

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Синькевич Ю.В., Иванова Н.П., Янковский И.Н. (БНТУ, БГТУ, Минск, Беларусь)

Results of laboratory researches corrosion firm specimens from carbon construction and corrosion firm steels are illustrated. Surface of specimens was worked up grinding, electrochemical polishing and electroimpulse polishing. Showed that electroimpulse polishing allow to a marked degree raise corrosion firm.

Введение

Одной из причин, приводящей к снижению качества продукции, разрушению конструкций, а также к авариям и несчастным случаям на производстве, является коррозия металлов. Коррозия представляет собой процесс разрушения металлов вследствие химического, электрохимического или биохимического взаимодействия металлов со средой. Она протекает самопроизвольно и приводит к снижению свободной энергии металла, в результате чего образуются более устойчивые в термодинамическом плане соединения [1]. Скорость коррозионного разрушения деталей зависит от множества факторов – химического и фазового состава металла, наличия легирующих элементов, защитных покрытий на поверхности детали, среды и условий эксплуатации детали, а также от случайных факторов.

Повышение коррозионной стойкости поверхности деталей в ряде случаев возможно за счет формирования «благоприятного» микропрофиля поверхности, характеризующегося низкой шероховатостью, отсутствием дефектного обезуглероженного поверхностного слоя, минимальным количеством микротрещин и несовершенных элементов кристаллической решетки. Получение такого микропрофиля возможно при введении в технологический процесс обработки деталей финишных операций (химического, электрохимического полирования и др.). Перспективным финишным методом обработки поверхности является электроимпульсное полирование (ЭИП), которое наряду с высокой производительностью имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными методами [2]. Однако, несмотря на широкое промышленное применение метода, в настоящий момент практически отсутствуют экспериментально и научно обоснованные данные о коррозионной стойкости поверхности после полирования. В одной из немногих работ, посвященных этому вопросу, представленные авторами [3] данные о влиянии режимов ЭИП на коррозионную стойкость поверхности деталей из коррозионностойких сталей не корректны и не дают реального представления о динамике коррозионных процессов.

Целью настоящей работы было исследование коррозионной стойкости углеродистых и коррозионностойких сталей после ЭИП.

Результаты и их обсуждение

Целенаправленное исследование процессов коррозии привело к тому, что к настоящему времени разработан широкий ряд коррозионных испытаний, которые можно классифицировать с учетом специфики протекания коррозионных процессов и видов коррозионного поражения. В общем случае коррозионные испытания металлов и сплавов делят на полевые, натурные и лабораторные [4, 5].

Полевые и натурные испытания для точного определения количественных показателей коррозионной стойкости проводят в естественных условиях эксплуатации изделий при очень длительных экспозициях.

Наибольшее распространение при проведении систематических исследований для решения отдельных прикладных задач получили лабораторные коррозионные испытания, которые проводят в искусственно созданных и тщательно контролируемых условиях с применением в некоторых случаях измерительной аппаратуры с непрерывной записью измеряемых показателей. Лабораторные испытания позволяют получать достаточно хорошо воспроизводимые данные и с их помощью определять степень влияния отдельных факторов на развитие коррозионного процесса.

Из широкого ряда лабораторных испытаний для исследования коррозионной стойкости поверхности после ЭИП нами были выбраны две методики – метод изменения массы образца и метод снятия поляризационных кривых. Определение коррозионной стойкости по методу изменения массы образца является наиболее простым и надежным, т.к. непосредственно определяется количество металла, разрушенного коррозией. Метод снятия поляризационных кривых позволяет судить о том, с какой скоростью протекают электрохимические реакции, и заключается в изучении зависимости скорости электрохимических реакций от потенциала металла и внешней поляризации. Снятие поляризационных кривых можно проводить гальваностатическим или потенциостатическим методами.

В качестве объектов для лабораторных коррозионных испытаний были выбраны углеродистая конструкционная сталь 10 (ГОСТ 1050) и коррозионностойкая сталь 20X13 (ГОСТ 5632). Для сопоставления и анализа результатов коррозионной стойкости испытаниям подвергались шлифованные, ЭИП и электрохимически полированные (ЭХП) образцы с шероховатостью поверхности $Ra=0,36; 0,12$ и $0,16$ мкм, соответственно. Полирование образцов проводилось на оптимальных режимах [2, 6]. Перед коррозионными испытаниями определялась площадь образцов, их поверхность химически обезжиривалась и травилась, после чего образцы взвешивались на аналитических весах ВЛР-200 с точностью $0,00005$ г.

При определении коррозионной стойкости по методу изменения масс в качестве коррозионной среды использовался 3 % водный раствор NaCl из расчета $30...50$ см³ на 1 см² поверхности согласно ГОСТ 9.308 и 9.012. Образцы выдерживали в течение 24 часов при температуре раствора 20 ± 2 °C, после чего промывали, с поверхности удаляли продукты коррозии, сушили и взвешивали. Удаление продуктов коррозии проводили со стали 10 в течение $30...40$ мин при температуре $80...90$ °C в водном растворе, содержащем 50 г/л NaOH и 200 г/л Zn-гранулированного, со стали 20X13 – течение 20 мин при температуре 60 °C в водном растворе, содержащем 100 мл/л HNO₃.

По изменению массы образца рассчитывали коррозионные потери массы Δm и скорость коррозии K_m по формуле

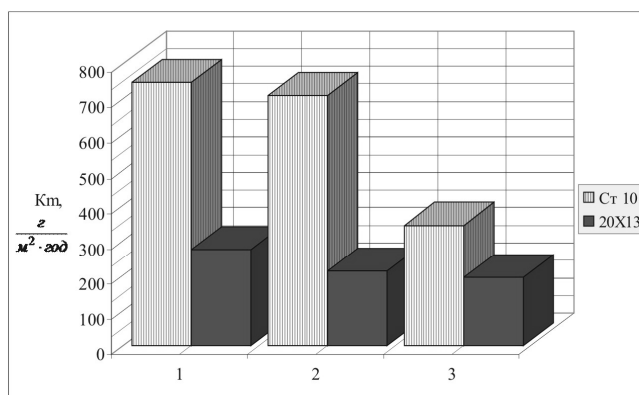


Рис. 1. Изменение скорости коррозии металла в зависимости от вида предварительной обработки: 1 - шлифование; 2 - ЭХП; 3 - ЭИП

$$K_m = \frac{\Delta m}{\tau} = \frac{m_0 - m_1}{\tau \cdot S}, \quad (1)$$

где m_0 – первоначальная масса образца; m_1 – масса образца после удаления продуктов коррозии; S – поверхность образца до испытания; τ – время испытаний.

На рис. 1 представлены скорости коррозии для сталей 10 и 20X13 в зависимости от вида

предварительной обработки поверхности. ЭИП поверхности стали 10 снизило скорость коррозии по сравнению с ЭХП на 107,7 %, со шлифованием – на 117,9 %. ЭИП стали 20X13 также приводит к снижению скорости коррозии: по сравнению с ЭХП на 9,1 %, со шлифованием – на 40,1 %.

Учитывая, что коррозия металлов имеет электрохимический механизм, включающий два сопряженных процесса – анодный и катодный, то изменение массы образца за время коррозионных испытаний в соответствии с законом Фарадея можно представить в виде

$$\Delta m = q \cdot i \cdot S \cdot \tau \cdot BT, \quad (2)$$

где q – электрохимический эквивалент металла; i – плотность тока коррозии; BT – выход металла по току.

При отсутствии внешней поляризации в реальном коррозионном процессе скорость растворения металла (скорость коррозии) зависит от эффективности протекания катодного процесса. Допустив, что коррозионному разрушению в исследуемых сталях подвергается только железо, для которого $q=1,042$ г/А·ч, а катодный процесс при коррозии пренебрежимо мал по сравнению с анодным (в этом случае примем $BT \approx 100$ %), скорость коррозии с учетом формул (1, 2) можно представить как

$$K_m = \frac{\Delta m}{\tau} = \frac{q \cdot i \cdot \tau \cdot S \cdot BT}{\tau \cdot S} = q \cdot i$$

Откуда после простого преобразования получим выражение для определения плотности тока коррозии

$$i = \frac{K_m}{q} \quad (3)$$

С помощью формулы (3) были рассчитаны представленные в табл. 1 величины плотностей токов коррозии для метода изменения массы образца.

Таблица 1. Значение плотностей токов коррозии

Исследуемая сталь	Метод изменения массы образца			Метод снятия поляризационных кривых		
	Плотность тока коррозии – i , мкА/см ²			Плотность тока коррозии – i , мкА/см ²		
	Метод обработки поверхности			Метод обработки поверхности		
	Шлифование	ЭХП	ЭИП	Шлифование	ЭХП	ЭИП
Сталь 10	8,16	7,77	3,74	3,55	2,51	0,63
Сталь 20X13	2,97	2,3	2,11	0,13	0,089	0,06

В отличие от метода изменения массы образца, показывающего усредненное значение скорости коррозии за 24 часа испытаний, метод снятия поляризационных кривых позволяет не только количественно рассчитать абсолютную скорость коррозии в конкретный момент времени, но и получить сведения о характере коррозионного процесса.

Для исследования коррозионной стойкости путем снятия поляризационных кривых нами был выбран потенциостатический метод, который имеет ряд преимуществ по сравнению с гальваностатическим, т.к. позволяет изучать зависимость скорости растворения металла от внешнего потенциала в широкой области, в том числе и в области, соответствующей переходу металла из активного состояния в пассивное и наоборот.

Снятие поляризационных кривых проводили в 3 % водном растворе NaCl с помощью потенциостата ПИ-50-1.1, имеющего точность измерения по току $\pm 0,2$ % и по напряжению ± 5 мВ, в комплекте с программатором ПР-8 на образце-электроде площадью 1 см². Электродом сравнения служил насыщенный хлорсеребряный электрод сравнения марки ЭВЛ-1М1, а вспомогательным – платиновый электрод марки ЭПВ-1.

Исследуемые образцы выдерживали в растворе в течение 5...15 мин до установления стационарного потенциала E_6 . После этого для снятия катодной поляризационной кривой путем внешней поляризации производили смещение потенциала образца-электрода в сторону отрицательных значений на величину 25...30 мВ, записывая значения тока через каждые 1...2 мин. Затем ячейку отключали и выдерживали электрод до установления стационарного или близкого к нему потенциала. Далее аналогичным образом снимали анодную поляризационную кривую, сдвигая потенциал в сторону положительных значений (рис. 2).

Полученные поляризационные кривые построены в полулогарифмических (тафелевских) координатах напряжение – логарифм плотности тока. Характерной особенностью коррозионных процессов является участие в них свободных электронов. Следовательно, скорость таких процессов пропорциональна числу электронов, отводимых с поверхности металла в единицу времени. Поэтому скорость коррозии является линейной функцией тока коррозии. Токи коррозии, значение которых приведены в табл. 1, определяли пересечением экстраполированных линейных участков катодной и анодной поляризационных кривых вблизи стационарного потенциала.

Как видно из представленных данных (рис. 2, табл. 1), наибольшая коррозионная стойкость как для углеродистой, так и для коррозионностойкой стали достигается после ЭИП. Это можно объяснить тем, что в результате ЭИП по сравнению с исследованными методами финишной обработки поверхности в большей степени снижается химическая и фазовая неоднородность поверхности. Кроме того, очевидно благоприятное влияние анодного электрохимического растворения металла при ЭХП и ЭИП на формирование топографии обработанной поверхности, характеризующейся плавностью формы, меньшей эффективной площадью поверхности, контактирующей с внешней средой и отсутствием концентраторов очагов коррозии.

Вывод

Полученные экспериментальные данные показывают, что ЭИП деталей, особенно из углеродистых сталей позволяет в значительной степени повысить их коррозионную стойкость, а, следовательно, надежность и долговечность.

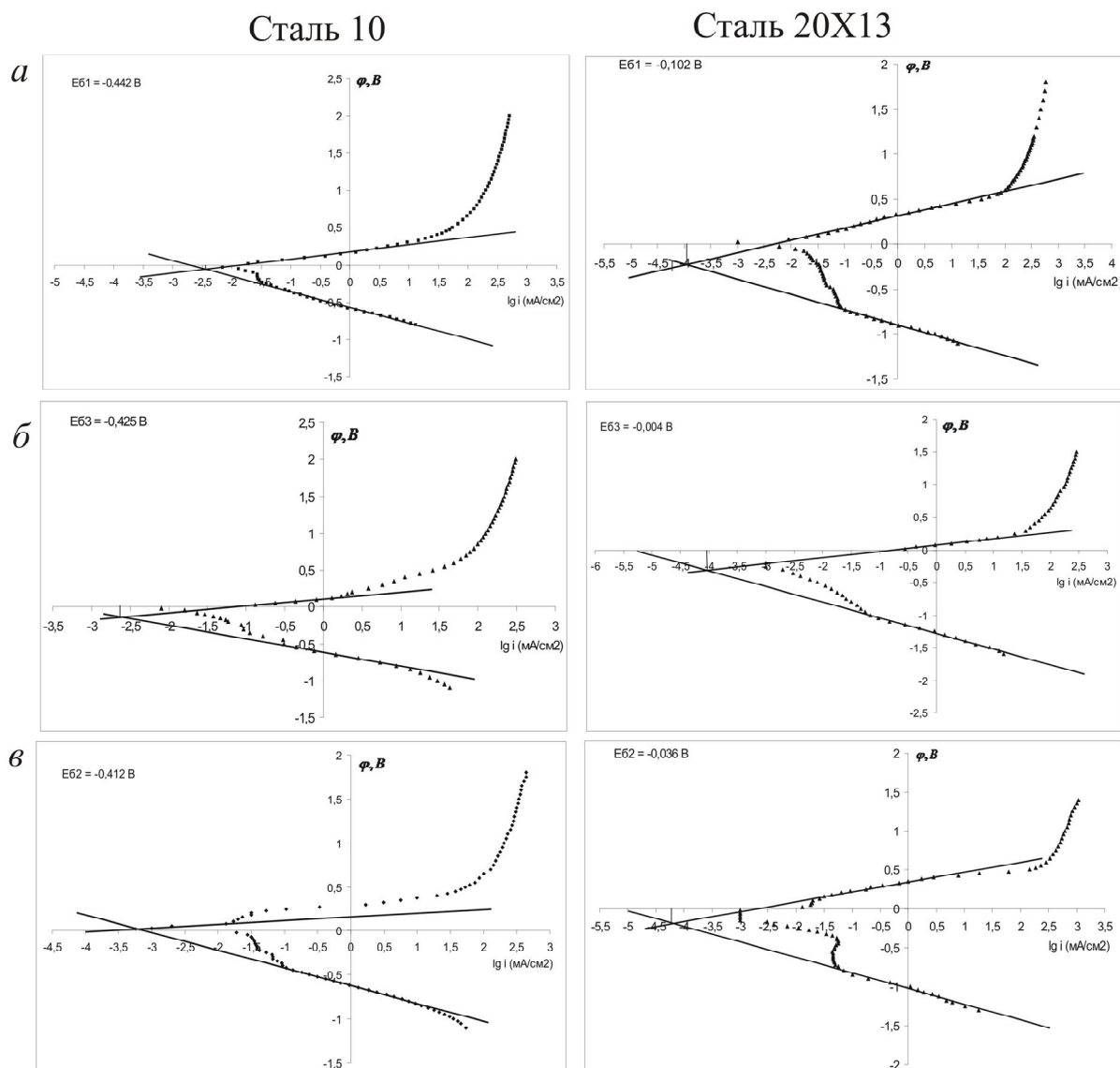


Рис.2. Поляризационные кривые: а – после шлифования; б – ЭХП; в – ЭИП

Список литературы: 1. Справочник по коррозии: Пер. с болг./Перевод Нейковского С.И.; под редакцией Н.И. Исаева. – М.: Мир, 1982. – 520 с. 2. Синькевич Ю.В. Электроимпульсное полирование деталей из коррозионноустойчивых и углеродистых конструкционных сталей: автореф. ... дис. канд. техн. наук: 05.03.01; 05.02.08 / Ю.В. Синькевич; Белорус. государств. политехн. акад. – Мн., 1998 – 23 с. 3. Разработать основы теории и технологии изготовления изделий медицинского назначения [текст]: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. Алексеев Ю.Г. – Мн., 2004. – 42 с. – ГБ 04-27. – Инв. № Н - 6411. 4. Фокин М.Н., Жигалова К.А. Методы коррозионных испытаний металлов. М.: Металлургия, 1986 (Защита металлов от коррозии). – 80 с. 5. Коррозия. Справ. Изд. под. ред. Л.Л. Шрайера. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1981. – 632 с. 6. Грилихес С.Я. Электрохимическое полирование. Л.: Машиностроение, 1976, 208 с.

Сдано в редакцию 21.05.07