

УДК 669.15:537.621.4:620.193.4

Г.В. СНЕЖНОЙ

Запорожский национальный технический университет, Украина

РОЛЬ МАГНИТНОГО СОСТОЯНИЯ АУСТЕНИТА В ФОРМИРОВАНИИ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ АУСТЕНИТНЫХ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ

Экспериментально установлена количественная зависимость скорости коррозии от парамагнитной удельной магнитной восприимчивости аустенита хромоникелевых сталей аустенитного класса, которая определяет магнитное состояние аустенитной матрицы: чем меньше парамагнитная удельная магнитная восприимчивость аустенита, тем больше скорость коррозии и наоборот. Показано, что присутствие низкого содержания δ -феррита по сути не может быть причиной коррозии, а является лишь внешним параметром, который оценивает магнитное состояние аустенита, а следовательно, и коррозионную стойкость.

Ключевые слова: аустенит, δ -феррит, коррозия, магнитная восприимчивость, аустенитная сталь.

Введение

Защита от коррозии в авиастроении имеет свои особенности, т.к. конструкции воздушных судов во время эксплуатации подвержены влиянию агрессивных сред, перепадам температур и механическим воздействиям. На процесс коррозии сталей влияют различные факторы: структурные неоднородности, хим.состав, углерод, микролегирование, вредные примеси, карбидные фазы, α -фаза и др. [1 – 5]. Представляет интерес попытаться найти один параметр, который мог бы оценить суммарное воздействие многих факторов на коррозионное поведение аустенитных сталей еще до промышленной эксплуатации. Воздействия различных факторов могут приводить к искажениям и изменениям в кристаллической и магнитной структуре, т.е. к изменениям атомно-магнитного состояния парамагнитной аустенитной матрицы.

Следовательно, коррозионный процесс может зависеть от атомно-магнитного состояния аустенита, обычно содержащего низкое количество α -фазы (δ -феррит или α' -мартенсит деформации) в пределах 0,000...0,5%. Магнитный момент α -фазы в количестве 0,06...0,08% равен магнитному моменту аустенитной матрицы исследуемого образца. От такой двухфазной пары – много парамагнитного аустенита и мало ферромагнитной α -фазы и должно зависеть коррозионное поведение. Поскольку намагниченность α -фазы значительно больше намагниченности аустенита, то при исследованиях обычно удобнее измерять количество α -фазы и по нему оценивать коррозию, что не всегда однознач-

но. Так в [4] отмечено разногласие о потере склонности к коррозии с увеличением или уменьшением содержания α -фазы. Однако, низкое количество α -фазы по сути не может само собой существенно влиять на процесс коррозии в сталях аустенитного класса. Вероятно, одна из причин развития коррозии скрывается в предварительно сформированной атомно-магнитной природе аустенитной матрицы, которая определяется суммой магнитных моментов атомов, приходящих на единицу массы, т.е. удельной намагниченностью.

Магнитным параметром, с помощью которого можно оценить магнитное состояние (удельную намагниченность) аустенита, может быть парамагнитная удельная магнитная восприимчивость χ_0 , определяемая по методике описанной в [6]. В случае появления значительного количества мартенсита, например, при низких температурах, выбирают параметр магнитной проницаемости [7].

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение влияния магнитного состояния (параметр χ_0) парамагнитного аустенита на коррозионную стойкость аустенитных хромоникелевых сталей.

1. Материал и методика эксперимента

Объектом исследования служила сталь 08X18H10T в виде листа поставки размером 1x1000x2000 мм ОАО “Запорожсталь”. Химический состав (масс.%): С 0.09, Cr 18.2, Ni 10.1, Ti 0.56, Mn 0.75, Si 0.7, S 0.01, P 0.026, Cu 0.14, Co 0.05, V 0.04, W 0.04, Mo 0.06.

Из листа перпендикулярно направлению холодной прокатки (ширина 1000 мм) было вырезано 36 образцов, удаленных друг от друга ~50...100 мм. Для усреднения формировали группы из трех расположенных рядом образцов и получили 12 исследуемых точек по ширине листовой стали, которые представлены на рисунках в данной статье. Образцы вырезались холодным механическим способом в виде прямоугольных параллелепипедов размером ~7x3x1 мм. Поверхность шлифовалась с последующей электрополировкой. Затем экспериментально определяли низкое содержание P_{α} δ -феррита [8] и парамагнитную удельную магнитную восприимчивость χ_0 аустенитной матрицы исследуемых образцов [6]. С целью ускорения химической коррозии использовали модельную агрессивную среду «царская водка» (соотношение конц. кислот HCl:HNO₃ 3:1) и выдерживали образцы непрерывно в течении 1 часа. После извлечения образцов из раствора, промывали в проточной дистиллированной воде и взвешивали на электронных весах с точностью до 0,5 мг.

Для измерения скорости коррозии вдоль сечения листовой заготовки с течением времени, использовали коэффициент интенсивности коррозии Y [4], который определяли как отношение относительной потери массы $\frac{\Delta m}{m} \cdot 100\%$ образца ко времени τ его коррозии по формуле: $Y = \frac{\Delta m}{m \cdot \tau} \cdot 100\%$.

2. Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены экспериментально найденные значения парамагнитной удельной магнитной восприимчивости χ_0 аустенита исследуемых образцов вдоль ширины l листовой стали. Для сравнения рассмотрим рис. 2, заимствованный из [9], на котором показано распределение количества P_{α} δ -феррита в тех же образцах вдоль той же ширины стали.

Как видим (см. рис. 1 и 2), количество P_{α} δ -феррита и парамагнитная удельная магнитная восприимчивость χ_0 локально распределяются неравномерно в пределах 0,00869...0,119% и 1,75...3,10 м³/кг соответственно. При этом наблюдается пропорциональность: большим значениям χ_0 соответствует большее значение P_{α} и наоборот. Корреляция значений P_{α} и χ_0 представлена на рис. 3.

Отсюда следует, что низкое количество P_{α} δ -феррита является мерой (индикатором) магнитного состояния аустенита, которое определяется параметром χ_0 .

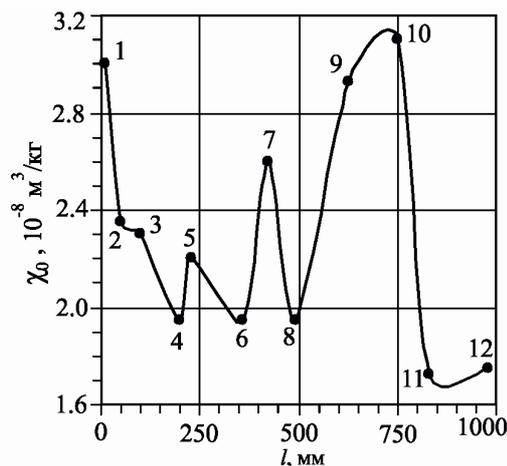


Рис. 1. Значения парамагнитной удельной магнитной восприимчивости χ_0 аустенита исследуемых образцов вдоль ширины l листовой стали

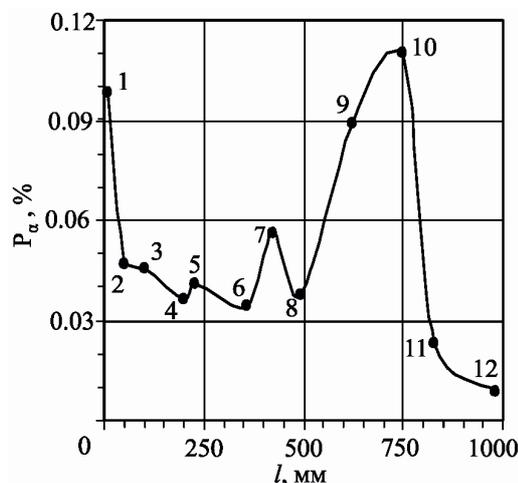


Рис. 2. Распределение количества δ -феррита вдоль ширины (перпендикулярно прокатке) листа стали 08X18H10T

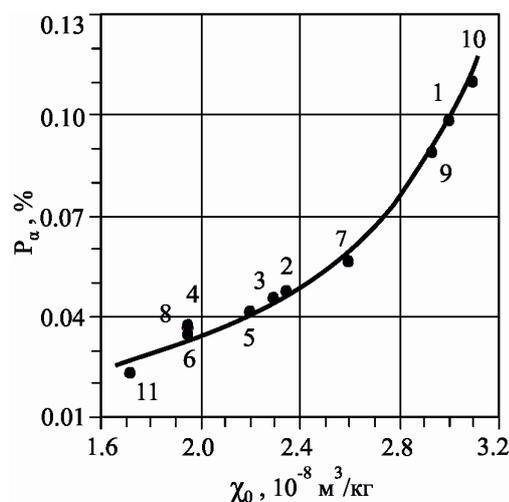


Рис. 3. Зависимость количества P_{α} δ -феррита от удельной магнитной восприимчивости χ_0 аустенита образцов, вырезанных перпендикулярно прокатке листа стали 08X18H10T

Следовательно, парамагнитная удельная магнитная восприимчивость χ_0 характеризует результирующее воздействие других факторов (химический состав, деформация, термообработка, неравномерное распределение легирующих и примесных элементов и др.).

Из кривой зависимости скорости коррозии Y от χ_0 аустенита (рис. 4) следует, что коррозия зависит от магнитного состояния аустенита исследуемой стали, которое определяется χ_0 .

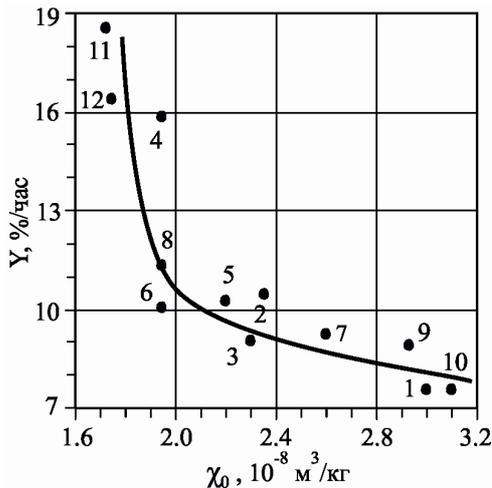


Рис. 4. Зависимость локальной скорости коррозии Y от удельной магнитной восприимчивости χ_0 аустенита образцов, вырезанных перпендикулярно прокатке листа стали 08X18H10T

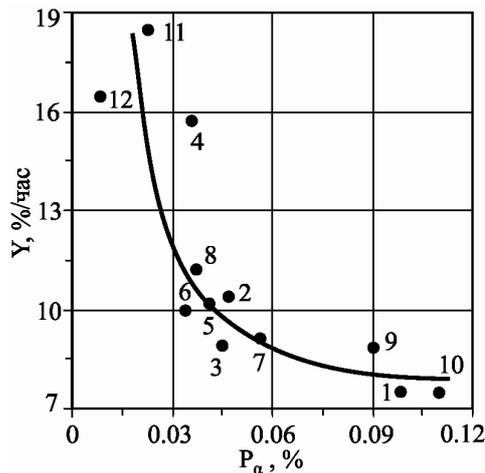


Рис. 5. Зависимость скорости коррозии Y от содержания δ -феррита в листе стали 08X18H10T

Таким образом, коррозионная стойкость зависит от параметра χ_0 : чем меньше величина парамагнитной удельной магнитной восприимчивости аустенита χ_0 , тем меньше коррозионная стойкость (больше скорость коррозии Y) стали, и наоборот.

Рис. 5., заимствованный из [9], подтверждает количественную зависимость скорости коррозии от низкого содержания δ -феррита, т.е. количество δ -феррита является мерой (индикатором) скорости коррозии.

Выводы

1. Экспериментально установлено, что существенной причиной коррозионной стойкости аустенитной хромоникелевой стали является магнитное состояние аустенитной матрицы, определяемое парамагнитной удельной магнитной восприимчивостью аустенита. Чем меньше парамагнитная удельная магнитная восприимчивость аустенита, тем больше скорость коррозии и наоборот.

2. Показано, что мерой (индикатором) оценки коррозии является низкое содержание δ -феррита, которое зависит от магнитного состояния аустенита. Чем больше δ -феррита, тем меньше скорость коррозии и наоборот.

Литература

1. Реформатская, И.И. Влияние структурообразующих факторов на коррозионно-электрохимическое поведение железа и нержавеющей сталей [Текст] / И.И. Реформатская // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. Хим. об-ва им. Д.И.Менделеева). – 2008. – Т. LI, № 5. – С. 16 – 24.
2. Колотыркин, Я.М. Металл и коррозия. [Текст] / Я.М. Колотыркин. – М.: Металлургия, 1985. – 88 с.
3. Вахрушева, В.С. О повышении надежности трубопроводов АЭС диаметром 325 мм из стали 08X18H10T [Текст] / В.С. Вахрушева, Т.Н. Буряк, Е.Я. Лезинская // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». – 2005. – № 3. – С. 104 – 107.
4. Яровчук, А.В. Влияние мартенсита деформации на стойкость к питтинговой коррозии нержавеющей стали 12X18H10T [Текст] / А.В. Яровчук // Ползуновский альманах. – 2007. – № 1/2. – С. 190 – 196.
5. Применение магнитных методов для исследования эволюции структуры в аустенитных нержавеющей сталях после длительной эксплуатации энергоблоков на АЭС [Текст] / В.М. Ажажа, В.А. Десненко, Л.С. Ожигов, Ж.С. Ажажа, И.В. Свечкарев, А.В. Федорченко // Вопросы атомной науки и техники. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение». – 2009. – № 4 (2). – С. 241 – 246.
6. Снежной, Г.В. Контроль количества δ -феррита в сталях типа 18-10 методом определения парапроцессной магнитной восприимчивости

[Текст] / Г.В. Снежной // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 10/87. – С. 22 – 25.

7. Ермаков, Б.С. Роль остаточных сварочных деформаций в снижении работоспособности трубопроводов, эксплуатируемых в условиях низких температур [Текст] / Б.С. Ермаков, С.О. Маликов, Ю.П. Солнцев // *Известия СПбГУНиПТ*. – 2007. – № 1. – С. 28 – 33.

8. Снежной, Г.В. Интегральный физический метод идентификации α -фазы в аустенитных хромоникелевых сталях [Текст] / Г.В. Снежной,

В.Г. Мищенко, В.Л. Снежной // *Литье и металлургия*. – 2009. – № 3 (52). – С. 241 – 244.

9. Снежной, Г.В. Прогнозирование локальной коррозионной стойкости по содержанию α -фазы в хромоникелевых сталях аустенитного класса [Текст] / Г.В. Снежной, В.Г. Мищенко, В.Л. Снежной // *Сб. науч. тр. «Стародубовские чтения 2012»*. Сер. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. – Днепропетровск: ПГАСА, 2012. – С. 409 – 416.

Поступила в редакцию 24.05.2012

Рецензент: д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Погосов, Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина.

РОЛЬ МАГНІТНОГО СТАНУ АУСТЕНИТУ В ФОРМУВАННІ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ АУСТЕНИТНИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ КРИЦЬ

Г.В. Сніжної

Експериментально встановлено кількісну залежність швидкості корозії від парамагнітної питомої магнітної сприйнятливості аустеніту хромонікелевих криць аустенітного класу, яка визначає магнітний стан аустенітної матриці: чим менше парамагнітна питома магнітна сприйнятливості аустеніту, тим більша швидкість корозії й навпаки. Показано, що наявність низького вмісту δ -фериту по суті не може спричинювати корозію, а є лише зовнішнім параметром, який оцінює магнітний стан аустеніту, а, отже, і корозійну стійкість.

Ключові слова: аустеніт, δ -ферит, корозія, магнітна сприйнятливості, аустенітна криця.

ROLE OF MAGNETIC AUSTENITE IN THE FORMATION OF CORROSION RESISTANCE OF AUSTENITIC CHROMIUM-NICKEL STEELS

G. V. Snizhnoi

Quantitative dependence of the corrosion rate of the paramagnetic magnetic susceptibility of austenitic chromium-nickel specific austenitic steels experimentally established. The paramagnetic susceptibility of the specific magnetic state of austenite matrix defines. Lower values δ -ferrite of specific magnetic susceptibility of paramagnetic austenite corresponds to the high rate of corrosion. The presence of low-ferrite content is not the cause of corrosion. The magnitude-ferrite is an external parameter. Low content of δ -ferrite magnetic state of austenite only estimates.

Key words: austenite, δ -ferrite, corrosion, magnetic susceptibility, austenitic steel.

Снежной Геннадий Валентинович – кандидат физико-математических наук, доцент, Запорожский национальный технический университет, Запорожье, Украина, e-mail: snow@zntu.edu.ua.