

Научная статья

Original article

УДК 620.193



**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА
КОРРОЗИОННО–ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ
12X18H10T**

**THE EFFECT OF HIGH–ENERGY TREATMENT ON THE CORROSION–
ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF STEEL 12CR18NI10TI**

Борисова Елена Михайловна, канд. тех. наук, доцент ФГБОУ ВО
«Удмуртский государственный университет», РФ, г. Ижевск

Borisoва Elena Mikhailovna, candidate of Science, assistant professor, Udmurt
State University, Russia, Izhevsk

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрено электрохимическое поведение стали 12X18H10T, подвергнутой короткоимпульсному лазерному воздействию. Методом построения потенциодинамических анодных кривых проведено сравнение характеристик образцов, обработанных в разных режимах. Выявлено положительное влияние, рассмотрено изменение свойств в зависимости от параметров лазерного излучения.

ABSTRACT

The paper examines the electrochemical behavior of 12Cr18Ni10Ti steel subjected to short–pulse laser irradiation. The characteristics of samples processed in different modes were compared using the method of constructing potentiodynamic anodic curves.

A positive effect was revealed, and changes in properties depending on the parameters of laser radiation were considered.

Ключевые слова: легированная сталь, лазерная обработка, коррозионная стойкость.

Keywords: alloy steel, laser treatment, corrosion resistance.

Введение

Железо и железуглеродистые сплавы являются одним из самых распространенных конструкционных материалов, применяются в широком диапазоне эксплуатационных условий. Среди них можно выделить сталь марки 12X18H10T – сталь аустенитного класса, с процентным содержанием хрома 17÷19%, никеля 9÷11% и титана не более 0,8% [1]. Совокупность легирующих компонентов в указанном соотношении формирует набор свойств, определяющих широкое применение данной стали: коррозионная стойкость, высокая пластичность, достаточная прочность, качественная структура [2]. Условия эксплуатации изделий из данной стали характеризуются высокими температурами и высокими давлениями, воздействием агрессивных сред. Вводимый в состав титан приводит к некоторой стойкости против межкристаллитной коррозии. При этом стоит отметить, что при формировании карбидов хрома и выделении их по границам зерен снижается локальная стойкость к коррозии. Локальной коррозии, в том числе межкристаллитной и питтинговой, подвержены высоколегированные стали [3]. Особенности развития и роста точечных поражений вглубь металла приводят к снижению прочности, незаметному разрушению материала, и, как следствие, выходу оборудования из работы.

Проблема формирования локальных повреждений подтверждена различными методами в работах [4, 5]. Имеют место разнообразные способы улучшения функциональных свойств стали 12X18H10T [5 – 8], в том числе поверхностные, высокоэнергетические. В данной работе рассмотрена возможность повышения коррозионной стойкости стали 12X18H10T путем высокоэнергетического лазерного воздействия.

Объекты и методы

Для проведения исследований подготавливались образцы, представляющие собой пластины площадью 1 см^2 и толщиной $1 \div 2$ мм. Рабочая поверхность подвергалась шлифовке, полировке и обезжириванию этиловым спиртом в ультразвуковой ванне. К нерабочей поверхности припаивался токосъемник, после чего все нерабочие элементы изолировались лаком. Далее часть образцов обрабатывалась короткоимпульсным лазерным излучением с использованием оптоволоконного иттербиевого лазера с длиной волны $1,065 \text{ мкм}$. В ходе лазерного воздействия варьировались параметры излучения с целью определения влияния каждого из них на формирование защитного слоя на поверхности стали.

После подготовки поверхности все образцы исследовались методом снятия потенциодинамических кривых в нейтральной среде боратного буферного раствора с $\text{pH} = 7,4$ с использованием потенциостата Eco-Lab 2A-100. При проведении исследований предварительно образцы помещались в раствор и подвергались катодной поляризации с целью снятия поверхностного слоя, образовавшегося в результате хранения. В электрохимическую ячейку Э-7СФ помещались рабочий электрод, насыщенный хлорид-серебряный электрод сравнения и вспомогательный платиновый электрод. Скорость сканирования потенциала при снятии потенциодинамических кривых 2 мВ/с . Плотность тока I (мкА/см^2) приведена в расчете на видимую геометрическую поверхность электрода.

При обработке образцов по анализу ранее проводимых исследований выбраны следующие диапазоны изменения основных параметров излучения: мощность лазерного излучения $17,9 \div 30,5 \text{ Вт}$, скорость сканирования поверхности $400 \div 1200 \text{ мм/с}$, разрешение заливки $10 \div 20 \text{ лин/мм}$.

Результаты и выводы

Эффективность лазерной обработки оценивалась по величинам: анодного тока в области условного активного растворения, анодного тока в пассивной области и

потенциала перепассивации. Для всех обработанных образцов наблюдается улучшение указанных величин.

Предварительно результаты для всех образцов были разделены по параметрам мощности лазерного излучения (табл. 1). Согласно полученным данным в совокупности лучшие коррозионно–электрохимические свойства демонстрируют образцы, подвергнутые облучению с мощностью 30,5 Вт.

Таблица 1.

Анодные токи растворения образцов при двух фиксированных потенциалах в зависимости от мощности лазерного излучения

| Режим обработки | I_1 , мкА/см ² при $E = 0$ мВ | | I_2 , мкА/см ² при $E = +800$ мВ | | $E_{пп}$, мВ | |
|--------------------|---|---------|--|---------|---------------|---------|
| | 17,9 Вт | 30,5 Вт | 17,9 Вт | 30,5 Вт | 17,9 Вт | 30,5 Вт |
| 10 лин/м, 400 мм/с | 1,578 | 1,568 | 8,204 | 7,714 | 1135 | 1139 |
| 20 лин/м, 400 мм/с | 1,531 | 1,525 | 6,969 | 5,858 | 1143 | 1151 |
| 10 лин/м, 800 мм/с | 1,254 | 1,775 | 8,729 | 11,217 | 1135 | 1135 |
| 20 лин/м, 800 мм/с | 1,067 | 1,316 | 8,681 | 6,661 | 1126 | 1126 |

Дальнейшее сравнение проводилось для образцов с различным разрешением заливки. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Анодные токи растворения образцов при двух фиксированных потенциалах в зависимости от разрешения заливки

| Режим обработки | I_1 , мкА/см ² при $E = 0$ мВ | | I_2 , мкА/см ² при $E = +800$ мВ | | $E_{пп}$, мВ | |
|-------------------|---|----------|--|----------|---------------|----------|
| | 10 лин/м | 20 лин/м | 10 лин/м | 20 лин/м | 10 лин/м | 20 лин/м |
| 30,5 Вт, 800 мм/с | 1,775 | 1,316 | 11,217 | 6,661 | 1135 | 1126 |
| 30,5 Вт, 400 мм/с | 1,568 | 1,525 | 7,714 | 5,858 | 1139 | 1151 |

Для выбранных образцов с учетом полученных ранее результатов для мощности лазерного излучения можно отметить общее улучшение электрохимических показателей при разрешении заливки 20 лин/мм. Стоит также

отметить, что и для меньшей мощности лучшие характеристик наблюдаются при указанном значении разрешения заливки.

Последним варьируемым показателем для сравнения была выбрана скорость сканирования поверхности лазерным лучом. Для указанной мощности 30,5 Вт и разрешения заливки 20 лин/мм были выбраны значения скорости 400, 800 и 1200 мм/с. Полученные результаты представлены на рис. 1.

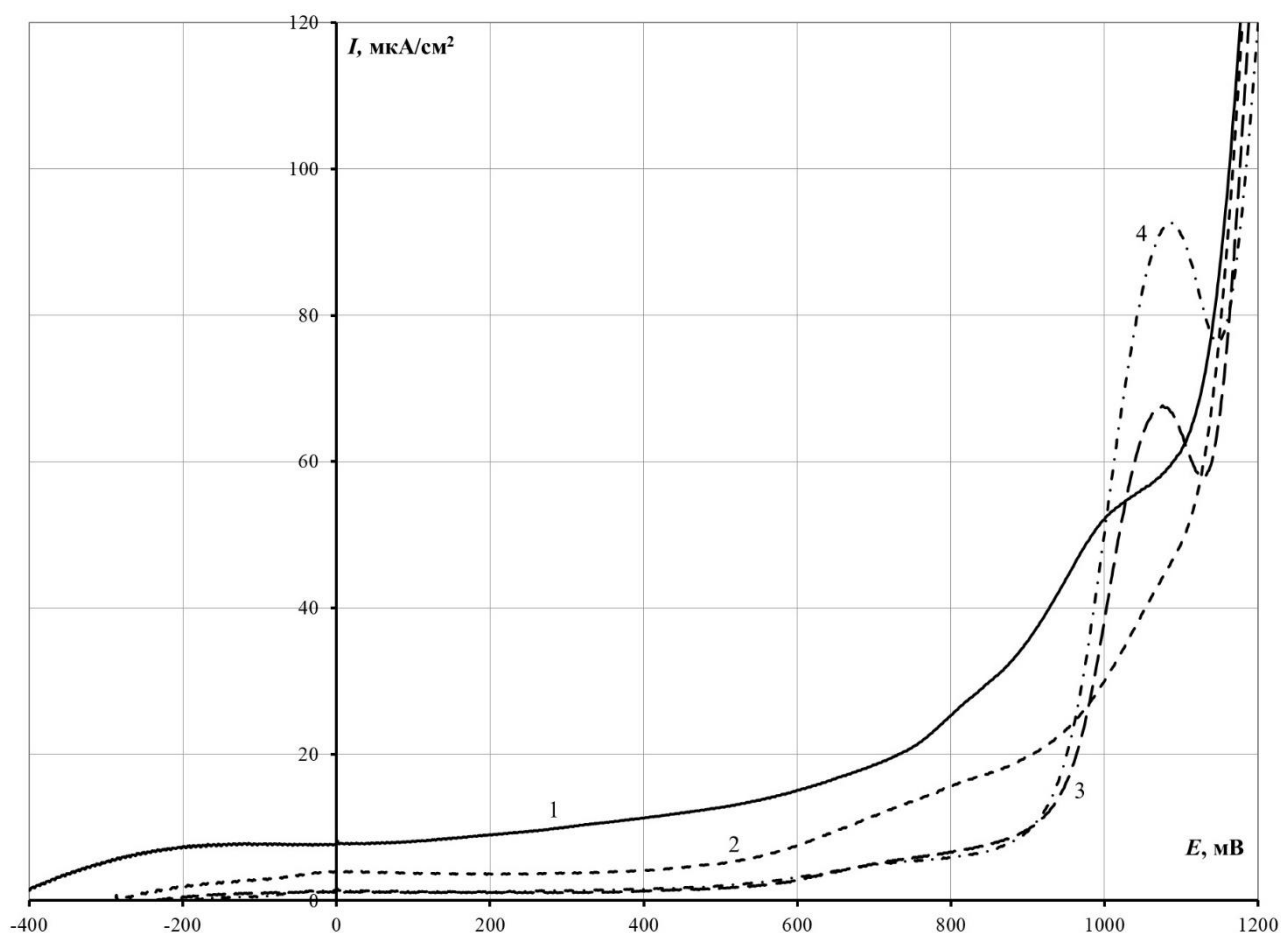


Рисунок 1. Потенциодинамические кривые образцов стали 12X18H10T в ББР с pH = 7,4: 1 – образец в исходном состоянии; 2, 3, 4 – образцы, подвергнутые лазерной обработке в различных режимах.

Согласно полученным потенциодинамическим кривым более значительное снижение анодных токов в области условно активного растворения и пассивного состояния наблюдается для образцов, обработанных со скоростью 800 мм/с (кривая 3) и 400 мм/с (кривая 4). Образец, подвергнутый обработке со скоростью 1200 мм/с

(кривая 2), также характеризуется уменьшением величин анодных токов, но меньше, чем выше указанные образцы. При этом следует обратить внимание, что кривые 3 и 4 имеют пики в области потенциала $E \approx 110$ мВ. Можно сделать предположение, что данные пики связаны с изменением состава и структуры поверхностного слоя стали 12X18H10T, выходом компонентов из объема сплава и образованием областей с повышенным содержанием одного или нескольких из них.

Таким образом, можно сделать вывод о положительном влиянии короткоимпульсной лазерной обработки на коррозионно–электрохимическое поведение стали 12X18H10T в нейтральной среде боратного буферного раствора, которое подтверждается снижением анодных токов, увеличением потенциала перепассивации. Повышение коррозионной стойкости наиболее вероятно обусловлено формированием на поверхности оксидной пленки, представляющей собой защитный антикоррозионный слой. Для большинства образцов наблюдаются пики при значении потенциала $E \approx 110$ мВ, что возможно связано с изменением состава и структуры поверхности и требует подтверждения путем проведения исследования методами электронной микроскопии.

Список литературы:

1. ГОСТ 5632–2014. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно–стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. Введ. 2015–01–15. М., 2015. 49 с.
2. Волков Г.М. Материаловедение: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Г.М. Волков, В.М. Зуев. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 400 с.
3. Томашов Н.Д., Чернова Г.П. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы. – М.: Металлургия, 1986. – 359 с.
4. Карбань О.В., Ладьянов В.И., Маклецов В.Г., Решетников С.М., Борисова Е.М. Применение сканирующей зондовой микроскопии при коррозионных исследованиях стали 12X18H10T в различных средах // Вестник Удмуртского университета. – 2014. – Вып. 2. – С. 5 – 12.

5. Рябошук С.В., Ковалев П.В. Анализ причин образования дефектов заготовок из стали 12X18H10T и разработка рекомендаций по их устранению // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2023. – Т.25. – №1. – С. 6–15.
6. Шушков А.А., Быков П.В., Воробьев В.Л., Вахрушев А.В., Баянкин В.Я., Суворов С.В. Влияние имплантации ионов алюминия на физико–механические свойства поверхностных слоёв нержавеющей стали 12X18H10T // Химическая физика и мезоскопия. – 2023. – Т.25. – №2 – С. 217 – 230.
7. Проскуряков В.И., Родионов И.В. Разработка технологии тонкослойного лазерного модифицирования хромоникелевой стали 12X18H10T // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2022. – №3 – С. 85 – 96.
8. Юров В.М., Бердибеков А.Т., Бельгибеков Н.А. Структурно–фазовый состав и свойства многофазных покрытий // Sciences of Europe. – 2021. – №68, – С. 40 – 45.

Bibliography:

1. GOST 5632–2014. Alloyed stainless steels and alloys are corrosion-resistant, heat-resistant and heat-resistant. Stamps. Enter. 2015–01–15. М., 2015. 49 p.
2. Volkov G.M. Materials science: a textbook for students. higher textbook establishments/ G.M. Volkov, V.M. Zuev. – М.: Publishing Center “Academy”, 2008. – 400 p.
3. Tomashov N.D., Chernova G.P. Theory of corrosion and corrosion-resistant structural alloys. – М.: Metallurgy, 1986. – 359 p.
4. Karban O.V., Ladyanov V.I., Makletsov V.G., Reshetnikov S.M., Borisova E.M. Application of scanning zone microscopy in corrosion studies of 12X18H10T steel in various environments // Bulletin of the Udmurt University. – 2014. – Issue. 2. – P. 5 – 12.
5. Ryaboshuk S.V., Kovalev P.V. Analysis of the causes of defects in workpieces made of steel 12X18H10T and development of recommendations for their elimination // Metal processing (technology, equipment, tools). – 2023. – Т.25. – No. 1. – P. 6–15.

6. Shushkov A.A., Bykov P.V., Vorobyov V.L., Vakhrushev A.V., Bayankin V.Ya., Suvorov S.V. The influence of implantation of aluminum ions on the physical and mechanical properties of the surface layers of stainless steel 12X18H10T // Chemical physics and mesoscopy. – 2023. – Т.25. – No. 2 – P. 217 – 230.
7. Proskuryakov V.I., Rodionov I.V. Development of technology for thin-layer laser modification of chromium-nickel steel 12X18H10T // News of higher educational institutions. Volga region. Technical science. – 2022. – No. 3 – P. 85 – 96.
8. Yurov V.M., Berdibekov A.T., Belgibekov N.A. Structural-phase composition and properties of multiphase coatings // Sciences of Europe. – 2021. – No. 68, – P. 40 – 45.

©Борисова Е. М.,2023 Научный сетевой журнал «Столтыпинский вестник» №6/2023.

Для цитирования: Борисова Е. М. ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КОРРОЗИОННО–ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЛИ 12X18H10T// Научный сетевой журнал «Столтыпинский вестник» №6/2023.