

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твердого тела

УДК 539.21

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И
ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОНСТРУКЦИОННОЙ
СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ АТОМАМИ ХРОМА И
МОЛИБДЕНА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ**

Студента VI курса
Дзагнидзе Георгия Михайловича

Научный руководитель
доктор физ.-мат. Наук
член-корреспондент НАН
Беларуси
заместитель директора ИТМО
НАН Беларуси
Асташинский Валентин
Миронович

Рецензент
профессор
доктор физ.-мат. наук
доцент кафедры ядерной физики
физического факультета БГУ
Чернявская Элина Александровна

«ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ»

Зав. кафедрой физики твердого тела

Профессор _____ В. В. Углов

« ____ » _____ 2018г.

МИНСК 2018

Реферат

Дипломная работа с. 53; рис.28; табл.4; источников17.

СТАЛЬ СТ3, ХРОМ, МОЛИБДЕН, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОТОКИ, СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Цель работы: изучить структурно-фазовое состояние и трибологические свойства конструкционной стали Ст3, легированной атомами хрома и молибдена под действием компрессионного плазменного потока.

Методы исследования: рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ, измерение микротвердости по методу Виккерса, трибологические испытания.

В ходе выполненной экспериментальной работы установлено, что воздействие компрессионных плазменных потоков на систему (Mo,Cr)/сталь с плотностью поглощенной энергии 10-31 Дж/см² приводит к плавлению покрытия и поверхностного слоя стали и последующей его кристаллизации в условиях быстрого охлаждения. В результате происходит формирование поверхностного слоя стали, легированного атомами хрома и молибдена. Увеличение энергии облучения путем сокращения расстояния до катода как и увеличение количества импульсов позволяет получить более равномерное перемешивание за счет увеличения времени протекания конвективных потоков в расплаве, обеспечивающих массоперенос. С увеличением плотности поглощенной энергии и количества импульсов происходит уменьшение концентрации легирующих элементов.

В легированном слое происходит формирование метастабильной фазы γ -Fe. При легировании происходит смещение дифракционных линий α -Fe в область меньших углов, что говорит об увеличении параметра решетки, и формировании твердого раствора замещения с легирующими элементами. Перемешанный слой, сформированный в ходе обработки, состоит из двух зон. Непосредственно у облучаемой поверхности образца формируется равномерная зона с ячеистой структурой. Нижележащая зона содержит пластинчатые структуры, ориентированные под различными углами к поверхности и является менее однородной ввиду того, что в определенных точках сохранялась температура достаточная для плавления перлита, но недостаточная для плавления α -Fe.

Результаты эксперимента показали, что легирование приводит к увеличению микротвердости поверхностного слоя стали. Наибольшая микротвердость (692.69 Нv) обнаружена при воздействиях пятью импульсами плотности энергии 15 Дж/см². Увеличение микротвердости приводит к увеличению стадии приработки при трибологических испытаниях.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых конкурентоспособных энергосберегающих плазменных технологий, обеспечивающих существенное улучшение эксплуатационных характеристик различных деталей и узлов.

Рэферат

Дыпломная праца. 53; мал. 28; табл. 4; сродкаў 17.

СТАЛЬ СТ3, ХРОМ, МАЛІБДЭН, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПАТОКИ, СТРУКТУРНЫХ-ФАЗАВАЕ ПЕРАТВАРЭННЕ, МЕХАНІЧНАЯ ЎЛАСЦІВАСЦІ.

Мэта працы: даследаваць структура-фазавы стан і трыбалагічныя ўласцівасці канструкцыйнай сталі Ст3, легаванай атамамі хрому і малібдэна пад дзеяннем кампрэсійнага плазменнага патоку.

Метады даследавання: рэнтгенаструктурны аналіз, растрвая электронная мікраскапія, рентгенаспектральны мікрааналіз, вымярэнне мікротвердасці па метады Віккерса, трыбалагічныя выпрабаванні.

У ходзе выкананай эксперыментальнай работы ўстаноўлена, што ўздзеянне кампрэсійных плазменных патокаў на сістэму (Mo, Cr) / сталь з шчыльнасцю паглынутай энергіі 10-31 Дж/см² прыводзіць да плаўлення пакрыцця і павярхоўнага пласта сталі і наступнай яго крышталізацыі ва ўмовах хуткага астуджэння. У выніку адбываецца фарміраванне павярхоўнага пласта сталі, легаванай атамамі хрому і малібдэна. Павелічэнне энергіі апрамянення шляхам скарачэння адлегласці да катода як і павелічэнне колькасці імпульса ўдазваляе атрымаць больш раўнамернае перамешванне за кошт павелічэння часу праходжання канвектыўных патокаў у расплаве, якія забяспечваюць масаперанос. З павелічэннем шчыльнасці паглынутай энергіі і і колькасці імпульсаў адбываецца памяншэнне канцэнтрацыі легіруючых элементаў.

У легіраваным пласце адбываецца фарміраванне метастабільнай фазы γ -Fe. Пры легіраванні адбываецца зрушэнне дыфракцыйных ліній α -Fe ў вобласць меншых кутаў, што кажа аб павелічэнні параметру рашоткі, і фарміраванні цвёрдага раствора замяшчэння з легіруючых элементаў. Перамяшаны пласт, сфармаваны пад час апрацоўкі, складаецца з двух зон. Непасрэдна ў апраменьванай паверхні фармуецца раўнамерная зона з ячэйстай структурай. Ніжэй легкую зону змяшчаюць пласціністыя структуры, арыентаваныя пад рознымі кутамі да паверхні. Ніжэй легкая зона з'яўляецца менш аднароднай з прычыны таго, што ў пэўных кропках захоўвалася тэмпература, дастатковая для плаўлення перліту, але недастатковая для плаўлення α -Fe.

Вынікі эксперыменту паказалі, што легіраванне прыводзіць да павелічэння мікротвердасці павярхоўнага пласта сталі. Найбольшая мікротвердасць (692.69 Hv) выяўленая пры ўздзеянні пяццю імпульсам і шчыльнасці энергіі 15 Дж/см². Павелічэнне мікротвердасці прыводзіць да павелічэння стадыі рызаробкі пры трыбологічных выпрабаваннях.

Атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны для распрацоўкі новых канкурэнтаздольных энергазберагальных плазменных тэхналогій, якія забяспечваюць істотнае паляпшэнне эксплуатацыйных характарыстык розных дэталей і вузлоў.

Essay

Graduate work p. 53; fig. 28; table.4; sources 17.

ST3 STEEL, CHROME, MOLYBDENUM, COMPRESSION PLASMA STREAMS, STRUCTURAL-PHASE TRANSFORMATIONS, MECHANICAL PROPERTIES.

Objective: to study the structural-phase state and tribology properties of the construction steel of St3 mark, alloyed by the atoms of chrome and molybdenum under the impact of compression plasma stream.

Research methods: X-ray diffraction analysis, raster electronic microscopy, X-ray microanalysis, measuring of microhardness on the method of Vickers, tribology tests.

It is set, during the executed experimental work, that the effect of compression plasma flows on a system (Mo, Cr)/steel with an absorbed energy density of 10-31 J/cm² leads to the melting of the coating and the surface layer of steel and its subsequent crystallization under rapid cooling conditions. As a result, a surface layer of steel doped with chromium and molybdenum atoms is formed. An increase in the irradiation energy by reducing the distance to the cathode as well as an increase in the number of pulses makes it possible to obtain a more even mixing due to an increase in the time of flow of convective flows in the melt that ensure mass transfer. With increasing density of absorbed energy and number of pulses, the concentration of alloying elements decreases.

In the doped layer, the metastable γ -Fe phase forms. When doping occurs, the diffraction lines of α -Fe move to a region of smaller angles, indicating an increase in the lattice parameter and the formation of a solid solution of implantation with doping elements. The mixed layer formed during the treatment consists of two zones. Directly at the irradiated surface of the sample a uniform zone with a honeycomb structure is formed. The underlying zone contains lamellar structures oriented at different angles to the surface and is less uniform due to the fact that a temperature sufficient for the melting of perlite, but insufficient for the melting of α -Fe was retained in a certain areas.

The results of the experiment showed that doping leads to an increase in the microhardness of the surface layer of steel. The highest microhardness (692.69 Hv) was detected when exposed to five pulses of an energy density of 15 J/cm². The increase in microhardness leads to an increase in the run-in stage during tribological tests.

The obtained results can be used to develop new competitive energy-saving plasma technologies that provide a significant improvement in the performance characteristics of various parts and assemblies.