

КАСЫМКАНОВ ОЛЖАС МОЛДАХМЕТОВИЧ

**Восстановление коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания
лазерной наплавкой самофлюсующимся порошком ПН73Х16СЗР3**

6N0712 – Машиностроение

Автореферат

диссертации на соискание академической степени магистра

Работа выполнена на кафедре «Машиностроение и технология конструкционных материалов» ВКГТУ им. Д. Серикбаева

Научный руководитель:

- кандидат технических наук, профессор

Ю.И. Лопухов

Официальный оппоненты

Ведущая организация: Восточно Казахстанский государственный технический университет

Защита состоится «23» июня 2010 года в 9⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета при Восточный Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева по адресу: г, Усть-каменогорск, ул. Джерджинского 7/1 5 корпус кафедра «Машиностроение и технология конструкционных материалов».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточно казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева

Автореферат разослан « ____ » _____ 2010 года

Ученый секретарь
Диссертационного совета
Кандидат технических наук

Капаева С.Д.

РЕФЕРАТ

Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, изложенная на 69 страницах и содержит: 15 рисунков, 11 таблиц, список литературы из 46 наименований.

Ключевые слова: лазерный луч, лазерная технология, лазерная наплавка, восстановление валов, порошок для лазерной наплавки, двигатель внутреннего сгорания, твердость, фракция порошка, коленчатый вал, скорость наплавки.

Актуальность исследований - Проблема износа в машиностроении является весьма актуальной и в настоящее время, практически отсутствует предприятия по восстановлению изношенных деталей.

Цель исследований: Разработка научно обоснованных технологических процессов лазерной наплавки порошком ПН73Х16С3Р3 изнашиваемых поверхностей коленчатого вала двигателей внутреннего сгорания и повышение служебных свойств наплавленного металла за счет повышения износостойкости и механических свойств наплавленного металла.

Объект исследований: В качестве основного металла использовалась коленчатый вал, изготовленный из стали 45. Наплавку выполняли лазерным лучом в СО₂ порошком ПН73Х16С3Р3.

Метод исследований: В работе использовались физические методы исследований: качественный и количественный рентгеноструктурный анализ, лабораторные исследования, методы планирования экспериментов, научных исследований.

Полученные результаты: 1) Разработана технология лазерной наплавки; 2) Выявлена оптимальная фракция наплаваемого порошка; 3) Выбраны оптимальные режимы наплавки; 4) получена необходимая твердость наплавленного слоя.

Научная новизна диссертации:

В работе обоснованы технологические параметры наплавки для самофлюсующихся порошков при использовании энергии лазерного излучения менее одного киловатта, рассмотрены влияние технологических параметров наплавки на структуру и свойства покрытий, разработана технология нанесения самофлюсующихся порошковых материалов.

Научная значимость исследований:

- 1) Проведены экспериментальные исследования по установлению зависимости микротвердости наплавленного слоя от фракций порошка.
- 2) Выявлена зависимость изменения микротвердости от скорости лазерной наплавки с одной и той же фракцией порошка.

Практическая значимость исследований:

Результаты исследования явились основой для разработки и промышленного внедрения технологию лазерной наплавки порошком ПН73Х16С3Р3 коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. Применение порошка

фракцией 100...200 Мкм лазерного луча позволило улучшить технологические свойства порошка ПН73Х16С3Р3, разработать и внедрить лазерную наплавку коленчатых валов двигателя внутреннего сгорания позволяющего повысить износостойкость наплавленного металла системы Cr, В, Ni, Si за счет оптимизации гранулометрического состава порошка.

Сведения о публикациях. По теме диссертации опубликована 1 статья

Основная часть

Во введении обоснована актуальность исследований, сформулирована цель работы, представлены научная новизна и практическая значимость результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, структура и объем диссертации.

Материалы

Решение поставленных задач во многом зависит от правильного выбора применяемых материалов. На этапах работы при подборе режима обработки, материала для наплавки и при разработке технологического процесса использовали наиболее распространенную в машиностроении сталь 45 и промышленно выпускаемый порошок ПН73Х16С3Р3, содержащий кремний и бор (таб.1). В качестве связующей при изготовлении обмазки, для нанесения наплавленного материала на поверхность образца применяли органический клей-карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ) или оксиэтилцеллюлозу (ОЭЦ).

Таблица 1 Химический состав применяемых материалов

Материалы	Химические элементы, %								
	C	Cr	Si	Ni	Mn	B	Fe	S	P
Ст.45	0,36- 0,44	1,0- 1,3	0,17- 0,37	-	0,5- 0,6	-	Осн.	0,025	0,025
ПН73Х16С3Р3	0,4- 0,7	13,5- 16,5	2,5- 3,5	осн	1,0	2,0- 2,8	3,97	-	-

Технология наплавки.

Для определения оптимальных технологических параметров наплавки порошка ПН73Х16С3Р3 на вал из стали 45, на образцы подавался порошок различной толщины от 200 до 800 мкм и обрабатывали его излучением с плотностью мощности 50...400 Вт/см². При этом менялась скорость перемещения образцов относительно лазерного излучения и размер рабочего пятна (табл. 2).. Наплавленное покрытие оценивалось по внешнему виду – целостность слоя, неравномерность по ширине и высоте. Кроме этого для наплавленных покрытий удовлетворительного качества проводилась измерение по высоте слоя. Получаемое покрытие классифицировалось следующим образом. Если наплавленный слой имел отслоения от материала вала по всей длине “дорожки” или ее части, то в этом случае он получал оценку плохо. Наплавленный слой, имеющий значительные искажения по ширине и высоте, получал оценку – удовлетворительно. Хорошее качество давалось наплавленной дорожке, имеющей неравномерность по ширине до 0,2 мм и по высоте до 0,1 мм.

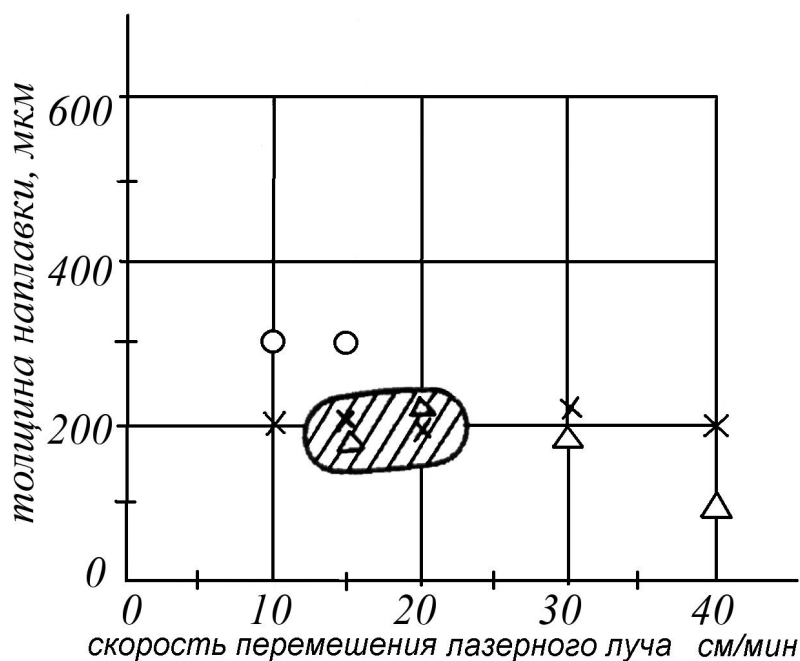
Таблица 2 Технологические параметры наплавки порошка ПН73Х16СЗР3

Толщина порошка, мм	Диаметр луча, мм	Скорость перемещения луча, мм/мин
0,2	2	90,140,380
0,2	3	90,140,380
0,2	4	90,140,300
0,4	2	90,140,380
0,4	3	90,140,380
0,4	4	90,140,210

Примечание: Мощность излучения для всех режимов обработки $750_{\pm 15}$ Вт

Очень хорошее качество получила покрытие, у которого по всей длине колебание по высоте не превышало 0,05 мм, а по ширине 0,1мм. Для предварительно нанесения обмазки толщиной 200 мкм оптимальные режимы наплавки соответствуют скорости перемещения 140 мм/мин и 180 мм/мин при диаметре светового пятна 2 мм и 140 мм/мин при диаметре светового пятна 3мм. То есть процесс осуществляется при плотности мощности лазерного излучения 180...268 Вт/см², причем, для покрытия очень хорошего качества это величина равняется 268 Вт/см². При этом для данной области наплавки толщина покрытия составляет порядка 200 мкм для пятна 3мм и 2мм (рис.1).





б)

Рисунок 1. Оптимизация технологических режимов лазерной наплавки покрытий порошок ПН73Х16С3Р3 с предварительно нанесенным слоем обмазки 200 мкм.

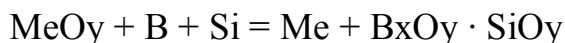
а) оценка качества наплавки: (-) – плохо, (о) – удовлетворительно, (Δ) – хорошо, (+) – очень хорошо;

б) толщина наплавленного слоя для лазерного луча диаметром 4 мм – (о), 3 мм – (х), 2 мм – (Δ).

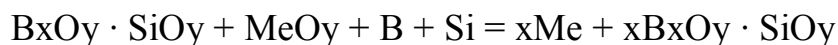
Мощность излучения 750 Вт

Структура и свойства самофлюсующегося порошка ПН73Х16С3Р3

Наиболее близким к гипотетическому предполагаемому составу для наплавки покрытия лазерным лучом является промышленно выпускаемый самофлюсующий порошок системы Ni-Si-B-Cr (ТУ 14-127-185-82). Промышленное изготовление порошков этого класса осуществляется путем разбрызгивания расплава в среде инертного газа, в результате чего должно достигаться постоянство каждого зернышко по размеру и составу. Содержание бора и кремния должно обеспечивать расплавленной массе жидкотекучесть и хорошую смачиваемость. В ходе процесса расплавления на поверхности зерен происходит окисления с образованием боросиликатного слоя



После начала процесса в граничном слое, реакция в расплаве протекает согласно уравнению



Протекание этой реакции определяется высоким сродством к кислороду бора и кремния. Однако содержание последних в порошке ограничено, и следовательно, большого количества окислов металла они восстановить не могут. Кроме того, они не могут восстановить окислы металлов таких как

алюминий, магний, титан, ниобий, тантал, которые имеют более высокое сродство к кислороду. Это следует учитывать при наплавки порошков этого состава на вал из вышеупомянутых металлов.

Для оценки влияния зерна на свойства наплавляемых слоев порошок просеивался через сита с размером ячейки 200 мкм, 100 мкм и 60 мкм. Измерение твердости каждой фракции показало существенную зависимость ее от размера (рис.2). Видимо, это также связано со значительной скоростью охлаждения частиц меньшей фракции и отсутствием возможности образоваться фазам, придающим составу повышенную твердость.

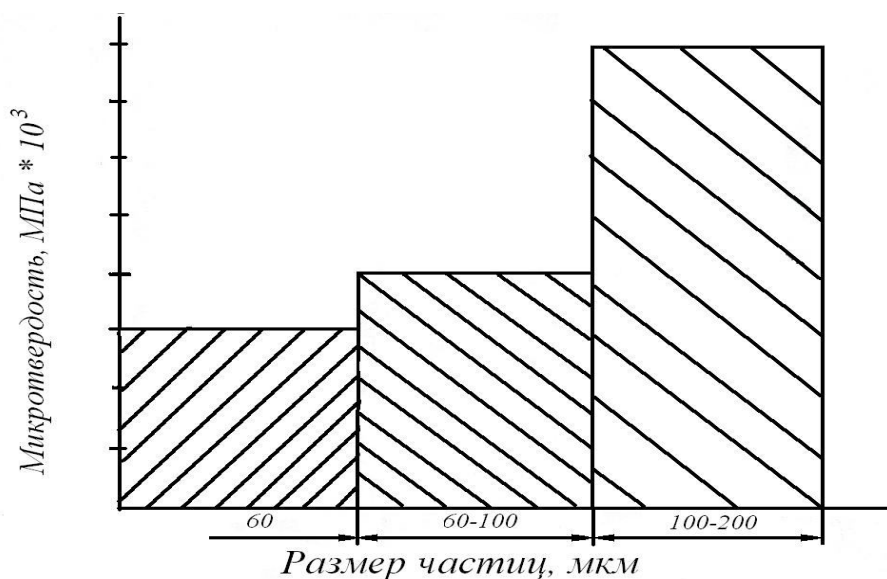
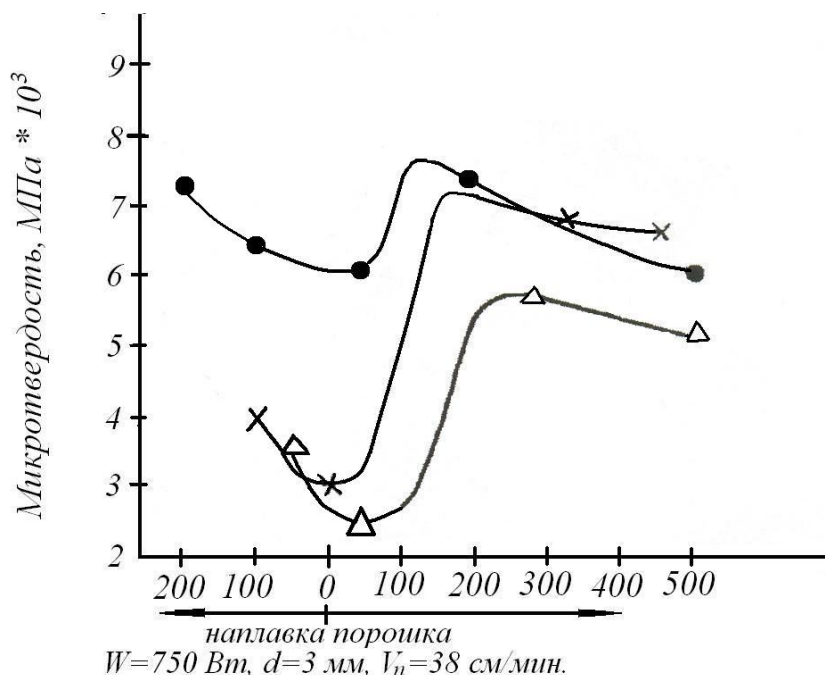


Рисунок 2 Зависимость твердости порошка ПН73Х16С3Р3 от фракции.

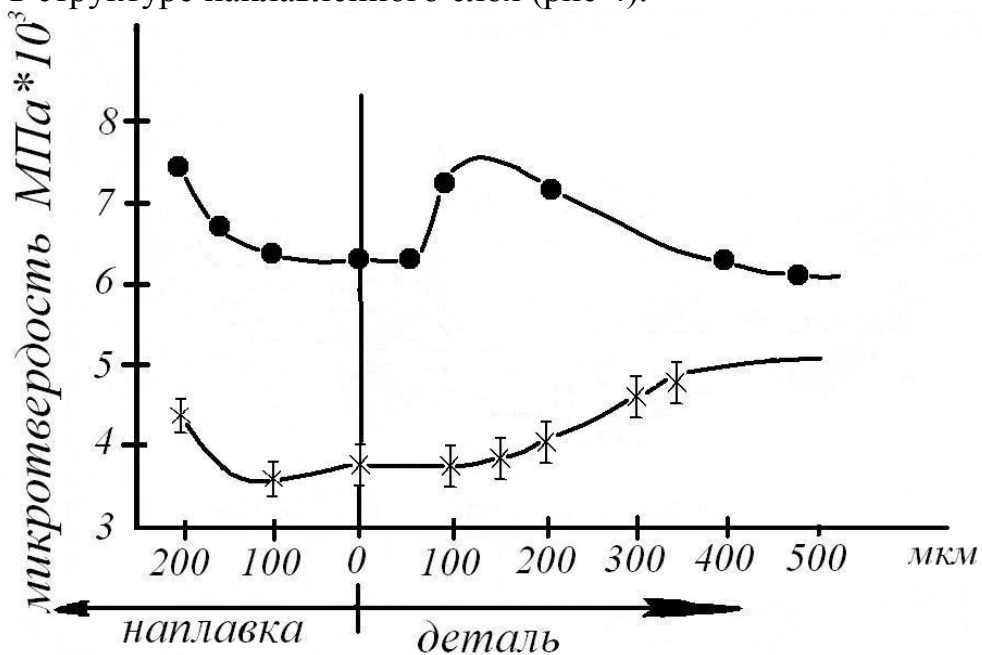
Наплавка порошка на образец из стали 45 показала существенную зависимость твердости наплавляемых покрытий от фракции порошка (рис.3). При одной и той же скорости наплавки твердость получаемых слоев существенно отличаются, также есть различие по величине наплавки. При работе с величиной зерна 100...200 мкм наплавленный слой имеет максимальную толщину до 300 мкм и максимальную равномерно распределенную по толщине твердость, равную 6500...7000 МПа. Твердость наносимых покрытий с использованием порошка с размером зерен 60...100 мкм и меньше 60 мкм значительно ниже – 3000 МПа и 2500 МПа соответственно. Здесь явно прослеживается зависимость свойств (твердости) получаемых покрытий от исходной твердости порошка.



Размер частиц: 200...100 мкм - ● 100...60 мкм - ×; 100...60 мкм - Δ

Рисунок 3 Распределение твердости по глубине слоя порошка ПН73Х16С3Р3 различной фракции, наплавленного на сталь 45.

Наплавка порошка фракцией 100...200 мкм показало так же существенную зависимость получаемых свойств зависимости получаемых свойств покрытия от режимов наплавки. Максимальная твердость $7300_{\pm 200}$ МПа для скорости 130 мм/мин. Также были заметны и существенные отличия в структуре наплавленного слоя (рис 4).



а) Размер частиц 100...200 мкм

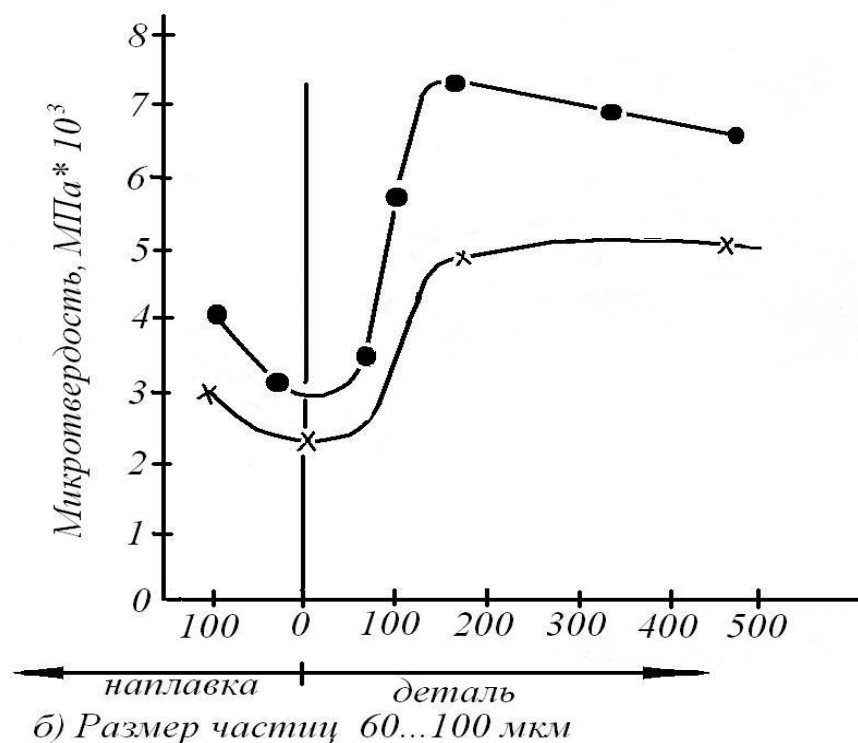


Рисунок 4. Распределение твердости по глубине наплавленного слоя порошка ПН73Х16С3Р3 на сталь 45 и зависимости от скорости наплавки.
 $W=750$ Вт, $d=3,0$ мм, $V=380$ мм/мин – ●; 130 мм/мин - х

В структуре наплавленного слоя как при наплавки со скоростью перемещения 380 мм/мин, так и со скоростью перемещения 130 мм/мин, заметны многочисленные формирования. Только в наплавленном покрытии с максимальной скоростью наплавки они имеют размер порядка нескольких микрон, а при меньшей скорости наплавки эти соединения имеют размер порядка нескольких десятков микрон.

Выводы

1 Исследована закономерность и разработана оптимальная технология формирования покрытий на основе самофлюсующегося порошка ПН73Х16С3Р3, используемого для лазерной наплавки.

2 Оптимизирован гранулометрически состав порошка ПН73Х16С3Р3.

3 Выявлена зависимость структуры и свойства наплавленных покрытий от технологических параметров процесса.

4 Изучен механизм формирования структуры наплавленных покрытий на основе самофлюсующегося порошка ПН73Х16С3Р3. Структура представляет собой эвтектический сплав на основе никеля, интерметаллида Cr_2Ni и корбида $Cr_{23}C_6$. Основное влияние на твердость оказывает дисперсность формируемых соединений, размер которых колеблется от нескольких микрон до десятков, а также разбавление наплавленных слоев материалом вала.

5 Определены технологические режимы наплавки покрытий с получением необходимых свойств и качества при производительности процесса наплавки до 600 мм²/час.

6 Обоснованы оптимальные интервалы технологических параметров наплавки для различной толщины предварительно нанесенного на вал порошка.

7 Разработана технология подготовки поверхности детали и порошка для наплавки покрытий и устройства (приспособление) для его нанесения на деталь.

Список научных трудов

1 Касымканов О.М. Инновационные направления лазерных технологий в машиностроении // Материалы 10-й Республиканской студенческой научно-технической конференции «Студент и наука: творчество и перспективы»-Усть-Каменогорск, 2010г., 52-53с

KASIMKANOV OLZHAS MOLDAXMETOVICH

Restoration of crankshafts of internal combustion engines laser welding self-fluxing powder ПН73Х16С3Р3

6N0712 - Mechanical engineering and technology of constructional materials

The auto abstract

The dissertations on competition of an academic degree magister

Republic of Kazakhstan
Ust-Kamenogorsk, 2010

ABSTRACT

The thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, contained 69 pages and contains: 15 drawing, 11 tables, bibliography of 46 titles. Key words: laser, laser technology, laser welding, restoration of walls, powder for laser cladding, internal combustion engine, the hardness, the fraction of powder, crankshaft, speed surfacing.

Background research - problem of wear in mechanical engineering is highly relevant in the present time, virtually no company to restore worn-out parts. Objective: Develop science-based process of laser cladding powder ПН73Х16С3Р3 wearing surfaces crankshaft of internal combustion engines and improving the service properties of weld metal by increasing wear resistance and mechanical properties of weld metal.

The object of research: As a base metal used crankshaft is made of steel 45. Surfacing performed by a laser beam in a CO₂ powder ПН73Х16С3Р3. Method of research: We used physical methods of research: qualitative and quantitative X-ray analysis, laboratory tests, methods of planning experiments and research.

The results are: 1) The technology of laser cladding, and 2) revealed an optimal fraction of deposited powder, and 3) The optimum regimes of deposition, 4) obtain the necessary hardness of deposited layer.

Scientific novelty of the dissertation:

The work reveals the technological options for the surfacing of Self-fluxing powders using the laser energy is less than one kilowatt, examined the influence of technological parameters of deposition on the structure and properties of coatings developed technology of Self-fluxing powder materials.

The scientific importance of research:

1) The experimental study to determine the microhardness of deposited layer of powder fractions.

2) The dependence of microhardness on the speed of laser cladding with the same fraction of the powder.

The practical significance of research:

The results were the basis for the development and commercialization of the technology of laser cladding powder ПН73Х16С3Р3 columnar shafts of internal combustion engines. Application of the powder fraction of 100 ... 200 mm laser beam would improve the technological properties of powder ПН73Х16С3Р3, develop and implement a laser cladding of crankshafts of internal combustion engine which enhances the wear resistance of weld metal of Cr, B, Ni, Si by optimizing the particle size distribution of powder.

For information on publications. On the topic of the thesis published an article Most.

In introduction the urgency of research, is the objective of work presented scientific novelty and practical significance of the results are the basic provisions for the defense, the structure and scope of the thesis.

Materials

The solution of these problems depends largely on the correct choice of materials used. At stages in the selection of the treatment regime, the material for deposition and in the development process used most widely in engineering and 45 steel industry produces ПН73Х16С3Р3 powder containing silicon and boron. As a liaison in the manufacture of coating, for applying a weld material on the surface of the sample used an organic adhesive or carboxymethylcellulose oksietiltellyulozu. Technology surfacing.

To determine the optimal technological parameters of welding powder PN73H16S3R3 on the shaft of steel 45, the sample was applied to powder of various thicknesses ranging from 200 to 800 microns, and treated it with radiation power density of 50 ... 400 W / cm². This changes the rate of displacement of the samples on the laser radiation and the size of the working pyanta. Weld coating was evaluated by their appearance - the integrity of the layer, the unevenness of the width and height. In addition to the clad coatings of satisfactory quality, we measured the height of the layer. The coating was classified as follows. If the overlay had detached from the material of the shaft along the full length "tracks" or part thereof, in this case, he received an assessment of bad. Overlay, which has a considerable distortion of the width and height, we estimate - satisfactory. Good quality was given weld path, which has uneven in width up to 0,2 mm and the height to 0, 1 mm.

Very good quality has received coverage in which the entire length of the oscillation at a height of not more than 0,05 mm and the width of 0,1 mm. For pre-deposition coating thickness of 200 microns optimum conditions correspond to the deposition rate of movement of 140 mm / min and 180 mm / min with a light spot diameter of 2 mm and 140 mm / min with a light spot diameter of 3 mm. That is, the process is carried out with the power density of laser radiation 180 ... 268 W / cm², where, to cover a very good quality is a value equal to 268 W / cm².

To assess the effect of grain on the properties of fused layers of powder was sifted through a sieve with cell size of 200 um, 100um and 60 microns. Measuring the hardness of each fraction showed significant dependence on its size. Apparently, this is also associated with a significant cooling rate of particles smaller factions and the inability of formed phases, the composition imparting higher hardness.

Findings:

1. One studied law and worked out the optimum technology of coatings based on Self-fluxing powder ПН73Х16С3Р3 used for laser cladding.
- 2 Optimized particle size of powder PN73H16S3R3.
- 3 The dependence of the structure and properties of fused coatings on the process parameters.
- 4 The mechanism of formation of structure clad coatings based on Self-fluxing powder ПН73Х16С3Р3. Structure of a eutectic alloy of nickel based intermetallic Cr₂Ni and korbida Cr₂₃C₆. The main influence on the hardness has a dispersion formed by compounds whose size varies from several microns to tens, as well as dilution of fused layers of material of the shaft.

ҚАСЫМҚАНОВ ОЛЖАС МОЛДАХМЕТҰЛЫ

**Іштей жану қозғалтқыштарының иінді білдектерін өздігінен
флюстенетін ПН73Х16С3Р3 ұнтағын қолдана отырып лазерлі балқытып
қаптастыру**

6N0712- машина жасау және құрылымдық материалдар технологиясы

Автореферат

Магистр академиялық дәрежесін ізденуге диссертация

Диссертация тұрады: кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, 69 бет түсіндірмеден және ол 15 суреттен, 11 кестеден, 46 әдебиеттер тізімінен құралған.

Кілтті сөздер: лазерлік технология, лазерлі пісіру, білікті қалпына келтіру, лазерлік пісіру ұнтағы, іштен жану қозғалтқышы, қаттылық, ұнтақ фракциясы, иінді білік, пісіру жылдамдығы.

Зерттеу өзектілігі: Машина жасауда тозу мәселесі өте өзекті және қазіргі уақытта тозығы жеткен бөлшектерді қайтадан қалпына келтіру өнеркәсіптері жоқ.

Зерттеулердің мақсаты: Іштей жану қозғалтқыштарының иінді білігінің тозатын беттерін ПН73Х16С3Р3 ұнтағымен ғылыми дәлелденген лазермен балқытып қаптастыру технологиялық урдістерін жасау және балқытып қаптастырылған металдың тозуға төзімділігі мен механикалық қасиеттерін жоғарлату негізінде қызметтік қасиеттерін арттыру.

Зерттеу объектісі: Негізгі метал негізінде болат 45-тен жасалынған иінді білік қолданылған. Балқытып қаптастыруды СО₂ лазер сәулесімен ПН73Х16С3Р3 ұнтағын қолдана отырып жасалған.

Зерттеу әдістері: Жұмыста физикалық зерттеу әдістері қолданылған: сапалық және сандық рентгенқұрылымдық талдау, лабораториялық зертеулер, тәжірибелерді жоспарлау әдісі, ғылыми зерттеулер.

Алынған нәтижелер: 1) Лазерлік балқытып қаптастыру технологиясы жасалынды; 2) Балқытып қаптастыратын ұнтақтың оптималды бөлікшесі таңдалды; 3) Балқытып қаптастырудың оптималды режимдері таңдалды; 4) Балқытып қаптастырған қабаттың қажетті қаттылығы алынды.

Диссертацияның ғылыми жаңалығы:

Жұмыста, энергиясы бір киловаттан аз лазерлі сәуле шығаруды қолдана отыра өздігінен флюстену ұнтақтары үшін балқытып қаптастырудың технологиялық параметрлері негізделді, қырылымы мен жабын қасиеттеріне балқытып қаптастырудың технологиялық параметрлерінің әсері қарастырылған, өздігінен флюстену ұнтақтарын түсіру технологиясы жасалынған.

Зерттеудің ғылыми маңыздылығы:

- 1) Балқытып қаптастырылған қабаттың қаттылығының ұнтақ бөлікшелеріне тәуелділігі тәжірибелік зерттеу кезінде анықталынған.
- 2) Ұнтақтың бөлікшелері бірдей болғанда лазерлік балқытып қаптастыру жылдамдылығына байланысты қаттылықтың өзгеруінің тәуелділігі анықталды.

Зерттеудің тәжірибелік маңыздылығы:

Зерттеу нәтижелері іштей жану қозғалтқыштарының иінді біліктерін ПН73Х16С3Р3 ұнтағымен лазерлік балқытып қаптастыру технологиясын жасау және өндірістік енгізуге негіз болды. Бөлікшелері 100...200 Мкм

ұнтақты лазерлік сәуле шығаруды қолдану ПН73Х16С3Р3 ұнтағының технологиялық қасиеттерінің жақсаруына әкеліп соқты.

Негізгі бөлім

Кіріспеде зерттеудің өзектілігі негізделді, жұмыстың мақсаты қойылды, ғылыми жаңалықтар мен нәтижелердің тәжірибелік маңыздылығы келтірілген.

Балқытып қаптастыру технологиясы

Өте жақсы сапа жабуды алды, қайсының барлық ұзындық тербелу биікпен биікпен 0,05 мм шамадан асырмады, ал енмен 0,1 мм. Алдын ала желімді жағу және де , өте жақсы сапа жабуына арналған мынау мөлшер тең келеді 2см, мыналар жанында үшін балқытып қаптастыру тап осы облыстары жабу жуандық 3 мм және 2 мм ретті құрастырады.

Мөлшерден елеуіштер арқылы оның ұйым мөлшерімен 200 мкм ,100 мкм және 60 мкм . Әрбір фракция қаттылық өлшеуі маңызды тәуелділікті көрсетті ықпалын жасау бағалауына арналған қабаттардың балқытып қаптастыру қасиеттеріне бидайдың дәндерлері ұнтақ себілді . Көрінетін , мынау аз фракция кішкентай бөлшектерінің салқындау маңызды жылдамдық және мүмкіншілік жоқ болуымен сонымен қатар байлаулы фазаларға құрылу, жоғары қаттылық құрамға қоса берушімен.

Жұмыстың қорытындылары

1. Лазерлік балқытып қаптастыруда қолданылатын өздігінен флюстенетін ПН73Х16С3Р3 ұнтағы негізінде қалыптасатын қабаттың заңдылығы зерттелген және қолайлы технология жасалынды.
2. ПН73Х16С3Р3 ұнтағының гранулометриялық құрамы ықшамдалды.
3. Балқытып қаптастырылған қабаттың құрылымы мен қасиеттерінің үрдістің технологиялық параметрлеріне қатысты тәуелділіктері анықталды.
4. Өздігінен флюстенетін ПН73Х16С3Р3 ұнтағы негізінде балқытып қаптастырылған қабат құрылымының қалыптасу механизмі зерттелген. Құрылым никль, интерметаллид Cr_2Ni және корбида $Cr_{23}C_2$ негізіндегі эвтектикалық қорытпа негізінде ұсынады. Қаттылыққа негізгі әсер ететін көлемі бірнеше микроннан ондаған микронға дейін ауытқитын қосылыстардың дисперсиялық құрылу болып табылады, сонымен қатар білік материалының балқытып қаптастыру қабатымен араласуы болады.