

Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре
государственный технический университет»

На правах рукописи

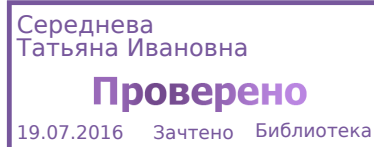
Лысенко Валерия Викторовна

Разработка состава шликерных обмазок для локального лазерного
легирования конструкционных сталей

Направление 22.04.01 – «Материаловедение и технология новых материалов»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра



2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» на кафедре «Материаловедение и технология новых материалов»

Научный руководитель: **Ким Владимир Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, г. Комсомольск-на-Амуре

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. На сегодняшний день развитие науки и техники доказывают, что к актуальным вопросам промышленного производства остается проблема ресурса и энергосбережения. Эту проблему можно решить путем увеличения срока службы деталей машин, которая в свою очередь связана с повышением прочности и эксплуатационной надежностью материала. Одним из направлений решения этих задач является использование новых упрочняющих технологий, повышающие прочность, износостойкость, коррозионностойкость и т.п. Упрочнение выгодно с экономической точки зрения, но осуществление этого проекта стандартными методами довольно сложно, из-за небольших возможностей источников тепла, связанных с малой концентрацией энергии.

Лазерное излучение представляет эффективный энергетический источник, отличающийся простотой управления энергией и положением в пространстве. Он используется в чистом виде и при локальном легировании. Актуальность работ, связанных с использованием лазерных источников подтверждается тем, что лазерные технологии входят в разряд приоритетных направлений развития науки и техники Российской Федерации.

В данной магистерской диссертации рассмотрено решение вопросов лазерного локального легирования с проведением экспериментально-теоретических исследований процессов структурообразования и разработки технологических рекомендаций для обеспечения необходимого качества формируемой поверхности,

Цели и задачи. Целью диссертации является обоснование роли отдельных элементов и разработка рецептуры новых легирующих обмазок для лазерного легирования и исследования структурного состояния упрочненной поверхности.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1 анализ состояния исследуемого вопроса по литературным и другим информационным источникам;

2 разработка уточненной методики исследования локального лазерного легирования нержавеющей аустенитной стали;

3 термодинамический анализ химических реакций, протекающих на упрочняемой поверхности при лазерном воздействии;

4 экспериментальные исследования структурообразования нержавеющей стали 12Х18Н10Т при локальном лазерном легировании графитом и порошковым покрытием из ВК8.

Методы исследования. Для решения поставленных задач и получения основных результатов диссертационной работы использовались такие современные методы исследования, как технологическая лазерная обработка, металлографические исследования, термодинамические исследования, определение микротвердости, оптическая и электронная микроскопия.

Научная новизна полученных результатов. Повышение надежности и долговечности деталей машин и инструмента, удешевление процесса их изготовления, применение новых материалов с заданным комплексом свойств путем целенаправленного формирования структуры.

Эффективными способами для решения данной проблемы являются функциональные (специальные) покрытия, которые включают все многообразие поверхностных слоев, наносимых с целью той или иной модификации поверхности –увеличения твердости, изменения коэффициента трения, увеличения износостойкости, придания каких-либо других специальных свойств.

В данной работе проведен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обеспечение требуемых характеристик поверхности нержавеющей аустнитной стали при использовании шликерных обмазок с применением лазерного излучения. Исследован анализ химических реакций между компонентами обмазки и обрабатываемым материалом при импульсном лазерном воздействии. Обоснован выбор оптимального состава шликерной обмазки для лазерного локального легирования нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Практическая значимость работы. Разработана шликерная обмазка для локального лазерного легирования низкоуглеродистых высоколегированных сталей, в частности, 12Х18Н10Т, которая не поддается упрочнению закалкой и чисто лазерным воздействием.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования магистерской диссертации, сформулирована цель работы и определены основные задачи исследований, отмечена научная новизна и практическая значимость.

В первой главе изложены физико-химические основы лазерной обработки поверхностей, включающие в себя: лазерное поверхностное легирование, выбор компонентов легирующих композиций, формирование структуры при лазерном легировании, методы нанесения легирующих покрытий на поверхность.

Вторая глава описывает методики исследования нержавеющей стали:

1 Химический состав и физико-механические свойства

Таблица 1 – Химический состав стали 12X18H10T

Элемент	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Cu, %	Fe, %
Состав	0,12	0,8	2,0	11,0	0,02	0,04	19,0	0,3	67,0

2 Методика лазерной обработки

Энергетические характеристики лазерного излучения обеспечивались сочетанием следующих режимов работы технологической лазерной установки LRS-300: напряжением накачки квантрона (U), длительность импульса (t), частота следования импульсов (f) и диаметром фокального пятна (d). Выполнена тарировка технологического лазера и построены номограммы по определению энергии и мощности лазерного излучения. В работе использовались четыре режима лазерной обработки

Таблица 2 – Режимы лазерной обработки

Режимы лазерного излучения	Напряжение накачки квантрона U, В	Длительность импульса t, мс	Энергия излучения W, Дж	Диаметр пятна лазерного воздействия d, см	Удельная энергия излучения E, Дж/см ²	Плотность мощности излучения В·10 ⁵ , Вт/см ²
1	450	0,5	2,4	0,19	89,69	1,69
2		1,0	6,4		225,84	2,26
3		2,0	15,0		529,32	2,65
4		3,0	23,0		811,62	2,71

3 Описание и изготовление шлифов

Образцы для исследования влияния режимов лазерного воздействия на структурные превращения представляли шлифованные бруски квадратного сечения 10x10 мм и длиной 40...50 мм. Металлографические шлифы изготавливались по традиционной методике, включающей шлифование и полирование с последующим травлением. Обмазку наносили кисточкой на

поверхность образцов толщиной 0,14-0,16 мм с последующим просушиванием при комнатной температуре.

4 Измерение микротвердости

Микротвердость измеряли с помощью микротведомера. Описана методика измерения твердости по Виккерсу.

5 Расчет термодинамических параметров химических и фазовых превращений при импульсном лазерном облучении аустенитной стали 12X18H10T

Выполнен расчет термодинамический метод определения фазово-химического состава поверхности металлов и сплавов, формируемых при лазерном воздействии в зависимости от их компонентного состава и условий лазерного облучения. В частности определена энергия Гиббса химических реакций в зависимости от температуры процесса.

Третья глава посвящена непосредственно самому лазерному упрочнению нержавеющей стали 12X18H10T.

Показаны результаты термодинамических параметров для возможных реакций при лазерном легировании стали при различных условиях:

1) При лазерном легировании нержавеющей стали на воздухе

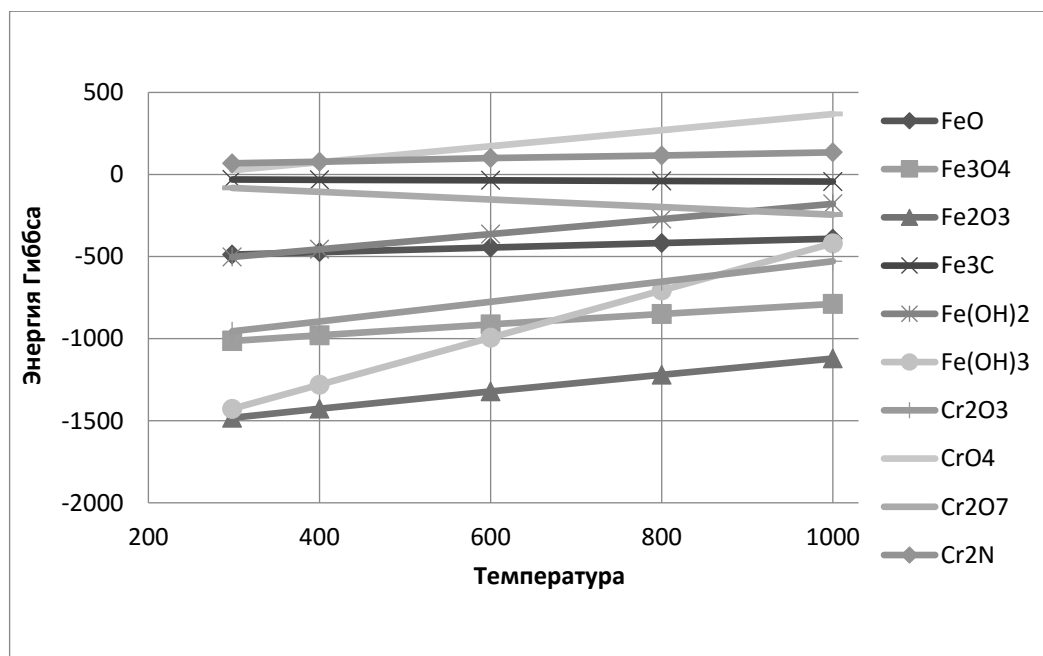


Рисунок 1– Зависимость энергии Гиббса образования оксидов, гидроксидов, карбидов и нитридов компонентов стали от температуры: железа, хром.

Согласно расчету определено, что наиболее вероятным является образование соединений железа и хрома с кислородом, такие как Fe_2O_3 , Cr_2O_3 ,

Fe_3O_4 , так как величина энергии Гиббса для них во всем диапазоне температур значительно меньше, чем для соединений с азотом, углеродом или водой.

2) При лазерном легировании нержавеющей стали с использованием в качестве обмазки порошка графита

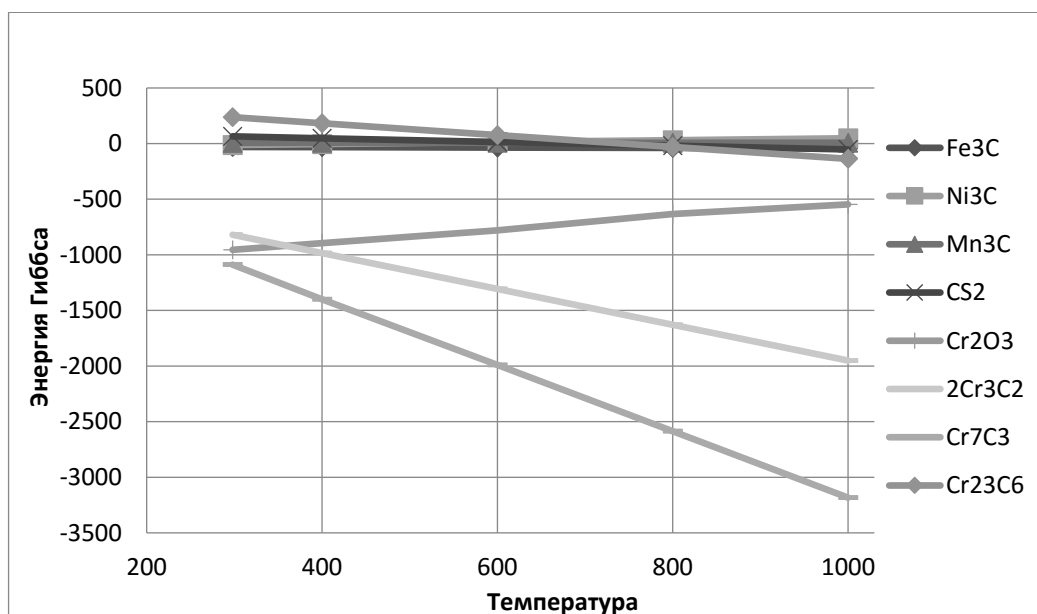


Рисунок 2— Зависимость энергии Гиббса при лазерном легировании стали при использовании в качестве обмазки порошка графита.

Определено образование карбидов Cr_3C_2 , Cr_7C_3 , Cr_{23}C_6 которые являются главным упрочняющим элементом во всех сталях. Упрочняющий эффект состоит за счет дисперсного выделения карбидов, которые способствуют повышению твердости стали. С увеличением содержания углерода в стали ее прочность увеличивается, но пластичность и свариваемость снижается.

3) При лазерном легировании нержавеющей стали с использованием в качестве обмазки порошка ВК8

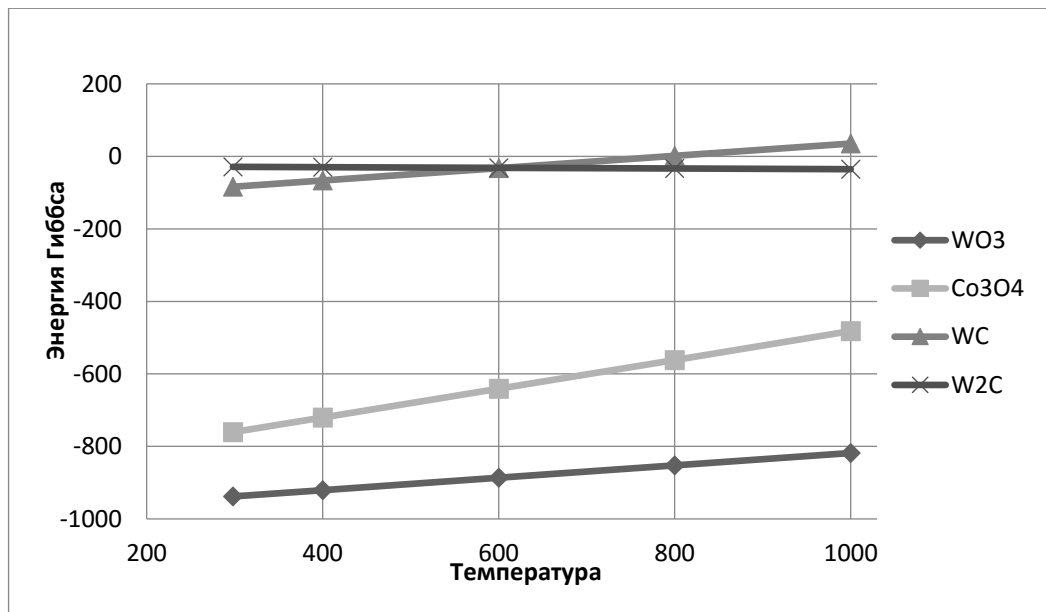


Рисунок 3– Зависимость энергии Гиббса при лазерном легировании стали при использовании в качестве обмазки порошка VK8

При использовании порошка VK8 образуются карбиды вольфрама WC, W₂C. Выделение из твердого раствора карбидов вольфрама нередко вызывает дисперсионное упрочнение, препятствуют росту зерна аустенита при нагреве, а также замедляют процесс коагуляции дисперсных частиц, поэтому сталь, легированная этими элементами, при одинаковой температуре сохраняет более высокую дисперсность карбидных частиц, и соответственно большую прочность.

4) При лазерном легировании нержавеющей стали с использованием в качестве обмазки порошка графита с борной кислотой

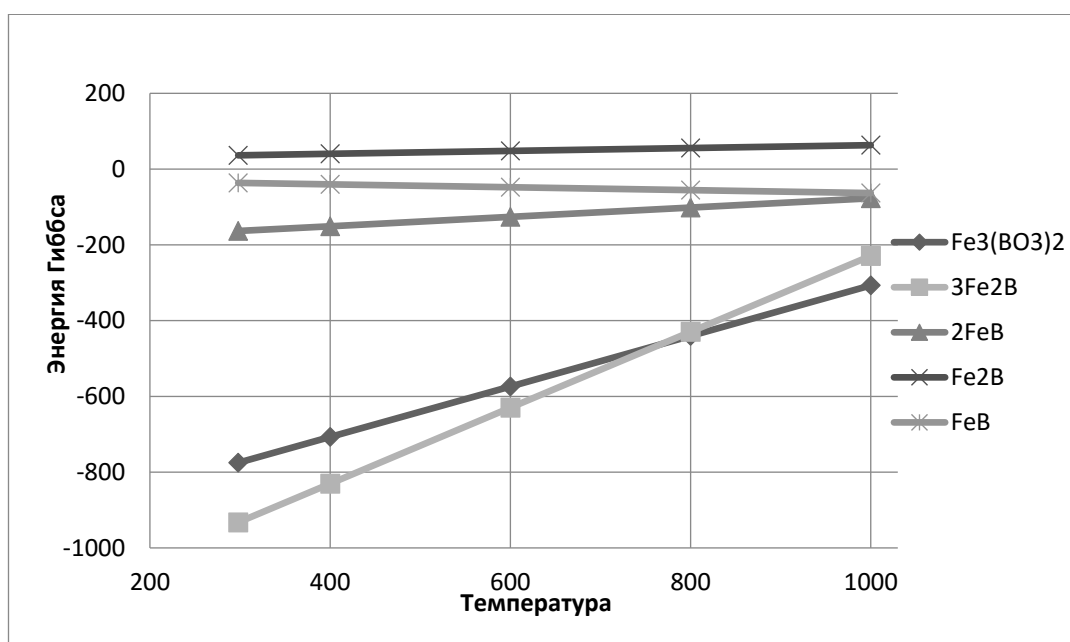


Рисунок 4– Зависимость энергии Гиббса при лазерном легировании стали при использовании в качестве обмазки порошка графита и борной кислоты.

Расчеты показали, что образуются бориды Fe_2B и FeB , которые вызывают значительное измельчение зерен, улучшение прокаливаемости, повышение жаропрочности в результате упрочнения границ зерен.

Результаты термодинамического анализа показали, что наиболее низкие показатели энергии Гиббса показали образцы с использованием в качестве обмазки графита и графита с борной кислотой.

Исходя из результатов была измерена микротвердость этих двух образцов.

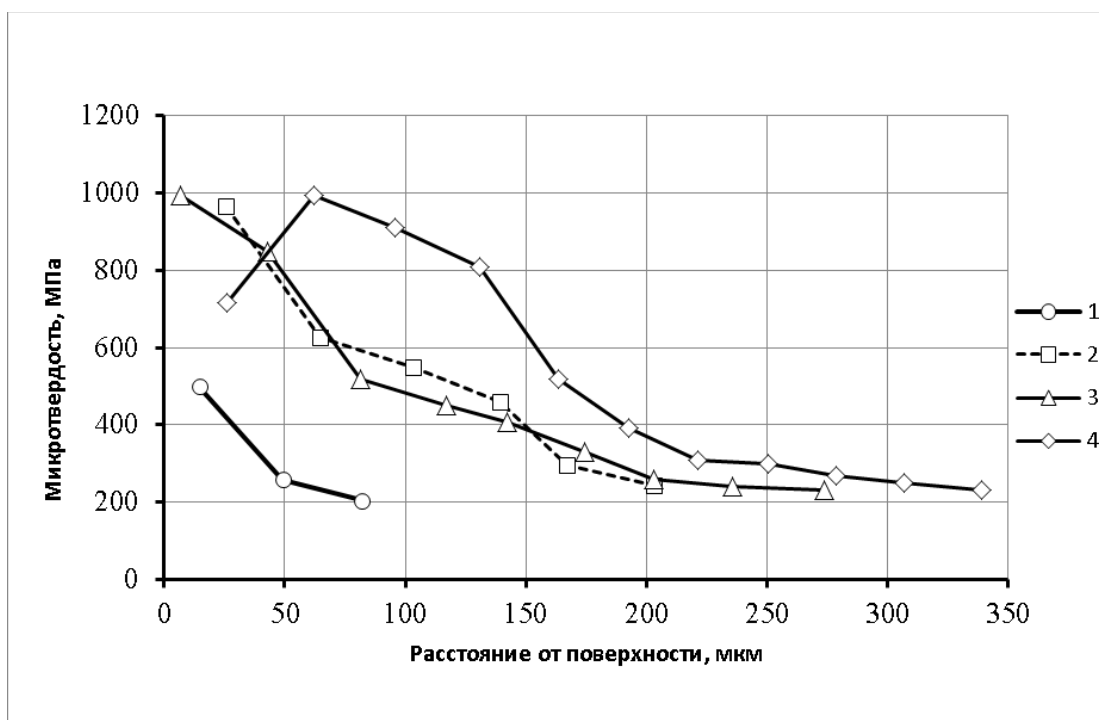


Рисунок 5– Распределение микротвердости по глубине образца из 12X18H10T (локальное легирование графитом)

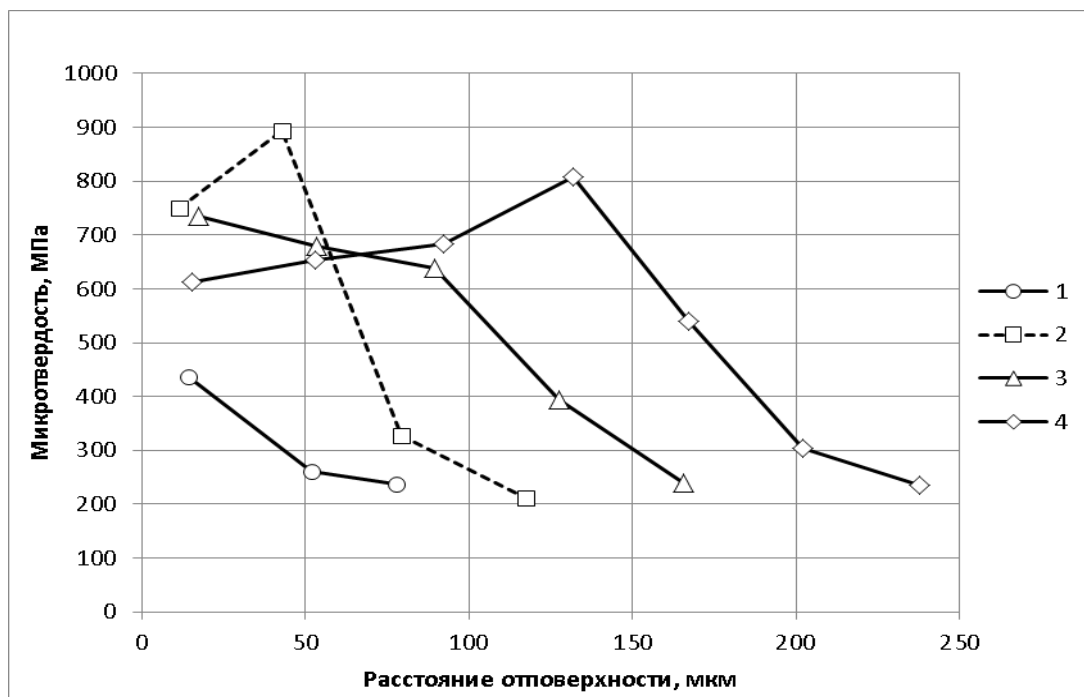


Рисунок 6– Распределение микротвердости по глубине образца из 12X18H10T (локальное легирование графитом с борной кислотой)

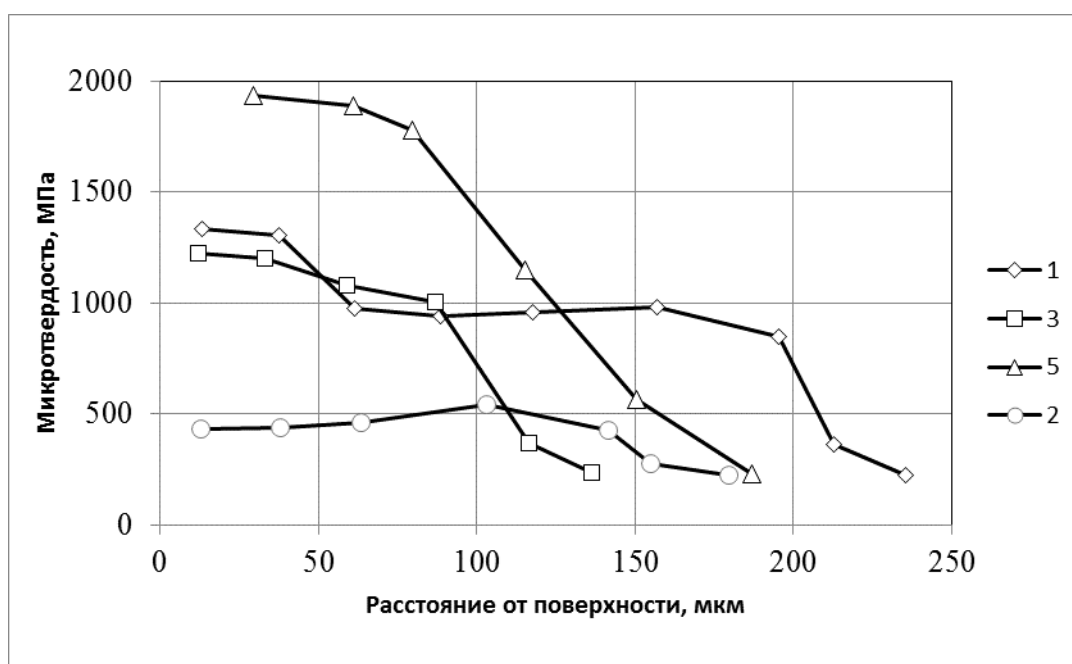


Рисунок 7– Распределение микротвердости по глубине образца из 12X18H10T (локальное легирование VK8)

Приведены результаты экспериментальных исследований микроструктур поверхностного слоя нержавеющей стали 12X18H10T после лазерного легирования без применения обмазки и после лазерного легирования с применением в качестве обмазки графита.

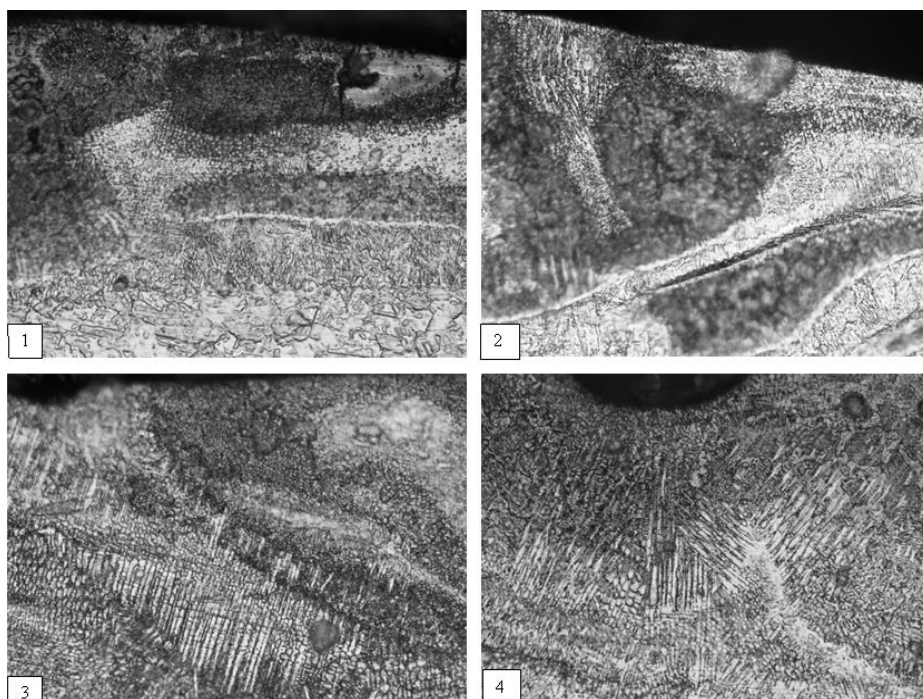


Рисунок 7 - Микроструктура поверхностного слоя после лазерного легирования нержавеющей стали 12X18H10T с применением в качестве обмазки графита при разных режимах лазерной обработки: а-первый режим лазерной обработки; б-второй режим лазерной обработки; в-третий режим лазерной обработки; г-четвертый режим лазерной обработки.

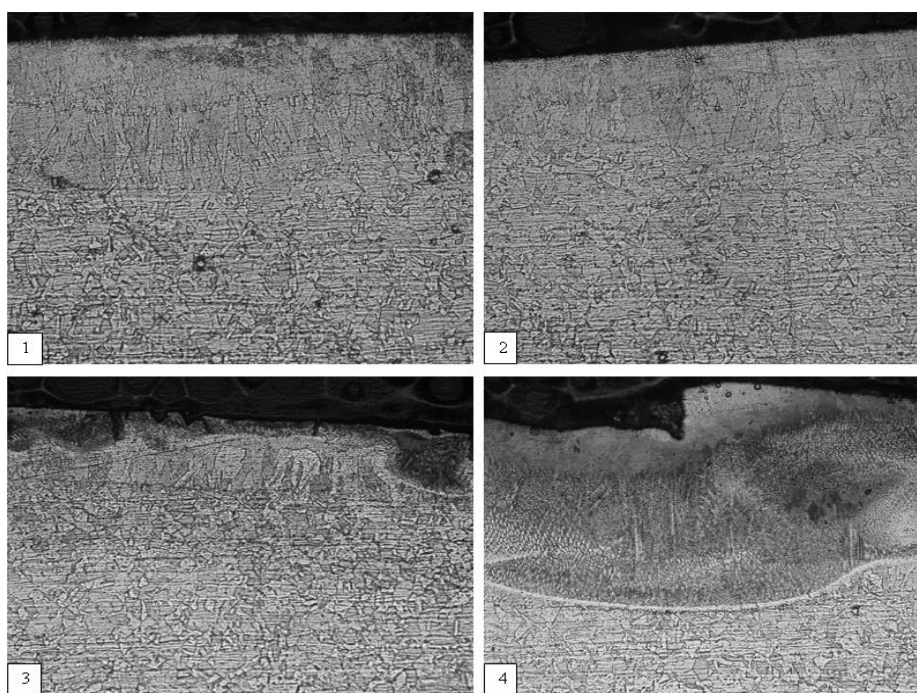


Рисунок 8 - . Микроструктура поверхностного слоя после лазерного легирования нержавеющей стали 12X18H10T при разных режимах лазерной обработки: а-первый режим лазерной обработки; б-второй режим лазерной обработки; в-третий режим лазерной обработки; г-четвертый режим лазерной обработки.

По результатам можно сказать, что в микроструктуре после лазерного легирования при использовании в качестве обмазки порошка графита основными элементами являются твердые растворы и большое количество упрочняющих фаз в виде дисперсных включений карбидов и боридов хрома и железа. Присутствуют дендриты первого, второго порядка и глобулярные частицы в большем количестве, чем после лазерного легирования без использования обмазок.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате обобщения выполненных теоретических и экспериментальных исследований в магистерской диссертационной работе решена научно-техническая задача, имеющая важное значение для машиностроения и заключающаяся в комплексном исследовании закономерностей структурообразования различных покрытий на стали 12Х18Н10Т при локальном лазерном воздействии, определении основных свойств легированных слоев, возможностей управления процессом упрочнения.

Итог научных исследований, изложенных в магистерской диссертации, можно сформулировать в виде следующих общих выводов:

1) термодинамический анализ позволил выявить наиболее вероятные химические реакции, протекающие в зоне воздействия лазерного излучения и обосновать рекомендации по выбору состава легирующего покрытия. Наилучшим покрытием по результатам является порошок графита и порошок графита в смеси с борной кислотой;

2) легирование стали порошком графита позволяет повысить микротвердость до 9930 МПа, а порошком графита с борной кислотой повышает микротвердость до 8900 Мпа.

3) при лазерном легировании порошком из ВК8 строение модифицированного слоя носит характер, аналогичный лазерной цементации,

отличаясь только количественными показателями структурной организации материала, но из-за внутренних напряжений могут возникать микротрещины.

4) основными химическими компонентами микроструктуры стали при использовании в качестве обмазки порошка графита являются твердые растворы и большое количество упрочняющих фаз в виде дисперсных включений карбидов железа, хрома и титана, а сама поверхностная структура имеет слоистое строение, состоящая из дендритов разной степени развитости и ориентации.

Таким образом, лазерное легирование с применением в качестве обмазки порошка графита позволяет получить такие структурные модификации, которые невозможно получить другими металлургическими методами. Все это позволяет повысить прочностные свойства поверхностных структур, которые не поддаются упрочнению традиционной термообработкой.