

УДК 669.14.018.8

ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 03X17H3Г9МБДЮЧ ПРИ НАГРЕВЕ И ОХЛАЖДЕНИИ

ЕВСЕЕВА Н. А.¹ *к.т.н, доц.*,
МИЩЕНКО В. Г.² *д.т.н., проф.*

¹ кафедра двигателей внутреннего сгорания, Запорожский национальный технический университет, ул. Жуковского, 64, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38(061)76 42506, e-mail: korskovanat@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4782-829X

² кафедра прикладной физики, Запорожский национальный университет, ул. Жуковского, 66, 69063, Запорожье, Украина, тел. +38(061)287 5500, e-mail: mishchen@yandex.ua

Аннотация. Целью работы является анализ фазового состояния стали 03X17H3Г9МБДЮЧ и влияние температуры эксплуатации на механические свойства, жаропрочность и коррозионную стойкость. **Материал.** Исследованы образцы жаропрочной коррозионностойкой стали 03X17H3Г9МБДЮЧ (патент Украины №100650). **Методика.** Исследование распределения легирующих элементов проводили на растровом электронном микроскопе РЕМ-106И, оснащённом системой рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа при ускоренном напряжении 20кВ во вторичных электронах. **Результаты.** Установлено, что объёмные доли аустенитной и ферритной фаз зависят от соотношения легирующих элементов в составе разработанной стали. Рентгеноспектральным микроанализом (РСМА) показано распределение аустенитообразующих и ферритообразующих элементов в коррозионностойкой стали 03X17H3Г9МБДЮЧ. **Практическая значимость.** Установлено, что в стали 03XH3Г9МБДЮЧ при высоких температурах эксплуатации преобладает аустенитная структура, это способствует сохранению ее прочности, а следовательно долговечности реакторов.

Ключевые слова: структура; коррозионностойкая сталь; аустенит; феррит.

ЗМІНА ФАЗОВОГО СТАНУ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ 03X17H3Г9МБДЮЧ ПРИ НАГРІВАННІ І ОХОЛОДЖЕННІ

ЕВСЕЄВА Н. О.¹ *к.т.н, доц.*,
МІЩЕНКО В. Г.² *д.т.н., проф.*

¹ кафедра двигунів внутрішнього згорання, Запорізький національний технічний університет, вул. Жуковського, 64, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38(061)76 42506, e-mail: korskovanat@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4782-829X

² кафедра прикладної фізики, Запорізький національний університет, ул. Жуковського, 66, 69063, Запоріжжя, Україна, тел. +38(061)287 5500, e-mail: mishchen@yandex.ua

Анотація. Мета. Аналіз фазового стану сталі 03X17H3Г9МБДЮЧ і вплив температури експлуатації на механічні властивості, жароміцність і корозійну стійкість. **Методика.** Досліджено зразки жароміцної корозійностійкої сталі 03X17H3Г9МБДЮЧ (патент України №100650). **Результати.** Досліджено розподіл легуючих елементів проводили на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106И, оснащеному системою рентгеноспектрального енергодисперсійного мікроаналізу при прискореної напрузі 20кВ во вторичних електронах. Рентгеноспектральним мікроаналізом (РСМА) показано розподіл аустенітоутворюючих і ферритоутворюючих елементів в корозійностійкої сталі 03X17H3Г9МБДЮЧ. **Практична значимість.** Встановлено, що сталі 03XH3Г9МБДЮЧ при високих температурах експлуатації переважає аустенітна структура, це сприяє збереженню її міцності, а отже довговічності реакторів.

Ключові слова: структура; корозійностійка сталь; аустеніт; ферит

THE PHASE CHANGE CORROSION RESISTANT STEEL 03X17H3Г9МБДЮЧ DURING HEATING AND COOLING

EVSEEVA N. A.¹ *Ph. D., Assos. prof.*,
MISHCHENKO V. G.² *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

Annotation. Purpose. The analysis of the phase state of steel 03X17H3Г9МБДЮЧ and influence of operation temperature on the mechanical properties, heat resistance and corrosion resistance. **Methodology.** Samples of high-temperature corrosion resistant steel 03X17H3Г9МБДЮЧ (patent UA №100650). **Findings.** The study of the distribution of alloying elements was carried out on scanning electron microscope РЕМ-106I, equipped with a system of x-ray energy dispersive microanalysis at an accelerated voltage 20kV secondary electrons. X-ray microanalysis (RSMA) shows the distribution austenituous and ferrititious elements in stainless

steel 03X17H3Г9МБДЮч. *Practical value.* Established in 03XНЗГ9МБДЮч steel at high temperatures of operation is dominated by austenite structure, this helps to preserve its strength and hence the durability of the reactors.

Keywords: structure; stainless steel; austenite; ferrite

Введение

Титан является конструкционным материалом и основой высокопрочных сплавов для авиации, судостроения и атомной энергетики. При этом основой получения титана остаются неудовлетворительные характеристики коррозионноустойчивых сталей и сплавов, применяемых в качестве материала для реакторов магнетермического производства губчатого титана. Повышение физико-механических характеристик этих материалов можно достичь путем многокомпонентного легирования [1-3].

Цель

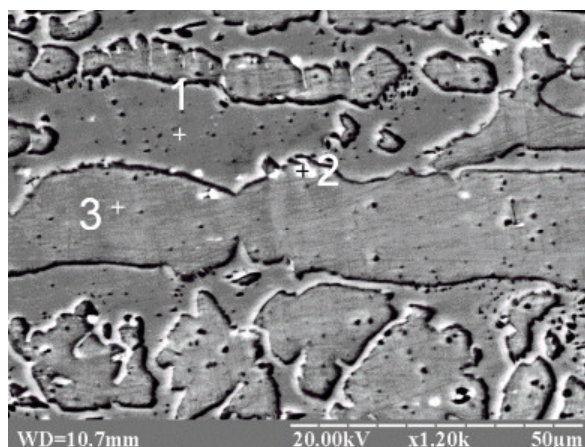
Целью данной работы является анализ фазового состояния стали 03X17H3Г9МБДЮч и влияние температуры эксплуатации на механические свойства, жаропрочность и коррозионную стойкость.

Материал

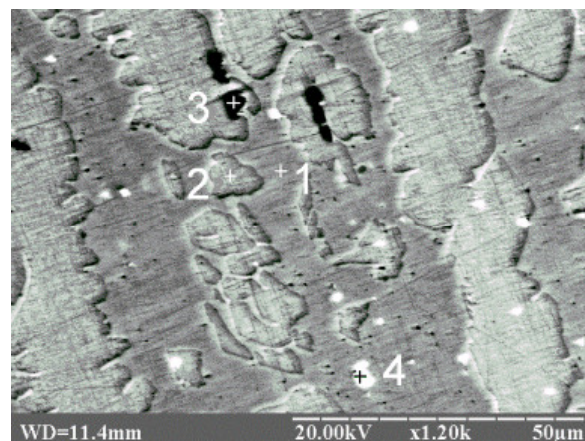
Исследованы образцы жаропрочной коррозионноустойчивой стали 03X17H3Г9МБДЮч (патент Украины №100650).

Методика и результаты

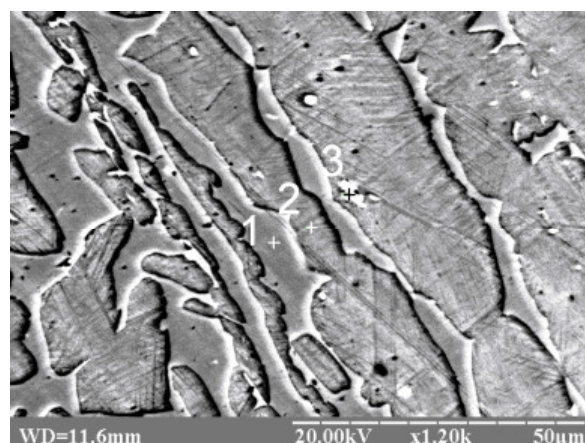
Для получения результата образцы подвергали термической обработке при 200°C, 800°C, 900°C, 1050°C в течении 5 мин. и охлаждению на воздухе. Перед проведением эксперимента образцы шлифовали, полировали и травили химическим способом в реактиве для титана: HF - 20 мл, HNO₃ - 20 мл, вода – 60 мл. Время травления 2...8 мин в зависимости от температуры термообработки. Исследование распределения легирующих элементов проводили на растровом электронном микроскопе REM-106И, оснащённом системой рентгеноспектрального энергодисперсионного микроанализа при ускоренном напряжении 20кВ во вторичных электронах. Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) выполнен при сравнении полученных спектрограмм с эталонами, которые записаны в базе компьютера. Точность определения элементов спектрометром находится на уровне 0,1%(мас.). Распределение химических элементов по объёму образца определяем по центральной оси в вертикальных и горизонтальных сечениях, выбранных характерных точках исследованного образца (рис.1).



a



б



в

Рис. 1 – Микроструктура стали 03X17H3Г9МБДЮч после закалки: а – 800 °С; б – 900 °С; в – 1050 °С. / Microstructure of the steel 03X17H3Г9МБДЮч after quenching: а – 800 °С; б – 900 °С; в – 1050 °С.

Результат

Установлено, что объемные доли аустенитной и ферритной фаз зависят от соотношения легирующих элементов в составе разработанной стали. Рентгеноспектральным микроанализом (РСМА) показано распределение аустенитообразующих и ферритообразующих элементов в коррозионностойкой стали 03X17H3Г9МБДЮч, а структурные составляющие отличаются по интенсивности окрашивания, что свидетельствует об изменении химического состава фаз. Особый интерес представлен участками с неравномерно окрашенной областью в стали. На фазовый состав стали, главным образом, влияет содержание аустенитообразующих и ферритообразующих элементов. Состав легирующих элементов по объему образца определяли по центральной оси в вертикальных и горизонтальных сечениях, выбирая характерные точки исследованного образца (рис. 1).

Микроструктура исследованной стали представляет собой зерна аустенита с включениями ферритной составляющей. После закалки структура стали 03X17H3Г9МБДЮч представляет собой измельченные зерна аустенита и образованные небольшие колонии феррита в интервале от 200°C до 800°C. Рост зерен с однородной структурой наблюдали при 900...1050°C, что обусловлено $\alpha \rightarrow \gamma$ превращением. Закалка с 1050°C способствовала значительному укрупнению зерен аустенита, который образуется в результате собирательной рекристаллизации и отличается наибольшей устойчивостью, обеспечивая повышение прочности стали при высоких температурах. В зоне равномерно окрашенного металла содержание основных легирующих элементов находится в пределах

заданного химического состава, а интенсивно окрашенные участки указывают на некоторую неравномерность стали по химическому составу. Результаты расшифровки спектрограмм показывают, что в области интенсивной окраски образца проявляется повышенная концентрация ферритообразующих элементов: Al, Mo, Nb, La, Ce, что явилось результатом кристаллизации слитка (рис. 2).

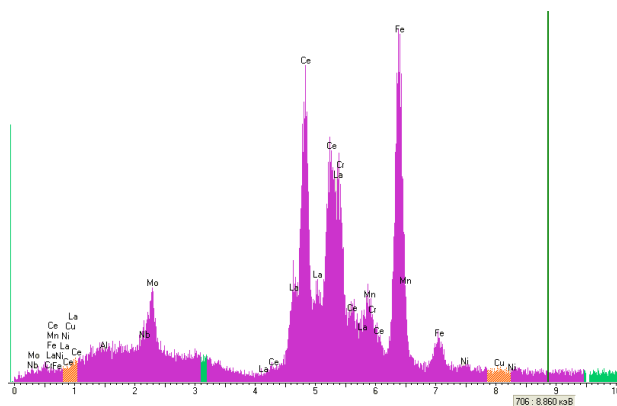


Рис. 2 – Спектрограмма распределения легирующих элементов стали 03X17H3Г9МБДЮч. / Spectrogram distribution of alloying elements in steel 03X17H3Г9МБДЮч

Выводы

Установлено, что в стали 03XН3Г9МБДЮч при высоких температурах эксплуатации преобладает аустенитная структура, это способствует сохранению ее прочности, а следовательно долговечности реакторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Титан / [В. А. Гармата и др.]. – М.: Metallurgija, 1983. – 559 с.
2. Metallurgija titana / [В. А. Гармата, Б. С. Гуляницкий, В. Ю. Крамник и др.]. – М.: Metallurgija, 1968. – 643 с.
3. Мищенко В. Г. Анализ физико-химического взаимодействия компонентов стали со средой восстановительного процесса получения титана / В. Г. Мищенко, Н. А. Евсеева // Вісник двигунобудування. – 2009. – № 2. – С. 120–122.

REFERENCES

1. Garmata V.A. *Titan* [Titan]. Moscow: Metallurgija, 1983, 559 p.
2. Garmata V.A., Guljanitskij B.S., Kramnik V.Yu. *Metallurgija titana* [Metallurgy of titan]. Moscow: Metallurgija, 1968, 643 p.
3. Mishchenko V.G., Evseeva N.A. *Analiz fiziko-chimicheskogo vzaimodejstvija komponentov stali sop sredoj vosstanovitel'nogo processa polutchenija titana* [Analysis of the physicochemical interaction of steel components with the environment of the reduction process for the production of titanium]. *Visnyk dvygunobuduvannja* [Herald of Engine Building]. 2009, no. 2, pp.120-122. (in Ukrainian).

Статья рекомендована к публикации д-рами техн. наук, В.И. Большаковым и Д.В. Лаухиным (Украина)