

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики твердого тела

БЕТАНОВ
Иван Андреевич

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ, ПОДВЕРГНУТОЙ
ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ
ПОТОКОВ

Дипломная работа

Научный руководитель:
кандидат физико-математических
наук, доцент
Н.Н.Черенда

Допущен к защите
« ___ » _____ 2020г.
Зав. кафедрой физики твердого тела
Профессор, доктор физ.-мат. наук
Углов Владимир Васильевич

МИНСК, 2020

Реферат

Дипломная работа 60 с.; 41 рис.; 5 табл.; 22 источников.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ, ПОДВЕРГНУТОЙ ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ.

Цель работы - исследование структуры и свойств поверхностного слоя аустенитной нержавеющей стали марки X18H10T после воздействия компрессионными плазменными потоками.

Методы исследования – рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия, измерение микротвердости по методу Виккерса, профилометрия.

Установлено, что уменьшение массы образцов стали X18H10T при обработке компрессионными плазменными потоками линейно пропорционально количеству импульсов. Основным механизмом эрозии является гидродинамическое течение расплава под действием давления плазменного потока. Среднее значение массы, удаленной с 1 см^2 поверхности за импульс составляет 4,5 мг, что больше, чем для сопутствующих образцов АРМКО-железа – $0.6 \text{ мг/см}^2/\text{имп.}$ Большая величина эрозии стали по сравнению с армко-железом может быть связана с меньшей температурой плавления и меньшей вязкостью расплава стали.

Обнаружено, что увеличение количества импульсов приводит к росту в поверхностном слое стали толщиной $\sim 1 \text{ мкм}$ (толщина зондируемого слоя) содержания кислорода (в 2.6 раза), алюминия (в 4.5 раза) и титана (в 1.3 раза). Это сопровождается формированием на поверхности островковой пленки в виде поверхностных образований круглой формы. Независимо от количества импульсов, средний диаметр этих образований составляет около 2 мкм. С увеличением количества импульсов происходит увеличение площади пленки. Согласно данным рентгеноструктурного анализа основной кристаллической фазой пленки является TiO_2 . Формирование пленки является результатом взаимодействия элементов стали со средой остаточной атмосферы вакуумной камеры.

Обнаружено, что на поверхности стали после плазменного воздействия возникает ячеистая структура, которая может быть обусловлена преимущественным ростом кристаллов в условиях сверхбыстрого охлаждения.

Было установлено, что в стали X18H10T после 1 импульса воздействия происходит уменьшение микротвердости во всем диапазоне нагрузок, что обусловлено растворением фазы $\alpha\text{-Fe}$, присутствующей в исходном образце. С увеличением количества импульсов происходит увеличение микротвердости, что может быть связано с ростом пленки TiO_2 .

Summary

Graduate work contains 60 pages, 41 pictures, 5 sheets and 22 sources.

STRUCTURE AND PROPERTIES OF AUSTENITIC STAINLESS STEEL TREATED BY HIGH-TEMPERATURE PLASMA FLOWS.

Investigations of the structure and properties of austenitic stainless steel surface layer treated by compression plasma flows were main aims of this work.

X-ray diffraction analysis, scanning electron microscopy, Vickers microhardness measurements and surface profilometry were used as investigation techniques.

It was found that stainless steel samples mass decrease after compression plasma flows treatment is linearly proportional to the number of pulses. Hydrodynamic motion of the melt under pressure of plasma flow was the main erosion mechanism. For the austenitic stainless steel the average value of mass removed from 1 cm² of surface per one pulse was 4,5 milligram for the ARMCO-iron this value was 0,6 milligram. Greater erosion value for stainless steel being compared with iron can be explained by lower melting temperature and lower viscosity of steel melt.

The increase of pulses number led to the growth of the oxygen content (in 2.6 times), aluminum content (in 4.5 times) and titanium content (is about 1.3 times) in the surface layer of austenitic steel with the depth of ~ 1 micrometer. Change of element composition was accompanied by the growth of the island film containing components of a circular shape. Mean diameter of these components was 2 micrometers independently of the pulses number. The growth of film surface area occurred with the increase of pulses number. TiO₂ was the main crystalline phase of the film according to the data of X-ray analysis. Interaction of steel alloying elements with the residual atmosphere of the vacuum chamber after treatment was the main reason of film formation.

Formation of the cellular structure on the steel surface was found after plasma treatment. This structure may appear due to preferred grow of crystals under ultrafast cooling.

It was found that the microhardness of X18H10T steel decreased over the entire load range after 1 pulse of treatment. Dissolution of the α -Fe phase presented in the initial sample could be the main reason of this effect. Further number of pulses growth led to microhardness increase due to the growth of TiO₂ film.

Рэферат

Дыпломная праца 60 з .; 41 мал .; 5 табл .; 22 крыніц.

СТРУКТУРА І ЎЛАСЦІВАСЦІ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛІ, ПАДВЕРГНУТАЙ УДЗЕЯННЮ ВЫСОКАТЭМПЕРАТУРНЫМ ПЛАЗМЕННЫМ ПАТОКАМ.

Мэта работы - даследаванне структуры і уласцівасцяў павярхоўнага пласта аустенитной нержавеючай сталі маркі Х18Н10Т пасля ўздзеяння кампрэсійнымі плазменнымі патокамі.

Метады даследавання - рэнтгенаструктурны аналіз, растрвая электронная мікраскапія, вымярэнне мікрацвердасці па метадзе Віккерса, трыбалагічныя выпрабаванні.

Было выяўлена, што сталь Х18Н10Т змяшчае α -Fe. Ўздзеянне кампрэсійнымі плазменнымі патокамі прыводзіць да яе растварэння ў павярхоўным пласце, што можа быць звязана з больш аднастайным размеркаваннем легіруючых элементаў - хрому і нікеля.

Паказана, што памяншэнне масы узораў пры апрацоўцы кампрэсійнымі плазменнымі патокамі лінейна прапарцыяна колькасці імпульсаў. Асноўным механізмам эрозіі з'яўляецца гідрадынамічнае працяжванне расплаву пад дзеяннем ціску плазменнага патоку. Сярэдняе значэнне масы, выдаленай з 1 см² паверхні за імпульс складае 4,5 мг, што больш, чым для спадарожных абразцоў АРМКО-жалеза - 0.6 мг / см² / імп.

Выяўлена, што павелічэнне колькасці імпульсаў прыводзіць да росту ў павярхоўным пласце сталі таўшчынёй ~ 1 мкм (таўшчыня зондыруемага пласта) ўтрымання кіслароду (у 2.6 разы), алюмінія (у 4.5 разы) і тытана (у 1.3 разы). Гэта суправаджаецца фарміраваннем на паверхні астрауковай плёнкі ў выглядзе паверхневых утварэнняў круглай формы. Незалежна ад колькасці імпульсаў, памеры гэтых утварэнняў складаюць каля 2 мкм. З павелічэннем колькасці імпульсаў адбываецца павелічэнне колькасці гэтых утварэнняў, то ёсць павелічэнне плошчы плёнкі. Асноўнымі элементамі плёнкі з'яўляюцца кісларод і тытан. Паводле дадзеных рэнтгенаструктурнага аналіза асноўны крышталічнай фазай плёнкі з'яўляецца TiO₂.

Таксама было адзначана, што на паверхні сталі ўзнікае ячэйстая структура, якая можа быць абумоўлена пераважным ростам крышталяў ва ўмовах звышхуткага астуджэння.

Было ўстаноўлена, што ў сталі Х18Н10Т пасля 1 імпульсу ўздзеяння адбываецца памяншэнне мікротвердасці ва ўсім дыяпазоне нагрузак, што можа быць звязана з растварэннем фазы α -Fe, прысутнай у зыходным узоры. З павелічэннем колькасці імпульсаў адбываецца павелічэнне мікротвердасці, што можа быць звязана з ростам плёнкі TiO₂.