphi = \varphi_{pp,по} - \varphi_{св.кор}$ (В)
10X17H13M2T	0,23	0,09	-0,14
12X18H10T	0,17	0,06	-0,11
0X23H28M3Д3Т	0,26	0,16	-0,10
X25H7AM4	0,38	0,58	0,20

$\varphi_{св.кор}$ – потенциал свободной коррозии;

$\varphi_{pp,по}$ – потенциал репассивации.

При проведении эксперимента при снятии циклических вольтамперограмм было обнаружено наличие питтингов на образцах из сталей производства РФ-0X23H28M3Д3Т, 10X17H13M2T, 12X18H10T. На сталях X25H7AM4 и Avesta 254SMO питтингов не было обнаружено. Указанное обстоятельство полностью подтверждает высокую коррозионную стойкость дуплексных сталей против локальных видов коррозии [1,2]. Микрофотографии шлифов указанных сталей при тестировании приведены на рис. 2.

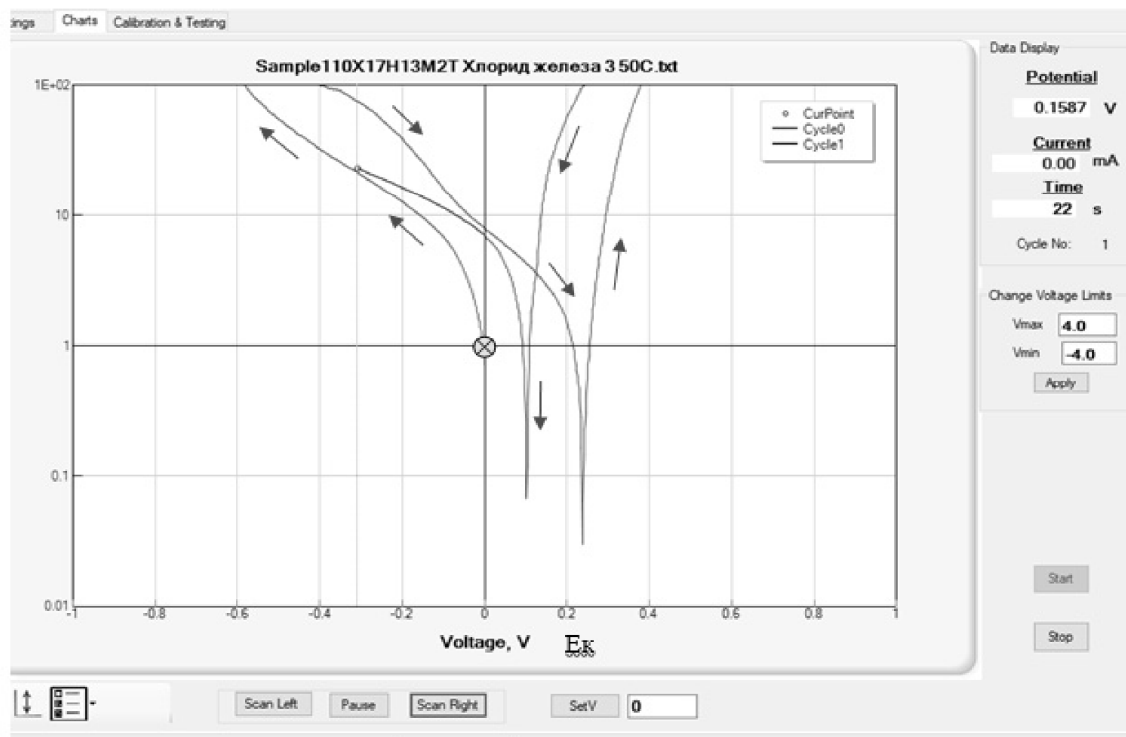
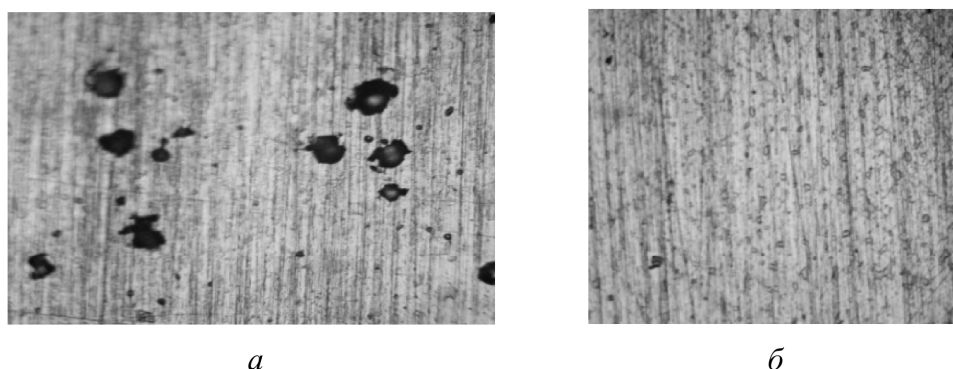


Рисунок 1 – Циклическая вольтамперограмма стали 10X17H13M2T в 6% растворе хлорида железа при 50 °С



a – сталь 10X17H13M2T $\times 200$; *б* – сталь X25H7AM4 $\times 200$

Рисунок 2 – Микрофотографии шлифов сталей после тестирования в 6% растворе хлорида железа при 50°С.

Необходимо отметить, что стали X25H7AM4 и Avesta 254SMO обладают высокой устойчивостью к точечной и язвенной коррозии в технологических средах сульфатных отделений, которые вызываются наличием активаторов коррозии (H_2S , HCN, HCNS, Cl). Указанное утверждение подтверждается значительной стойкостью пассивных пленок молибденосодержащих сталей [3,4].

Таким образом работоспособность теплообменников вообще, а пластинчатых в особенности, зависит во многом от конструкции, так

как коррозионные процессы в них протекают в узких зазорах при смыкании пластин по вершинам гофр, пластины имеют малую толщину гофрированной теплопередающей поверхности (0,6-1,0 мм), высокие остаточные напряжения деформации, что существенно повышает склонность к коррозионному растрескиванию. Стойкость металла зависит как от агрессивности нагреваемого или охлаждаемого продукта, так и от теплоносителя (хладоносителя). Разработанная методика прогнозирования питтингостойкости теплообменного оборудования в хлорид-содержащих средах дает возможность произвести экспресс-оценку коррозионной стойкости высоколегированных сталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jacques S. Corrosion resistance of duplex stainless steels in thermal desalination plants / Jacques S., Peultier J, Gagnepain J. C. and Soullignac P. // Corrosion Nace conference, March 16 – 20, 2008.

2. Korkhaus J. Application of corrosion-resistant steels in chemical industry / Korkhaus J. // Mater. of the Conf. “Stainless Steel World 99”. KCL Publishing BV, 1999. – Pp. 27 – 41. 3. Audoard J. P. Corrosion Performance And Field Experience With Super Duplex And Super Austenitic Stainless Steels In FGD Systems / Audoard J. P., Verneau M., Groski J. //12th International Corrosion Congress, Houston, USA, 1993.– Pp. 131–138.

3. Charles J. Some duplex applications. Test results and practical experience / Charles J., Verneau M., Audouard J.-P., Demars S. // Stainless Steel World 99 Conf. on Corrosion-Resistant Alloys (16–18 Nov. 1999, Hauge, Netherlands), 1999. – Pp. 473–485.

4. Sandvik, Corrosion Resistance Sandvik SAF 2205, <http://www.sandvik.com>