

Соколов А.Г.

**ДИФфуЗИОННОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ
ЛЕГИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ
И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ
В СРЕДЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ
ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ**



Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АЛЕКСАНДР ГРИГОРЬЕВИЧ СОКОЛОВ

**ДИФФУЗИОННОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ
ЛЕГИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ
И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ
В СРЕДЕ ЛЕГКОПЛАВКИХ
ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ**

МОНОГРАФИЯ

**Краснодар
2019**

УДК 620.22
ББК 30.3
С59

Рецензенты:

В.М. Логвин – заместитель директора по новой технике
«Краснодарский завод тяжелого станкостроения»;
Ж.М. Бледнова – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой динамики и
прочности машин ФГБОУ ВО «КубГТУ»

С59 Соколов, Александр Григорьевич.

Диффузионное поверхностное легирование конструкционных и инструментальных сталей в среде легкоплавких жидкометаллических растворов / А.Г. Соколов; ФГБОУ ВО «КубГТУ». – Краснодар : Издательский Дом – ЮГ, 2019. – 252 с.

ISBN 978-5-91718-574-3

Проведен анализ способов инженерии поверхности, применяемых для повышения эксплуатационных свойств изделий, а также путей и технологий повышения эксплуатационных свойств конструкционных и инструментальных сплавов. Рассмотрена сущность способа диффузионного легирования сталей в среде легкоплавких жидкометаллических растворов, его технология. Проанализировано влияние состава покрываемого материала, природы и свойств элементов поверхностных слоев изделий, состава насыщающей среды и режимов процесса легирования. Выявлен механизм формирования диффузионных покрытий в среде легкоплавких жидкометаллических растворов и факторы, влияющие на него. Исследованы элементный, структурно-фазовый состав покрытий и переходных слоев между покрытием и основой, а также их механические и физико-химические свойства. На основании лабораторных и опытно-промышленных испытаний установлено влияние диффузионной металлизации в среде легкоплавких жидкометаллических растворов на свойства и работоспособность покрытых изделий. Приведены рекомендации и примеры применения диффузионной металлизации для повышения работоспособности инструмента.

ББК 30.3
УДК 620.22

ISBN 978-5-91718-574-3

© А.Г. Соколов, 2019
© ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2019
© Оформление ООО «Издательский
Дом – Юг», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
Глава 1	
Анализ способов инженерии поверхности применяемых для повышение эксплуатационных свойств изделий	11
1.1 Роль поверхностных слоев материала изделий в обеспечении их работоспособности	11
1.2 Коррозионно-стойкие покрытия	13
1.2.1 Защита от коррозии металлическими покрытиями	15
1.2.2 Неметаллические коррозионно-стойкие покрытия	18
1.3 Жаростойкие покрытия	24
1.3.1 Требования, предъявляемые к жаростойким покрытиям	25
1.3.2 Материалы для жаростойких покрытий	26
1.4 Износостойкие покрытия	30
1.4.1 Общие сведения о видах изнашивания	30
1.4.2 Материалы для износостойких и антифрикционных покрытий	32
Глава 2	
Анализ путей и технологий повышения эксплуатационных свойств конструкционных и инструментальных сплавов	42
2.1 Конструктивная прочность. Критерии оценки эксплуатационных свойств конструкционных материалов	42
2.2 Стойкость инструмента. Анализ причин потери работоспособности инструмента. Критерии работоспособности инструмента	49
2.2.1 Режущий инструмент	50
2.2.2 Инструмент для обработки давлением	54
2.3 Свойства инструментальных материалов, влияющие на работоспособность инструмента	58
2.3.1 Механические свойства	59
2.3.2 Физические свойства	62
2.3.3 Химические свойства	63
2.4 Анализ применимости инструментальных сталей для режущего и штампового инструмента. Состав и свойства инструментальных сталей	64
2.5 Повышение работоспособности стального инструмента за счет химико-термической обработки (ХТО) и нанесения покрытий	67

2.6	Диффузионная металлизация в среде легкоплавких растворов	72
2.6.1	Анализ технологии и технологического оборудования	72

Глава 3

Технология и оборудование для диффузионной металлизации в среде легкоплавких жидкометаллических растворов, материалы и методики исследований		79
3.1	Технологии и оборудование для диффузионной металлизации из среды легкоплавких растворов	79
3.2	Технологии и оборудование для формирования окончательных свойств покрытых изделий	83
3.3	Материалы, образцы и методика нанесения покрытий из среды легкоплавких растворов	86
3.4	Методики исследования свойств покрытий и покрываемого материала	87
3.5	Методики оценки работоспособности инструментальных сталей	89

Глава 4

Анализ условий и механизма формирования диффузионных покрытий в среде легкоплавких жидкометаллических растворов		92
4.1	Анализ физико-химических процессов, протекающие при диффузионной металлизации из среды легкоплавких растворов и факторов, влияющих на механизм формирования покрытий	92
4.1.1	Условия и параметры процесса диффузионной металлизации, определяющие возможность и качество диффузионной металлизации	93
4.1.2	Влияние транспортного расплава на процесс формирования и свойства покрытий. Выбор транспортного расплава	97
4.1.3	Влияние природы диффундирующего элемента, его взаимодействия с транспортным расплавом и основным элементом покрываемого материала на процесс получения покрытий	103
4.1.4	Влияние состава покрываемого материала на процесс формирования и свойства покрытий	108
4.2	Анализ механизма и закономерностей процесса формирования покрытий на сталях. Особенности формирования покрытий на инструментальных сталях	116
4.2.1	Особенности и механизм формирования покрытий на сталях на базе некарбидообразующих элементов	117

4.2.2	Особенности и механизм формирования покрытий на базе карбидообразующих элементов	120
4.2.3	Особенности формирования комбинированных многокомпонентных покрытий	124

Глава 5

Исследование влияния диффузионной металлизации в среде легкоплавких жидкометаллических растворов на свойства и работоспособность покрытых изделий.

Материалы покрытий для повышения работоспособности инструментальных сталей

5.1	Влияние диффузионной металлизации на состав, структуру и свойства металлируемого материала	129
5.2	Влияние металлизации на геометрические размеры изделий и чистоту покрываемой поверхности	134
5.2.1	Влияние металлизации на геометрические размеры	134
5.2.2	Влияние металлизации на шероховатость и дефектность покрываемой поверхности	138
5.3	Выбор материала покрытия для повышения работоспособности стальных изделий	143

Глава 6

Диффузионная металлизация сталей титаном

в среде легкоплавких жидкометаллических растворов

6.1	Формирование титановых покрытий на сталях, факторы, влияющие на этот процесс. Оптимизация и выбор параметров процесса титанирования инструментальных сталей	153
6.1.1	Влияние природы и состава насыщающей среды на процесс формирования покрытий	154
6.1.2	Влияние состава покрываемой стали и режимов процесса металлизации на свойства покрытий и покрываемую сталь	158
6.2	Влияние предварительной цементации на процесс титанирования инструментальных сталей	170
6.3	Оптимизация режимов диффузионного титанирования. Особенности термической обработки инструмента, подвергнутого диффузионному титанированию	172
6.4	Влияние диффузионного титанирования на механические свойства и коррозионную стойкость сталей	175
6.4.1	Влияние титанирования на механические свойства сталей	175
6.4.2	Влияние титановых покрытий на коррозионную стойкость сталей	177

Глава 7

Диффузионная металлизация стальных изделий никелем и формирование многокомпонентных никельсодержащих покрытий	182
7.1 Формирование никелевых и никельсодержащих покрытий на сталях. Оптимизация и выбор параметров процесса нанесения никельсодержащих покрытий на инструментальные стали	182
7.1.1 Влияние природы и состава насыщающей среды на процесс формирования покрытий	190
7.1.2 Влияние состава покрываемой стали и режимов процесса металлизации на свойства покрытий и покрываемую сталь	192
7.2 Нанесение никельсодержащих покрытий на инструментальные стали	198
7.3 Особенности термической обработки инструмента после нанесения покрытий	202
7.4 Оценка влияния никельсодержащих покрытий на механические и физико-химические свойства инструментальных сталей	204
7.4.1 Влияние никельсодержащих покрытий на механические и коррозионно-механические свойства	204
7.4.2 Влияние никельсодержащих покрытий на физико-химические свойства инструментальных сталей	208
7.4.3 Влияние никельсодержащих покрытий на стойкость режущего инструмента	211

Глава 8

Программно-математическое прогнозирование состава, параметров покрытий и оптимизации режимов диффузионной металлизации	215
8.1 Титановые покрытия	216
8.2 Никель-медные покрытия	219
8.3 Никель-хромовые покрытия	223

Глава 9

Результаты опытно-промышленных испытаний и примеры применения диффузионной металлизации для повышения работоспособности инструмента	226
9.1 Титановые покрытия	226
9.2 Никельсодержащие покрытия	229

Заключение	234
-------------------------	-----

Основные выводы	238
Список использованной литературы	240