

Министерство образования Республики Беларусь  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.78  
№ госрегистрации 20081205  
Инв. № \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Д.О. Глухов  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г.

**ОТЧЕТ**  
**О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

**«ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ  
ТЕПЛОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ (ЗАДАНИЕ 1.43 П.15)»**

(заключительный)  
ГБ 0328

Начальник НИС

\_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г.

А.В. Кулеш

Руководитель НИР, д.т.н.

\_\_\_\_\_  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2010г.

Н.Н. Попок

Новополоцк, 2010

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель темы, главный научный сотрудник, д-р техн. наук	_____2010г. «__»_____2010г.	Н.Н. Попок (введение, раздел 3,4, заключение )
Исполнители темы: Старший научный сотрудник, чл.-корр. НАН Б	_____2010г. «__»_____2010г.	А.В. Белый (раздел 1,2,4)
Старший научный сотрудник, д-р техн. наук	_____2010г. «__»_____2010г.	В.А. Кукареко (раздел 1,2,3)
Старший научный сотрудник, канд. техн. наук	_____2010г. «__»_____2010г.	В.Н. Алехнович (раздел 4)
Ведущий инженер	_____2010г. «__»_____2010г.	В.В. Кравченко (раздел 4)
Инженер	_____2010г. «__»_____2010г.	С.В. Дербуш (раздел 3)
Инженер	_____2010г. «__»_____2010г.	Л.С. Логунова (раздел 1,2)
Нормоконтроль	_____2010г. «__»_____2010г.	Л.В. Дмитриченко

## РЕФЕРАТ

Отчет: 62 1 с., 24 рис., 8 табл., 30 источников, 1 прил.

### ТЕПЛОСТОЙКИЕ СТАЛИ, ИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА, СТРУКТУРА, ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Объектом исследования является ионно-лучевая обработка, структура и триботехнические свойства упрочненных теплостойких сталей.

Целью работы является улучшение структуры и триботехнических свойств теплостойких сталей путем ионно-лучевой обработки. Разработаны методики исследования структурно-фазового состояния, микротвердости и триботехнических свойств теплостойких сталей с ионно-модифицированными поверхностными слоями, проведены исследования структуры и фазового состава упрочненных сталей марок 12ХМ, 12ХМФ, 12Х18Н10Т, 15Х1М1Ф, установлено влияние температуры и плотности тока ионно-вакуумного азотирования на свойства упрочненных сталей, осуществлена модернизация ионно-вакуумной установки, разработаны технологические основы ионно-лучевой обработки теплостойких сталей.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1. Методика исследования структурно-фазового состояния теплостойких сталей с ионно-модифицированными поверхностными слоями .....	7
1.1 Анализ фазового состава .....	7
1.2 Качественный фазовый анализ .....	8
1.3 Определение периода кристаллической решетки .....	10
1.4 Рентгенографический метод оценки толщины эффективно рассеивающего слоя ...	11
1.5 Определение размера областей когерентного рассеяния – метод аппроксимации ..	13
1.6 Методика расчета величины физического уширения рентгеновских дифракционных линий .....	15
2. Методики исследования микротвердости и триботехнических свойств теплостойких сталей с ионно-модифицированными поверхностными слоями .....	23
2.1 Измерение микротвердости .....	23
2.2 Методика триботехнических испытаний .....	26
2.2.1 Аппаратура .....	26
2.2.2 Подготовка образцов .....	28
2.2.3 Настройка усилителя тензометрического динамометра .....	28
2.2.4 Проведение испытаний .....	28
3. Исследование структурно-фазового состояния и триботехнических свойств теплостойких сталей, обработанных интенсивными потоками ионов азота .....	30
3.1 Исследование структуры и фазового состава упрочненных сталей марок 12ХМ, 12ХМФ, 12Х18Н10Т, 15Х1М1 .....	30
3.2 Исследование влияния температуры азотирования на свойства упрочненных сталей .....	35
3.3 Исследование влияния плотности тока процесса ионно-лучевой обработки на свойства упрочненных сталей .....	41
3.4 Исследование коррозионной стойкости ионно-модифицированных теплостойких сталей .....	46
4. Модернизация вакуумной установки и технологические основы ионно-лучевой обработки .....	50
Заключении .....	55
Список использованных источников .....	57
Приложение А Эскизные чертежи ионного источника .....	59

### Список использованных источников

1. Русаков А.А. Рентгенография металлов. - М.: Атомиздат, 1977. - 480 с.
2. Powder Diffraction File Inorganic Sets 1-18 Swarthmore, Pennsylvania: ICPDS. – 1977.
3. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. - М.: Металлургия, 1982. - 631 с.
4. Иванов А.Н., Ягодкин Ю.Д. Рентгеноструктурный анализ поверхностного слоя // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2000. - Т. 66. - №5. - С. 25-35.
5. Миркин Л.И. Рентгеноструктурный контроль машиностроительных материалов: Справочник. - М.: Машиностроение, 1979. - 134 с.
6. Металловедение и термическая обработка стали: Справочник. Т.1, кн. 1,2 / Под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта. - М.: Металлургия, 1983. - 304 с.
7. Лысак П.И. Определение истинной ширины дифракционных линий с применением стандартного образца // В кн. Вопросы физики металлов и металловедения. - Киев, 1955. - №6. - С. 40-53
8. Jones F.W. Proc.Phys. Soc. – 1948. - V.61. - P. 682.
9. Лысак Л.И. В сб. «Вопросы металловедения и физики металлов». - АН УССР, 1954. - №5. - С. 45.
10. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу. - М.: Физматгиз, 1961. - 726 с.
11. Методы испытания, контроля и исследования машиностроительных материалов. Том 1. Физические методы исследования металлов. Справочное пособие /Под редакцией А.Т. Туманова, 1971, М.: Машиностроение, 552 с.
12. Глазов В.М., Вигдорович В.Н. Микротвердость металлов. - М.: Металлургия, 1969.
13. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников. ГОСТ 9450-76. - М.: Изд. Стандартов, 1978. - С. 56.
14. Попок Н.Н., Кукареко В.А., Дербуш С.В. Исследование процесса ионно-лучевой обработки инструментальных материалов // Вестник ПГУ, серия С «Фундаментальные науки» №3, 2008.- С.99-105.
15. Белый А.В., Попок Н.Н., Дербуш С.В., Чой К.Й. Структура и свойства ионно-легированных высокохромистых сталей // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: Сборник научных трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. в 3-х т. Т.1. Материалы, технологии и оборудование в производстве , эксплуатации, ремонте и модернизации машин – Новополюк: ПГУ, 2009.– С.45–49.

16. Белый А.В., Попок Н.Н., Дербуш С.В., Чой К.Й. Влияние ионно-лучевой обработки на структуру и износостойкость сплава // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: Сборник научных трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. в 3-х т. Т.2. Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин – Новополоцк: ПГУ, 2009.– С.11–16.
17. Williamson D.L., Ozturk O., S.Glick, Wei R., and Wilbur P.J. // Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. 1991. V. B59-60. P. 737.
18. Williamson D.L., Ivanov I., Wei R., and Wilbur P.J. // Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1992. 235.
19. Wei R., J.J.Vajo, Mattosian J.N. Wilbur P.J., Davis J.A., Williamson D.L., Collins G. A. // Surf. and Coat. Technol. 1996. V. 83, P. 235.
20. Белый А.В., Кукареко В.А., Рубцов В.Е., Колубаев А.В. // Физическая мезомеханика. 2002. Т. 5, С. 41.
21. Riviere J.P., Meheus P., Garsia J.A., Martinez R., Sancher R., Rodriguez R. // Surface and Coatings Technology. 2002. V. 158-159. P. 295.
22. Ozturk O., Williamson D. // J. Appl. Phys. 1995. V. 77, P. 3839.
23. Белый А.В., Кукареко В.А., Таран И.И., Ших С.К., Сандомирский С.Г // Поверхность. 2006. №7. С. 105.
24. Greer A. Changes in structure and properties associated with the transition from the amorphous to the nanocrystalline state. Nanostructured materials. NATO ASI Series. 50. 1998. P. 143.
25. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Булгач А.А. // Металловедение и термическая обработка. 1982. № 4. С. 15.
26. Byeli A.V., Kukareko V.A., Kolesnikova A.A., Shykh S.K. // Edited by T.S. Sudarshan and M. Jeandin. ASM International, Materials Park, Ohio and IOM Communications LTD. UK. 2001. V. XIV, P. 262.
27. Kukareko V.A., Byeli A.V. // Surface and Coatings Technology. 2000. V. 127, P. 174.
28. Белый, А.В. Инженерия поверхностей конструкционных материалов концентрированными потоками ионов азота / А.В. Белый, В.А. Кукареко, А. Патеюк.– Минск: Белорусская наука, 2007. – 244 с.
29. Н.Н. Попок, С.В. Дербуш Ионно-лучевая обработка материалов азотом. Оборудование и инструмент для профессионалов (Украина) Международный информационно-технический журнал, 2009 №6 – С.18–19.
30. Белый А.В., Кукареко В.А., Попок Н.Н., Дербуш С.В. Физические и технологические основы ионно-лучевой обработки материалов / учебное пособие Новополоцк: ПГУ, 2010, 84 С.