

Восточно-Казахстанский государственный технический  
университет имени Д. Серикбаева

УДК 669.1.017:620.18

На правах рукописи

**БАЯТАНОВА ЛЯЙЛА БОЛАТКАНОВНА**

**Формирование модифицированных слоев на  
поверхности низкоуглеродистой стали методом воздействия  
электролитной плазмой**

6D072300- Техническая физика

Диссертация на соискание ученой степени  
доктора философии (Ph.D)

Научные консультанты:

Скаков М.К., доктор физико-  
математических наук, профессор

M. Scheffler, dr.rer.nat., Professor

Республика Казахстан  
Усть-Каменогорск, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b> .....	4
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАЗМЕННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛЕЙ</b> .....	12
1.1 Электролитно-плазменное модифицирование металлов.....	12
1.2 Фазовый состав, структура и эксплуатационные свойства сталей и сплавов, обработанных путем нагрева в электролите.....	15
1.3 Изменение тонкой структуры сталей в результате химико-термической обработки.....	30
1.4 Постановка задач.....	33
<b>2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b> .....	34
2.1 Материал исследования.....	34
2.2 Установка и методика электролитно-плазменной обработки.....	34
2.3 Подготовка образцов.....	37
2.4 Оптическая металлография.....	37
2.5 Рентгеноструктурный анализ.....	37
2.6 Растровый элементный анализ.....	38
2.7 Просвечивающая электронная микроскопия.....	39
2.8 Испытания на микротвердость.....	48
2.9 Испытания на износостойкость.....	48
2.10 Определение шероховатости.....	49
<b>3 ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 18ХНЗМА-Ш</b> .....	50
3.1 Изменения микроструктуры поверхности стали 18ХНЗМА-Ш в результате электролитно-плазменной обработки.....	50
3.2 Влияние электролитно-плазменной обработки на фазовый состав поверхностного слоя стали.....	62
3.3 Влияния физико-химических процессов электролитно-плазменной обработки на формирование упрочненного слоя стали.....	68
3.4 Выводы.....	75
<b>4 ТОНКАЯ СТРУКТУРА УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 18ХНЗМА-Ш ДО И ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ</b> .....	76
4.1 Исходная субструктура стали.....	76
4.2 Количественные оценки дислокационной структуры в исходной стали.....	94
4.3 Внутренние поля напряжений и их источники в исходной стали.....	95
4.4 Структура и фазообразование стали 18ХНЗМА-Ш при электролитно-плазменной нитроцементации.....	99
4.5 Фазовый состав приповерхностного и переходного слоев стали 18ХНЗМА-Ш после электролитно-плазменной нитроцементации.....	103

4.6	Дислокационная структура и дальнедействующие поля напряжений, их источники и локализация в стали 18ХНЗМА-Ш при электролитно-плазменной нитроцементации.....	120
4.7	Выводы.....	123
<b>5</b>	<b>ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ 18ХНЗМА-Ш ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОЛИТНОЙ ПЛАЗМОЙ</b> .....	<b>126</b>
5.1	Изменение поверхностной микротвердости и глубины упрочненного слоя стали 18ХНЗМА-Ш после электролитно-плазменной обработки..	126
5.2	Влияние электролитно-плазменной обработки на трибологические свойства стали.....	133
5.3	Влияние электролитно-плазменной обработки на шероховатость поверхности стали.....	139
5.4	Выводы.....	142
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ</b> .....	<b>143</b>
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	<b>146</b>