

УДК 662.762

А.К. Ярусова, Н.П. Иванова, И.М. Жарский (БГТУ, г.Минск)

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ТЕРМООБРАБОТКИ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ НА ИХ КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА

С увеличением запаса металлического фонда, с расширением ассортимента новых сплавов, применяемых в технике, и с усложнением условий работы современных металлических конструкций (повышенные температуры и давления, более агрессивные среды и т.д.), увеличивается значение защиты металлов и металлических сооружений от разрушения с целью предотвращения аварий и простоев по вине оборудования. Приблизженные расчеты показывают, что около 10–12% ежегодной добычи металла безвозвратно теряется на коррозионное разрушение. Борьба с коррозией – это ежегодное сохранение многих миллионов тонн черных и цветных металлов [1,2].

Легирование и термическая обработка сплавов являются эффективным способом создания коррозионно-стойких материалов, в том числе и нержавеющей стали [3-5].

В данной работе исследовали поведение в агрессивных средах нержавеющей стали, прошедших различную термообработку.

В качестве коррозионных сред использовали следующие растворы: 50%, 30%, 20%, 15%, 10% серная кислота; 100%, 50%, 25%, 10% уксусная кислота; 10% NaOH; 60% нитрат аммония.

Исследования проводили для образцов стали 20X13, 08X18H11T, прошедших различную термообработку – закалку, закалку и последующий отпуск при 700°C, 500°C и 300°C.

Исследование коррозионной стойкости образцов выполняли в открытых стаканах, в которых с помощью медной проволоки или зажимов закрепляли образцы. Испытания проводили при частичном погружении в неподвижной коррозионной среде [6]. При этом проводили измерение электродных потенциалов с помощью рН-метра рН-150 и электрода сравнения, в качестве которого использовали хлорсеребряный.

Кинетику коррозионных процессов изучали электрохимическим методом путем снятия стационарных поляризационных кривых (ПК) с использованием потенциостата ПИ-50-1 с программатором ПР-8. Поляризационные кривые снимали для образцов площадью 1 см<sup>2</sup> в указанных коррозионных средах. Равновесный потенциал устанавливался в течение 5 минут. Время выдержки каждого значения 3 минуты. При снятии ПК смещение потенциала производили через 2 мВ в катодную и анодную области.

С целью определения контролирующей стадии коррозионного процесса снимали поляризационные кривые для исследуемых образцов

и противоиэлектрода из графита без внешней поляризации [7]. По полученным диаграммам Эванса определяли степень катодного  $S_{кат}$  и анодного  $S_{ан}$  контроля.

Перед проведением испытаний все образцы предварительно подготавливали: вначале обезжировали в щелочном растворе при температуре 60–80°C в течение 10–20 минут, а затем активировали в растворе серной кислоты с концентрацией 30г/л при температуре 18–25°C в течение 1 минуты.

В результате проведения коррозионных исследований легированных сталей в агрессивных средах получены следующие результаты.

Для стали 20X13 исследования проводили в серной кислоте, щелочи, уксусной кислоте различной концентрации.

В растворах серной кислоты сталь 20X13 имеет 10 балл стойкости и относится к нестойким. В 50% растворе серной кислоты наибольшей стойкостью обладает образец, прошедший закалку и высокий отпуск (700°C). Образцы, прошедшие отпуск при 500°C, в большей степени подвержены коррозии, глубинный показатель коррозии составляет 33,2 мм/год. В растворах 10–25% серной кислоты наибольшей стойкостью обладает сталь, отпущенная при 700°C, для которой глубинный показатель в 1,5–2 раза ниже, чем для закаленных и отпущенных при 300°C образцов. Минимальный показатель коррозии у всех образцов соответствует 50% серной кислоте, в которой сталь переходит в пассивное состояние.

Сталь 20X13 в 10% растворе гидроксида натрия является стойкой и имеет 4 балл стойкости (ГОСТ 13819-68). Закаленная сталь 20X13 обладает максимальным глубинным показателем коррозии (0,05 мм/год) по сравнению с образцами, подвергнутыми дополнительному отпуску. Закаленная сталь 20X13 с высоким отпуском (700°C) имеет наиболее высокую коррозионную стойкость, глубинный показатель которой равен 0,037 мм/год. Полученные данные подтверждают вывод о том, что при отпуске в интервале температур 450–650°C коррозионная стойкость нержавеющей сталей может уменьшаться [1]. Из анализа анодных поляризационных кривых в 10% растворе серной кислоты можно сделать вывод, что образцы переходят в пассивное состояние в области потенциалов 70–800 мВ с током полной пассивации, лежащем в пределах 5–30 мкА/см<sup>2</sup>.

Аналогичные исследования проводились и в растворах уксусной кислоты. В более концентрированных растворах наиболее положительными потенциалами обладают стали с отпуском при 700°C и 300°C, а в низкоконцентрированных — с отпуском при 300°C и в закаленном состоянии. Самым нестойким является образец, отпущенный при 500°C. Максимум плотности тока коррозии приходится на интервал

концентраций 50–60%. При этом в области низких концентраций сталь, отпущенная при 700<sup>0</sup>С, имеет более высокий ток коррозии по сравнению с высококонцентрированными растворами. В разбавленных растворах уксусной кислоты сталь 20Х13, прошедшая закалку и отпуск при 700<sup>0</sup>С, является пониженно-стойкой (7 балл стойкости).

Во всех исследуемых растворах уксусной кислоты наиболее стойкой является сталь, отпущенная при 300<sup>0</sup>С (5 балл стойкости).

В растворах серной и уксусной кислот, в растворе щелочи коррозионный процесс нержавеющей сталей протекает с катодным контролем.

Сталь 08Х18Н1Т имеет меньшую скорость коррозии в 60% растворе нитрата аммония, чем 20Х13 и является стойкой (5 балл стойкости), что объясняется наличием титана. Однако, как показали исследования, для данной стали следует избегать высокого отпуска.

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии на коррозионные свойства структуры стали, которую можно изменять термической обработкой металлических материалов.

Таким образом, правильный выбор режима термообработки сталей позволит получить стали с требуемыми физико-механическими свойствами и с высокой коррозионной стойкостью, что позволит продлить срок службы металлических материалов, а также сэкономить средства, необходимые для проведения мероприятий по защите оборудования от коррозии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Улиг Г.Г., Ревя Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. – Л.: Химия, 1989. – 455 с.
2. Коррозия и защита химической аппаратуры: Справ. руководство/ Под ред. А.М. Сухотина. – Л.: Химия, 1972. – 320 с.
3. Аустенитные стали России и других стран / Е.А. Масленкова // Технол. мет. – 2000. - № 12. – С. 6-10
4. Пат. 6171547 США, МПК С 22 С 38/42, С 22 С 38/44. Аустенитная сталь, обладающая высокой коррозионной стойкостью в сернокислой среде и повышенной деформируемостью / Azuma Shigeki. - № 471205; Заявл. 09.04.1999; Оpubл. 22.06.2000; НКИ 355/68. – 3 с.
5. Пат. 1143024 США, МПК С 22 С 38/00, С 22 С 38/44. Мартенситная нержавеющая сталь / Mirami Yuzuki, Suzuki Toshio/ - № 244154; Заявл. 15.02.2000; Оpubл. 19.08.2001; НКИ 763/34. – 5с.
6. Шлугер М.А., Ажогин О.Ф., Ефимов Е.А. Коррозия и защита металлов. – М.: Металлургия, 1981. – 175 с.
7. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.