

## СТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ АУСТЕНИТНОГО КЛАССА ПРИ СОВМЕЩНОМ ДЕЙСТВИИ ВИБРАЦИИ И КОРРОЗИИ

А.Н. Кузюков, А.Г. Архипов, Д.А. Куликов, Г.В. Липко

## STRENGTH OF AUSTENITE STEELS AT THE COMBINED ACTION OF VIBRATION AND CORROSION

A.M. Kuzukov, O.G. Arhipov, D.A. Kulikov, G.V. Lipko

*Северодонецкий технологический институт, Северодонецк, Украина*

**Abstract** The results of investigations of influence the vibration on the rate of increasing the intercrystallite corrosion of steel 12X18H10T is shown in given article. Given investigations show that the vibration gives a great influence on the rate of increasing the intercrystallite corrosion.

Одним из серьезных недостатков коррозионностойких нержавеющей сталей аустенитного класса является их склонность к появлению межкристаллитной коррозии (МКК). Исследований в области анализа причин появления такой склонности накопилось большое количество, которые рассматривают различные гипотезы этого явления: механическая, электрохимическая, включающая в себя теорию обеднения приграничных и межфазовых зон обеднения хрома. Эта теория имеет наибольшее экспериментальное подтверждение и находит наибольших сторонников. Основная масса исследований направлена на выявление причин МКК, и разработку способов защиты сталей от этого вида коррозии, считая его совершенно не допустимым. Однако, практика показывает, что хотя разработанные способы защиты от МКК являются эффективными, избежать полностью этого вида коррозии в оборудовании химических и нефтехимических производств не удастся. Подвержено это оборудование и сосредоточенной МКК в зоне сплавления сварных соединений, то есть ножевой коррозии. Это особенно часто наблюдается в колоннах синтеза карбамида, трубопроводах плава карбамида, аппаратах дистилляции этого производства.

Такое положение вызвало необходимость проведения исследования с целью выявления влияния различных факторов на скорость МКК. Ранее вопрос о скорости МКК вообще не рассматривался. Теперь возникла необходимость определить интегральную скорость, то есть глубину проникновения МКК в сталь за определенное время. Определение дифференциальной скорости задача более сложная, требующая специальной методической разработки.

Проведенные одним из авторов исследования по влиянию технологических факторов изготовления оборудования на склонность к МКК нержавеющей сталей и других конструкционных металлических материалов показали, что они весьма значительны. Особенно это факторы, связанные с влиянием статических механических напряжений и деформаций [1,2]. Однако многое оборудование химических и нефтехимических производств эксплуатируется при циклических и пульсирующих нагрузках, что возможно еще в большей степени оказывает влияние на скорость МКК.

Для исследований была создана установка, на которой цилиндрические образцы подвергались изгибу при циклических нагрузках с различной амплитудой. Образцы в центральной части имели концентратор, выполненный с радиусом 1,5 мм.

Образец в центральной части подвергали воздействию агрессивной среды. Установка позволяет замерять потенциал стали, а также задавать потенциал на образец с помощью потенциостата. Схема установки приведена на рис. 1.

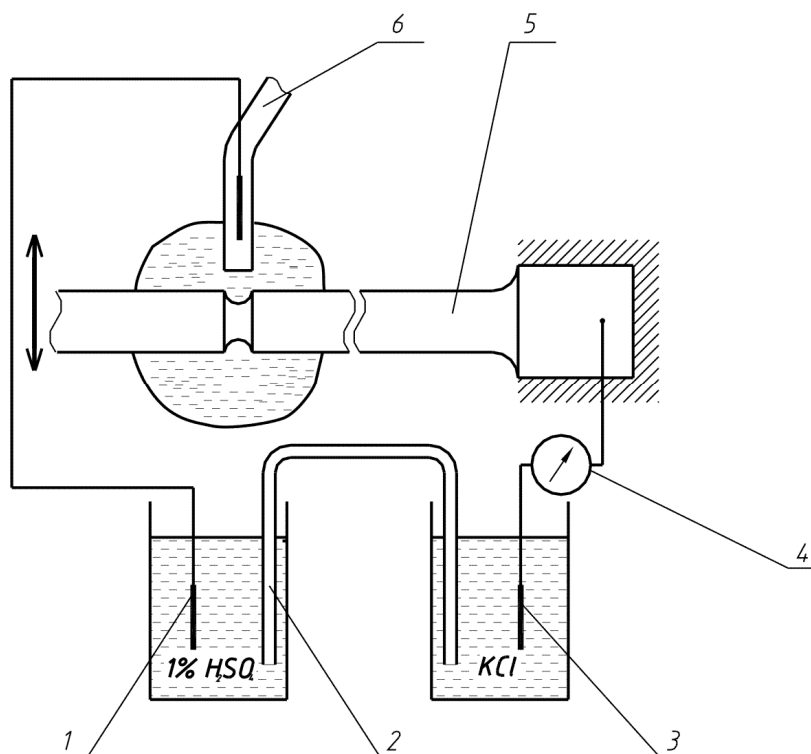


Рис. 1. Схема установки: 1 – рабочий электрод; 2 – электролитический ключ; 3 – электрод сравнения; 4 – катодный вольтметр; 5 – образец; 6 – трубка подачи среды

Образцы были изготовлены из стали 12X18H10T. После изготовления образцы подвергались закалке при температуре 1200 °С и часть из них сенсibilizировали при 650 °С в течении 6 ч.

Среда, которую подавали в центральную часть образцов, представляла из себя 1% раствор серной кислоты. Температура раствора 60 °С. Слабая серная кислота (кипящий 0,5% раствор  $H_2SO_4$ ) вызывает МКК сталей типа 18-10 [3]. Так как установка не позволяла использовать кипящий раствор, то его концентрацию увеличили до 1%.

Анализ реальных поляризационных кривых закаленной и сенсibilizированной сталей в 1%  $H_2SO_4$  при 60 °С показал, что в области активно-пассивного перехода анодная плотность тока сенсibilizированной стали выше, чем закаленной. Следует отметить, что на истинных поляризационных кривых построенных по закону Фарадея это увеличение было бы более заметно.

При проведении эксперимента были получены зависимости потенциалов во времени от амплитуды колебаний для закаленных и сенсibilizированных образцов.

Из полученных кривых видно, что со временем потенциал коррозии смещается в сторону отрицательных потенциалов. Это смещение характеризуется переходом стали из области устойчивой пассивности в область активно-пассивного перехода, то есть в область, в которой наблюдается МКК сенсibilizированной стали.

Влияние вибрации на скорость коррозии, выразившуюся в глубине МКК и во времени до разрушения образца при одинаковой амплитуде (для несенсibilizированных и сенсibilizированных образцов) весьма заметно. Действие среды резко сокращает число циклов до разрушения в сравнении с испытаниями образцов на воздухе.

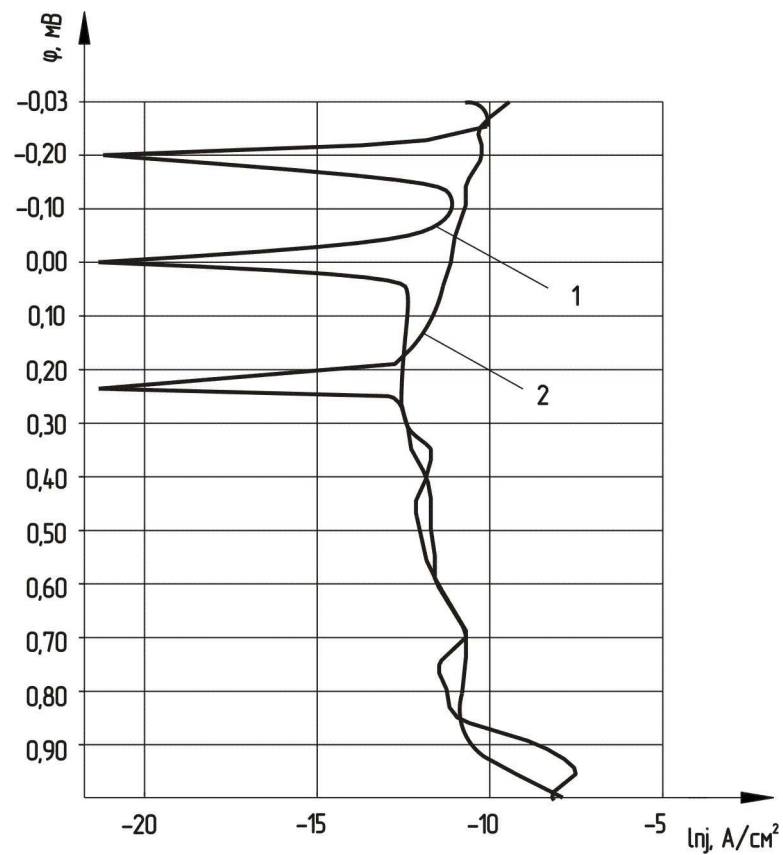


Рис. 2. Характер разрушения образцов: а – испытания на воздухе, б – испытания в коррозионной среде.

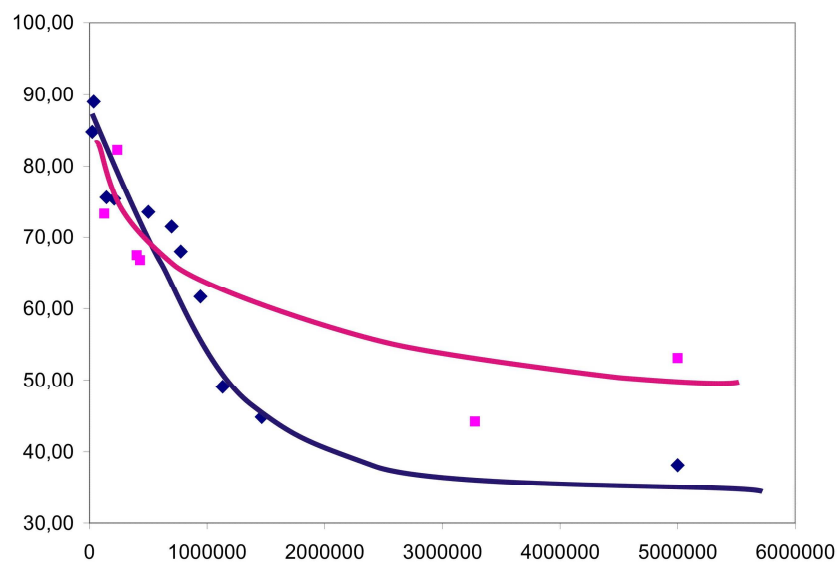


Рис. 3. Характер разрушения образцов: а – испытания на воздухе, б – испытания в коррозионной среде

Под влиянием среды меняется характер фраттографии изломов, показанных на рис 4.

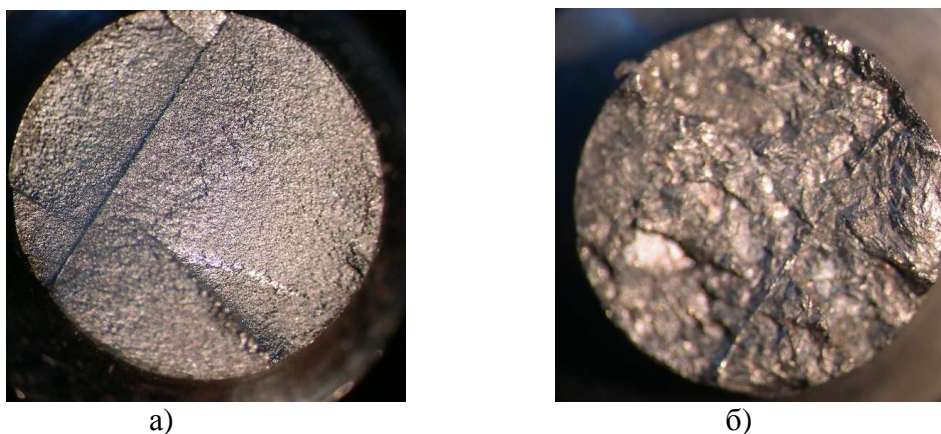


Рис. 4. Характер разрушения образцов: а – испытания на воздухе, б – испытания в коррозионной среде.

Фрактография показала, что участок зарождения трещины в образце, испытанном на воздухе, как правило один. От него распространяется складчатая зона усталостного излома и видна зона долома.

Среда способствует образованию нескольких зон зарождения трещин, далее трещины распространяются в различных плоскостях и затем имеются зоны долома. Вибрация может вызывать перерождение МКК в межкристаллитное коррозионное растрескивание. Вибрация может ускорять разрушение не только образцов подверженных МКК, но и образцов, подверженных межкристаллитному травлению. Обычно межкристаллитное травление допустимо при эксплуатации аппаратов. Согласно ГОСТ 6032-89 допускается межкристаллитное травление закаленных сталей в стандартном растворе метода АМУ глубиной до 40 мкм. Это коррозия несенсибилизированных сталей [4]. Однако даже эти 40 мкм могут явиться концентраторами и вследствие этого скорость коррозии под действием вибрации резко увеличится. Из рисунка рис.3 видно, что при больших напряжениях сенсибилизированные образцы разрушаются медленнее, чем закаленные. Это может объясняться тем, что при этих напряжениях нарушается цепочка карбидов по границам зерен и происходит своеобразная защита стали от МКК.

Металлографические исследования показали, что глубина МКК в образцах, подверженных вибрации равна 0,25 мм. Кроме того, чем больше амплитуда вибрации тем больше скорость коррозии МКК. Под скоростью МКК в данном случае имеется ввиду глубина МКК отнесенная ко времени до разрушения образца. При этом возможна ошибка, связанная с потерей массы образца (вывалившиеся кристаллы), то есть база от которой отсчитывается глубина МКК не одинаковая. Однако в первом приближении можно считать, что эта ошибка систематическая. Характер МКК образцов показан на рис. 5.

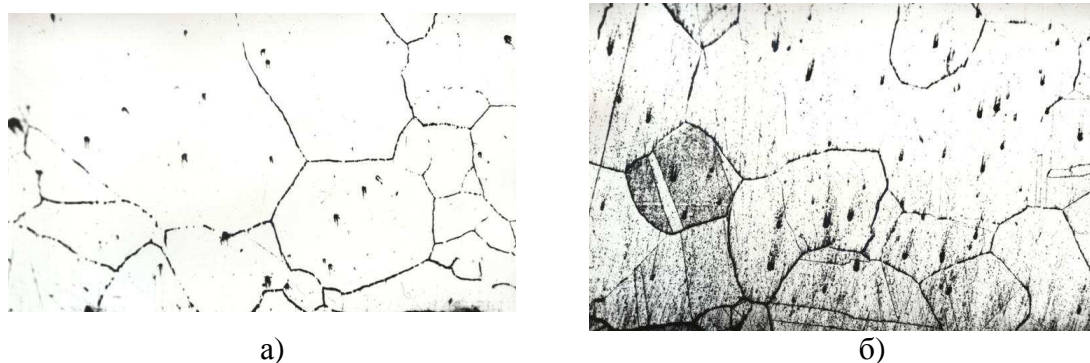


Рис. 5. Характер коррозии образцов ( $\times 100$ ): а – минимальная амплитуда вибрации, б – максимальная амплитуда вибрации

### **Выводы**

Основное влияние вибрации заключается в способствовании подвода среды к границам зерен внутри стали и отводе растворенных продуктов коррозии. При этом знакопеременные нагрузки способствуют еще расклинивающему эффекту Ребиндера. В этом случае межкристаллитное коррозионное растрескивание способствует развитию межкристаллитной коррозионной усталости.

Проведенные исследования показали, что вибрация может ускорять межкристаллитную коррозию стали 12Х18Н10Т. Особенно опасно то, что вибрация может вызывать межкристаллитное разрушение даже тогда, когда сталь подвержена обычно допустимому межкристаллитному травлению. В связи с этим явно недопустимыми являются напряжения от вибрации достигающие величины равной 68 МПа.

### **Литература**

1. Кузюков А.Н. Защита металлов, 1978, т. XIV, №4, С. 430-433
2. Кузюков А.Н. Влияние статических растягивающих напряжений на межкристаллитную коррозию аустенитных сталей. ФХММ, 1981, №2, С.107-108.
3. Кузюков А.Н., Левин И.А. Влияние антрахинона и его производных на межкристаллитную коррозию стали типа 18-8 в растворах серной кислоты./ Сб. НИИХИММАШ, №58, 1972, С. 73-77.
4. Кузюков А.Н. О видах межкристаллитного коррозионного разрушения металлов. ФХММ, 1993, №6, С.55-59.