

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов»

Профиль «Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и
оборудования (СХ)»

Кафедра «Технический сервис»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: «Проектирование технологического процесса восстановления
распредвала двигателя КамАЗ с разработкой установки для
наплавки»

Шифр ВКР.230303.388.17.00.00.ПЗ

Студент _____ Фазлиахметов Ф.Р.
подпись Ф.И.О.

Руководитель доцент _____ Шайхутдинов Р.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Зав. кафедрой профессор _____ Адигамов Н.Р.
ученое звание подпись Ф.И.О.

Казань – 2017 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление «Эксплуатация транспортно-технологических машин
и комплексов»

Профиль «Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и
оборудования (СХ)»

Кафедра «Технический сервис»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой _____

« _____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Фазлиахметову Фариду Рашидовичу

Тема ВКР «Проектирование технологического процесса восстановления
распредвала двигателя КамАЗ с разработкой установки для
наплавки»

утверждена приказом по вузу от 09.01.2017 г. № 7

2. Срок сдачи студентом законченной работы 05.02.2017 г.

3. Исходные данные: Материалы, собранные в период преддипломной
практики по данной теме, литература по теме ВКР,

4. Перечень подлежащих разработке вопросов: 1. Анализ состояния вопроса;
2. Проектирование технологии восстановления детали; 3. Конструктивная
часть; 4. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда; 5. Технико-
экономическая оценка разработанной конструкции.

5. Перечень графических материалов:

Лист 1 – Схема технологического процесса ремонта распредвала

Лист 2- Ремонтный чертеж

Лист 3- Технологическая карта.

Лист 4-Сборочный чертеж конструкции .

Лист 5-Рабочие чертежи деталей .

Лист 6-Сравнительные технико-экономические показатели конструкции .

6. Консультанты по дипломному проекту с указанием соответствующих разделов проекта

Раздел	Консультант
Раздел БЖ	доцент Гаязиев И.Н.
Раздел экономики	доцент <u>Шайхутдинов Р.Р.</u>

7. Дата выдачи задания 13.12.2016 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Глава 1	13.01-24.12	
2	Глава 2	24.12-09.01	
3	Глава 3	10.01-24.01	
4	Глава 4 и 5	25.02-01.02	
5	Оформление работы	02.02-05.02	

Студент _____ (Фазлиахметов Ф.Р.)

Руководитель _____ (Шайхутдинов Р.Р.)

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Фазлиахметова Фарида Рашидовича на тему: «Проектирование технологического процесса восстановления распределителя двигателя КамАЗ с разработкой установки для наплавки»

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и листов формата А1 графической части.

Записка состоит из введения, разделов, заключения и включает рисунков, таблиц и спецификаций.

В первом разделе дан анализ технологического процесса ремонта распределительного механизма двигателя КамАЗ.

Во втором разделе разработана технология восстановления распределительного вала двигателя КамАЗ. Разработаны ремонтный чертеж и технологическая карта на восстановление детали. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

В третьем разделе конструкция устройства для наплавки кулачков и опорных шеек распределительного вала двигателя КамАЗ. Приведены необходимые расчеты параметров конструкции. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды и охраны труда при восстановлении деталей. Приведены результаты технико-экономической оценки конструкции.

Пояснительная записка оканчивается заключением.

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе Фазлиахметова Фарида Рашидовича на тему: «Проектирование технологического процесса восстановления распределителя двигателя КамАЗ с разработкой установки для наплавки»

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и листов формата А1 графической части.

Записка состоит из введения, разделов, заключения и включает рисунков, таблиц и спецификаций.

В первом разделе дан анализ технологического процесса ремонта распределительного механизма двигателя КамАЗ.

Во втором разделе разработана технология восстановления распределительного вала двигателя КамАЗ. Разработаны ремонтный чертеж и технологическая карта на восстановление детали. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды.

В третьем разделе конструкция устройства для наплавки кулачков и опорных шеек распределительного вала двигателя КамАЗ. Приведены необходимые расчеты параметров конструкции. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды и охраны труда при восстановлении деталей. Приведены результаты технико-экономической оценки конструкции.

Пояснительная записка оканчивается заключением.

ВВЕДЕНИЕ

При производстве деталей машин достичь одинакового ресурса практически невозможно, т.к. одни детали выходят из строя раньше, чем другие. Быстроизнашивающиеся детали меняют при проведении технического обслуживания и текущего ремонта.

Если при ремонте восстанавливают изношенные детали, то появляется экономия много металла. Изношенные восстанавливаемые детали машин используют, как заготовки. Себестоимость восстановленных деталей составляет от до половины их первоначальной стоимости, а стоимость запасных деталей примерно половину от себестоимости ремонта машины. Поэтому восстанавливать изношенные детали выгодно. Детали, восстановленные новейшими технологическими процессами, при соблюдении технических условий по надежности и долговечности не уступают новым. Индустриальные методы ремонта и специализация повышают качество и снижают себестоимость восстановленных изношенных деталей.

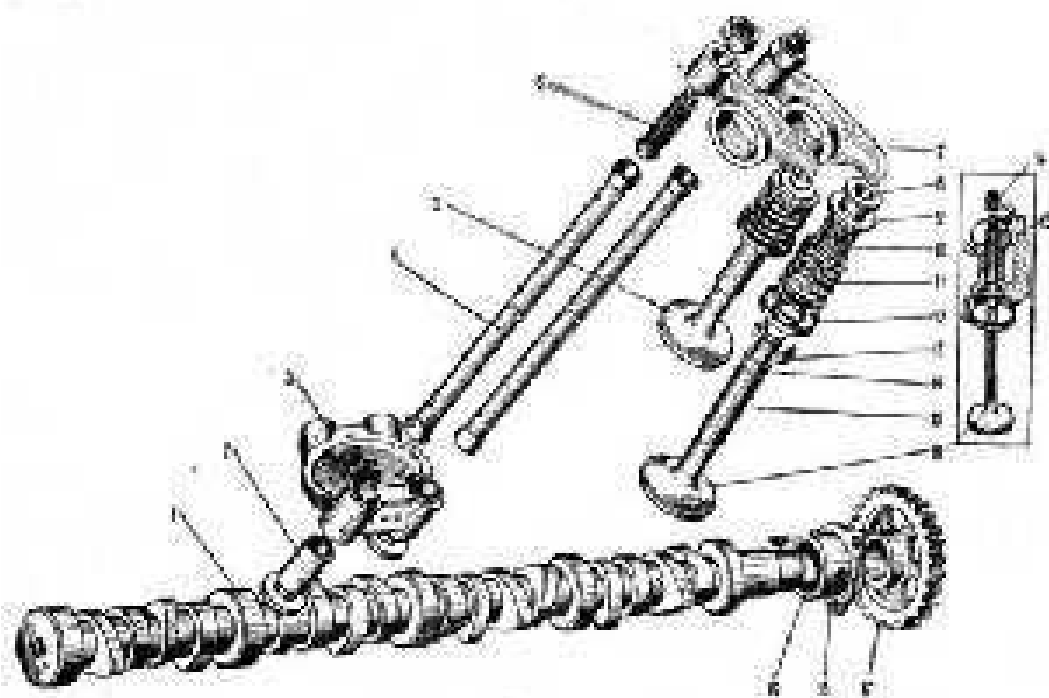
Детали машины, выбракованные вследствие износа, восстанавливают, применяя различные технологические процессы. Под восстановлением изношенной детали понимают ее ремонт с доведением геометрической формы, размеров, и других параметров до первоначальных или выше.

В данной работе рассматриваются вопросы ремонта распределительного вала двигателя КамАЗ.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Устройство механизма газораспределения двигателя КамАЗ-740

Механизм газораспределения этого двигателя состоит из распределительного вала 1 (рис. 1.1) с шестерней 17, толкателей 2 с направляющими 3, штанг 4, коромысел 6 с регулировочными винтами 5 и контргайками 7, впускных 14 и выпускных 15 клапанов с пружинами 10, 11 и деталями их крепления, привода распределительного вала.



1 - вал распределительный; 2 - толкатель; 3 - направляющая толкателя; 4 - штанга толкателя; 5 - клапан выпускной; 6 - винт регулировочный; 7 - коромысло; 8 - втулка; 9-тарелка пружины; 10 и 11- внутренняя и наружная пружины; 12 - шайба; 13-сухарь; 14-уплотнительная манжета впускного клапана; 15 - направляющая втулка клапана; 16-клапан впускной; 17-шестерня распределительного вала; 18-корпус подшипника; 19-втулка подшипника.

Рисунок 1.1 - Механизм газораспределительный

Распределительный вал изготовлен из стали. Он имеет пять опорных шеек и шестнадцать кулачков, преобразующих вращательное движение вала в поступательное движение толкателей, штанги клапанов. Количество кулачков и их расположение соответствует числу клапанов и последовательности их открытия. Рабочие поверхности опорных шеек и кулачков цементированы и закалены токами высокой частоты. Профили у кулачков для впускных и выпускных неодинаковые, поверхности вершин кулачков скошены. Распределительный вал установлен в развале блока цилиндров на пяти подшипниках скольжения, представляющих собой стальные втулки, залитые антифрикционным сплавом. Задний подшипник установлен в опоре, которая крепится к блоку тремя болтами. На заднем конце вала при помощи шпона закреплена прямозубая шестерня. От осевых смещений вал удерживается опорой, в которую с одной стороны упирается ступица шестерни, а с другой стороны - упорный бурт задней опорной шейки.

Толкатели передают усилие от кулачков распределительного вала к штангам. Цилиндрическая направляющая часть толкателя пустотелая, в ней имеются два отверстия для слива масла из внутренней полости. Этим маслом смазывается боковая поверхность толкателей и кулачки распределительного вала. Внутренняя поверхность толкателя заканчивается сферическим гнездом, куда упирается нижний конец штанги. Торцевая поверхность толкателя, сопряженная с кулачком, для повышения износостойкости наплавлена отбеленным чугуном и имеет тарельчатую форму.

Толкатели устанавливаются в чугунных направляющих, прикрепленных к блоку цилиндров. При работе двигателя толкатели постоянно вращаются вокруг своих осей, что обеспечивает их равномерный износ. Вращение толкателей достигается за счет сферической поверхности их тарелок и скошенных поверхностей кулачков распределительного вала. Штанги передают усилие от толкателей на коромысла, они изготовлены из стали, пустотелые, со вставными наконечниками. Нижний наконечник имеет

выпуклую сферическую поверхность, верхний наконечник выполнен в виде сферической чашки. Для прохода смазки через штанги в наконечниках имеются отверстия.

Коромысла передают усилия от штанг клапанам, изготовлены из стали. Каждое коромысло представляет собой двухплечий рычаг, в отверстие которого запрессована бронзовая втулка. Носик длинного плеча коромысла закален до высокой твердости. В короткое плечо коромысла ввернут регулировочный винт с контргайкой для регулировки зазора между коромыслом и торцом стержня клапана.

Коромысла впускного и выпускного клапанов установлены на общей стойке, закрепленной на головке цилиндров двумя шпильками. Осевое перемещение коромысел ограничивается пластинчатым фиксатором, установленным под стойку. В стойке имеется отверстие для подвода масла к коромыслам.

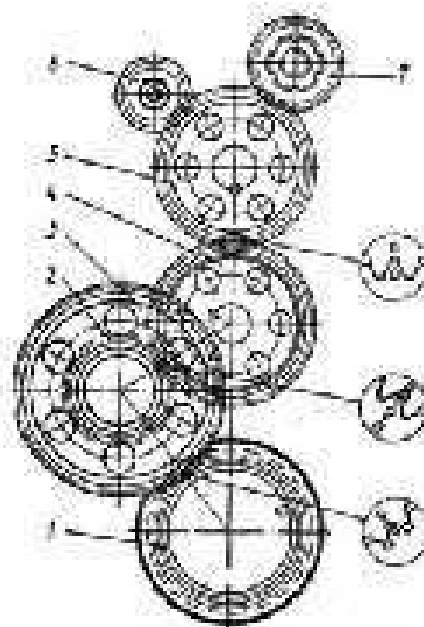
Клапаны предназначены для открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов. Каждый цилиндр имеет один впускной и один выпускной клапаны. Оба клапана изготавливаются из жаропрочной стали. Клапан состоит из головки и стержня, головка имеет рабочую фаску, а стержень кольцевую проточку. Диаметр головки впускного клапана больше, чем у выпускного клапана, это улучшает наполнение цилиндра воздухом. Рабочая фаска головки выпускного клапана, работающего в условиях высоких температур, упрочнена износостойким и коррозионно-стойким сплавом с теллурием.

Клапаны перемещаются в металлопоперечных втулках, запрессованных в головку блока. Для лучшей приработки стержни клапанов перед сборкой покрываются графитом. На втулке впускного клапана устанавливается уплотнительная манжета для ограничения поступления масла в зазор между стержнем клапана и втулкой. К этим деталям попадает масло, вытекающее из сопряжения коромысла с осью.

Клапанные пружины обеспечивают плотное закрытие клапанов, изготовлены из специальной пружинной стали. На каждый клапан устанавливается две цилиндрические пружины с противоположной навивкой. Одним торцом пружины опираются на головку через стальную шайбу и вторым - в упорную тарелку, которая упирается в коническую втулку, удерживаемую на клапане двумя конусными суарями. Втулка имеет небольшую торцовую опорную поверхность, поэтому трение между втулкой и тарелкой незначительное. Вследствие этого клапан под воздействием вибрации имеет возможность проворачиваться относительно седла, чем повышается срок его службы.

Привод распределительного вала осуществляется от ведущей шестерни 1 (рис. 12), установленной на шлицевой коленчатого вала через блок промежуточных шестерен 2 и 3. Все шестерни стальные, штампованные с термообработанными прямыми зубьями. Блок шестерен вращается на двойном коническом роликоподшипнике, установленном на оси, закрепленной на заднем торце блока цилиндров. От шестерни распределительного вала через шестерню 5 получает привод топливный насос высокого давления, а от шестерни 5 через шестерни 6 и 7 соответственно насос гидроусилителя рулевого привода и компрессор.

Для согласованной работы кривошипно-шатунного газораспределительного механизмов и топливного насоса шестерни устанавливаются по меткам «О» и рискам, нанесенным на их торцах. Работа механизма газораспределения заключается в следующем. Вращение коленчатого вала двигателя через блок промежуточных шестерен передается на распределительный вал, кулачки которого набегают на толкатели и заставляют их перемещаться. Усилие от толкателей через штанги и коромысла передается клапанам, заставляя их открываться. При сбегании кулачков с толкателей клапаны закрываются под действием своих пружин.



1-шестерня ведущая; 2,3-шестерни промежуточные; 4-шестерня
распределительного вала; 5-шестерня привода топливного насоса,
6-шестерня привода насоса усилительного механизма,
7-шестерня привода компрессора

Рисунок 1.2 - Установка шестерен привода агрегатов

Фазами газораспределения называются продолжительность открытия впускных и выпускных клапанов, выраженных в углах поворота коленчатого вала относительно мертвых точек. Для лучшего наполнения цилиндров воздухом (или горючей смесью) впускные клапаны открываются до подхода поршня к ВМТ в такте впуска, т.е. с опережением, а закрываются с запозданием после прохождения поршнем НМТ в такте сжатия. Для лучшей очистки цилиндров от отработавших газов выпускные также открываются до подхода поршня к НМТ в такте расширения, а закрываются после прохождения поршня ВМТ в такте впуска.

Фазы газораспределения изображаются в виде круговых диаграмм у (рис. 16). Из диаграммы видно, что при работе двигателя возникают положения, при которых одновременно открыты впускные и выпускные клапаны, такое состояние называется перекрытием клапанов. Для рассматриваемого двигателя оно составляет 20° при положении поршня у ВМТ и 112° при положении поршня у НМТ.

Тепловой зазор между торцом клапана и коромыслом необходим для полного открытия и плотного закрытия клапана в горячем состоянии.

Величина этого зазора должна составлять на холодном двигателе для впускного клапана 0,25 ... 0,30 мм, для выпускного 0,36 ... 0,40 мм.

При увеличенном зазоре клапан полностью не открывается, что ухудшает наполнение цилиндров свежим зарядом и затрудняет удаление отработавших газов. При недостаточном зазоре клапаны, нагреваясь, могут неплотно закрываться, что вызывает утечку газов и перегрев клапанов с возможностью прогара их фасок. Во всех случаях снижается мощность двигателя и возрастает расход топлива.

Регулировка теплового зазора производится с помощью регулировочного винта 5 (см. рис. 1.1) с контргайкой 7.

1.2 Дефекты деталей ГРМ

Детали газораспределительного механизма работают в разных условиях, что и определяет выбор материалов, технологии изготовления и ремонта. Основная деталь механизма - распределительный вал - изготавливается из сталей марок 15Х, 15НМ, 12ХНЗА, 18ХГТ, 40селект, 45, 40Х, 45Х, а также из легированных чугунов. Твердость рабочих поверхностей опорных шеек, кулачков, эксцентрика после термообработки равна 51 ... 63 HRC. Распределительные валы имеют малую жесткость на изгиб и скручивание, что создает дополнительные сложности при изготовлении и ремонте. Требования к точностным характеристикам распределительных валов приведены в табл. 1.1.

Основными дефектами, с которыми распределительные валы поступают в ремонт, являются износ рабочих поверхностей кулачков, опорных шеек и эксцентрика; овальность и конусообразность шеек; задиры и риски на рабочих поверхностях; износ шейки под шестерню; повреждение шпоночного паза или отверстий под штифт; деформация вала; повреждение резьбы, зубьев шестерни.

Клапаны изготавливаются из легированных сталей. Впускные - из сталей 40X10C2M, 40X9C2; выпускные из сталей

Таблица 1.1 - Основные точностные характеристики распределительных валов

Элементы вала	Параметры	Требования (допускные характеристики)
Опорные шейки	Точность обработки Шероховатость поверхности Свальность и конусообразность Радиальное биение	6-й или 7-й классификатор $Ra = 0,32 \dots 0,63 \text{ мкм}$ Не более 0,01 мм Не более 0,015 ... 0,025 мм (в зависимости от модели двигателя)
Кулики	Отклонение оси симметрии куликов от номинального положения Отклонения контрольных точек профиля Шероховатость поверхности Угол наклона образующей кулика к оси вала (для некоторых моделей)	$\pm (30' \dots 1^\circ 30')$ $\pm (1 \dots 2^\circ)$ $Ra = 0,32 \dots 0,63 \text{ мкм}$ $8 \dots 16^\circ$
Шестерня привода распределителя	Шероховатость поверхности зубьев	$Ra = 0,8 \dots 1,25 \text{ мкм}$
Упорный торцевой вал	Нормальность к образующей Шероховатость поверхности торца	Не более 0,02 ... 0,03 мм (в зависимости от модели двигателя) $Ra = 0,8 \dots 1,25 \text{ мкм}$

Стержни клапанов могут быть графитизированы или иметь хромовое гальваническое покрытие толщиной 2... 7 мкм. Торцевая часть стержней клапанов двигателей ЯМЗ изготовлена из стали 40ХН. Рабочие фаски наплавлены жаростойким сплавом ВЖ, ВЗ4, ВХН-2 твердостью 30... 49 HRC. Стержни клапанов имеют твердость 27... 32 HRC, а торцы-42... 58 HRC. Основные дефекты клапанов: износ стержня по диаметру, износ его торцевой поверхности; износ рабочей фаски клапана, риски и раковины на ее поверхности; деформация стержня, трещины.

Коромысла клапанов изготавливаются из сталей 45, 45Л. Твердость закаленных поверхностей 56... 64 HRC3. В отверстие запрессовывается бронзовая втулка. Основные дефекты коромысел - износ носика и рабочей поверхности бронзовой втулки.

Ось коромысел изготавливается из стали 45 и закаливается т. в. ч до твердости 53... 63 HRC. Основной дефект оси - износ участков, на которых установлены коромысла.

Толкатели изготавливаются из сталей 15кп, 35, 45. Для толкателей плунжерного типа применяется наплавка доннышка специальным чугуном с твердостью не менее 61 HRC. Цилиндрическая поверхность толкателя имеет твердость 30... 35 HRC, внутренняя сферическая поверхность под штангу - не менее 42 HRC. Основные дефекты плунжерных толкателей износ наружной и внутренней сферических рабочих поверхностей, износ цилиндрической поверхности толкателя.

Толкатели качающегося типа изготавливаются из стали 45 твердостью 167... 212 НВ, в отверстие запрессовываются втулки из бронзы Бр ОЦС 4-4-2.

Основные дефекты: износ втулки плиты, сопряжения ролика и угольчатого подшипника.

При значительном износе кулачков и обработке их под ремонтный размер, а также при износе и обработке торца стержня клапана, толкателя, штанги, носика коромысла может возникнуть невозможность регулирования зазора в клапанном механизме. Возможность регулирования ограничена не только длиной регулировочного винта, установленного в коромысле, но и расположением и размерами маслоподводящего отверстия в коромысле и маслоприемной канавки регулировочного винта. При регулировании кромка канавки винта может перекрыть маслоподводящее отверстие в коромысле и исключить подвод смазки к месту контакта винта и штанги толкателя. Для восстановления возможности регулирования можно использовать удлиненные регулировочные винты или дополнительные копчаки на клапаны.

Значительное влияние на срок службы газораспределительного механизма оказывает зазор в сопряжении «направляющая втулка - стержень клапана». Так, для двигателя Камаз увеличение зазора на 1 мм приводит к

снижению средней наработки газораспределительного механизма на 1,3 тыс. км, а двигателя целом - на 0,57 тыс. км.

1.3 Способы восстановления распределительного вала

Обработка опорных шеек и кулачков под ремонтный размер. При использовании метода ремонтных размеров для восстановления изношенных поверхностей кулачки обрабатываются по копіру. Если при этом профиль отремонтированного кулачка получается эквидистантным по отношению к профилю нового кулачка, то обеспечивается тот же подъем клапана, но при этом изменяется закон его движения.

Подъем клапана начинается позже и раньше заканчивается его закрытие. Так, равномерное уменьшение размеров кулачка двигателя ВАЗ при обработке под ремонтный размер на 2 мм увеличивает максимальную скорость движения и положительное ускорение клапана на 15%, максимальное отрицательное ускорение - на 21%, на 0,75 ° изменяются углы начала открытия и конца закрытия клапана, т.е. угол открытого состояния клапана сужается на 1,5 °. При восстановлении кулачков под ремонтный размер необходима коррекция формы кулачка для сохранения закона движения клапана, что достигается применением соответствующих копиров.

Обработка под ремонтный размер опорных шеек, кулачков, эксцентрика является основным способом устранения износов этих поверхностей при ремонте.

Опорные шейки распределительного вала шлифуются под один из ремонтных размеров. Количество ремонтных размеров опорных шеек распределительных валов автомобильных двигателей может быть от 1 до 5. Обработка опорных шеек распределительного вала под ремонтный размер проводится на круглошлифовальных станках. Шероховатость поверхности после шлифования характеризуется $Ra = 0,63$ мкм. В качестве контрольно-измерительного инструмента используются рычажные микроскопметры МР50 и

MP75, рычажные скобы CP50 и CP75, калибры, образцы шероховатости. Применяется активный контроль в ходе шлифования. После шлифования обрабатываются фаски опорных шеек.

Кулачки распределительного вала обрабатываются до устранения следов износа и придания им требуемого профиля и положения. Шероховатость рабочих поверхностей кулачков после шлифования должна иметь $R_a = 0,63$ мкм. Профиль кулачка после обработки должен обеспечивать заданный закон движения клапана. При шлифовании кулачков распределительный вал базируется по центрам и шпоночной канавке.

Эксцентрик шлифуется до устранения следов износа, при этом обеспечивается требуемая высота подъема. Для обеспечения требуемой шероховатости поверхностей проводится финишная обработка.

Наплавка. Для устранения значительных износов опорных шеек и кулачков распределительного вала используются различные способы наплавки - вибродуговая, электродуговая в среде углекислого газа или в среде аргона, кислородно-ацетиленовая и др. Применение наплавки под слоем флюса ограничивается малыми диаметрами обрабатываемых поверхностей. Всего существует более 300 вариантов восстановления кулачков распределительного вала. Анализ, проведенный с помощью автоматизированной системы синтеза новых технических решений, показал, что наиболее рациональными являются вибродуговая наплавка и электродуговая наплавка в среде защитного газа.

Напыление. Напылением восстанавливаются изношенные опорные шейки распределительного вала. Высокое качество восстановления обеспечивается при применении плазменного напыления с последующим оплавлением покрытия т. е. ч.

Перед напылением опорные шейки шлифуются для придания им правильной геометрической формы и обеспечения толщины покрытия после окончательной обработки 0,3..0,5 мм. Затем проводится дробеструйная обработка.

Для напыления стальных валов целесообразно использовать порошковую смесь марки ПС-2, в состав которой входят 80... 85% порошка ПЖ-5М и 15... 20% порошка ПГ-ХН80СР4 или по 50% порошка ПГ-ХН80СР3 и ПГ-АУ30Х28Н4С4. В качестве плазмообразующего и транспортирующего газа применяется азот. Оплавление покрытия проводится на установке т. в. ч.

Шлифование опорных шеек после нанесения и оплавления покрытия проводится методом продольного или врезного шлифования алмазными кругами на вулканитовой связке. Припуск на шлифование 0,15... 0,20 мм. Режим продольного шлифования: скорость резания 35 м/с, продольная подача (0,3... 0,4)В мм/об, где В-ширина круга, мм; поперечная подача 0,005... 0,01 мм на двойной ход. Режим врезного шлифования: скорость резания 35 м/с, поперечная подача 0,005... 0,010 мм/об.

Указанный технологический процесс обеспечивает твердость покрытия до 61 HRC3, износостойкость в 3... 4 раза выше по сравнению с закаленной сталью 45, необходимую сцепляемость покрытия и усталостную прочность детали.

Нанесение гальванических покрытий. Этим способом восстанавливаются опорные шейки и шейка под распределительную шестерню. Применяются хромирование и железнение. Последний способ используется чаще.

Перед нанесением гальванических покрытий поверхности шлифуются для устранения следов износа и придания им правильной геометрической формы. Поверхности, не подвергающиеся обработке, изолируются. Отверстия масляных каналов закрываются свинцовыми пробками.

Пластическое деформирование. Пластическое деформирование применяется для устранения деформации детали, устранения износа шейки под распределительную шестерню или шлиц, а также в качестве отделочной операции для опорных шеек и кулачков.

Деформация распределительного вала происходит из-за релаксации внутренних остаточных напряжений и изгибающих нагрузок, возникающих при работе детали. При деформации вала более 0,05... 0,07 мм его правят. При использовании статической правки возникает необходимость создавать упругую деформацию, в 10...15 раз превышающую первоначальный прогиб. Такая правка имеет невысокую точность, снижает усталостную прочность и несущую способность детали, а также не обеспечивает стабильность формы правленной детали. После непродолжительной работы двигателя (30... 70 ч) происходит возвратная деформация вала.

Для стабилизации формы правленной детали могут применяться длительная выдержка детали под нагрузкой, термообработка, двойная правка (с перегибом). Первый способ малоэффективен, так как не обеспечивает надежного, качественного устранения дефекта и увеличивает продолжительность технологического цикла. Термообработка (термофиксация) проводится в электрических печах при температуре 180... 200 °С с временем выдержки 4... 6 ч. Этот способ требует дополнительного оборудования, производственных площадей, расхода электроэнергии и также удлиняет технологический цикл.

Двойная правка осуществляется следующим образом. Первоначально деталь перегибается в противоположную сторону, при этом создается остаточная деформация (перегиб), в 2... 3 раза превышающая первоначальный прогиб. Затем повторным усилием прессы, направленным в противоположную сторону, прогиб устраняется. Такой способ правки получил наибольшее распространение в практике авторемонтного производства, однако он имеет существенный недостаток, связанный с необходимостью создания значительных деформаций вала в процессе правки.

Качественное устранение деформации вала обеспечивается правкой наклепом. Правка осуществляется путем нанесения серий ударов специальным инструментом по нерабочим поверхностям вала,

расположенным между опорными шейками и кулачками, начиная от середины вала.

Правка накатом имеет ряд преимуществ. Этот способ обеспечивает высокую точность правки (до 0,02 мм), высокую стабильность правленной детали, исключает необходимость значительных упругих и пластических деформаций, не снижает усталостную прочность вала, обеспечивает высокую производительность. Существенным недостатком является повышенный шум, что вынуждает проводить эту операцию в специальном помещении и применять индивидуальные средства шумозащиты.

Для восстановления шейки под распределительную шестерню или шлицы используется накатка поверхности рифленным цилиндрическим роликом. Обработка проводится на токарном станке. Потеря опорной поверхности после накатки не должна превышать 50%. Наибольший подъем металла за счет накатки не превышает 0,2 мм на сторону. Шаг накатки рекомендуется 1,5...1,8 мм. Скорость для стальных валов 10...20 м/мин, для чугунных 10...15 м/мин, продольная подача 0,6 мм/об; поперечная подача 0,10...0,15 мм/об; угол заострения ролика 60...70°. Накатка осуществляется при подаче в зону обработки индустриального масла марок И-30А, -45, -50А. Припуск на последующее шлифование 0,10 мм на сторону.

В качестве отделочной обработки опорных шеек и кулачков может применяться алмазное выглаживание. При этом происходит смятие микронеровностей и изменение физико-механических свойств поверхностного слоя. За счет смятия микронеровностей происходит уменьшение размера на 0,015 мм. Обработка опорных шеек, имеющих на поверхности масляные отверстия, требует применения специальных державок с гидравлическими демпферами. Для обработки кулачков используются специальные устройства, обеспечивающие обкатку профиля кулачка.

Отделочная (финишная) обработка. Является завершающей фазой механической обработки детали и имеет своей целью обеспечить требуемую

шероховатость поверхностей: для рабочих поверхностей опорных шеек распределительного вала R_a — 0,32... 0,25 мкм, для кулачков R_a — 0,5... 0,32 мкм. При шлифовании этих поверхностей обеспечивается притуск на последующее полирование до 0,005 мкм.

Полирование опорных шеек, эксцентрика и кулачков выполняется шлифовальными шкурками на тканевой основе (ГОСТ 5009-82, ГОСТ 13344-79). В качестве абразивных материалов применяются белый электрокорунд марки 24А для стальных валов и карбид кремния марки 62С для чугунных. Зернистость абразива 8... 4. Режим полирования: скорость ленты 30... 40 м/с; давление 0,5... 2,0 кгс/см². При обработке водостойкими шкурками стальных валов в качестве охлаждающей жидкости применяется сульфокрезол или масляная эмульсия, при обработке чугунных валов — содовый раствор. При использовании неводостойкой шкурки смазочно-охлаждающей жидкостью служит минеральное масло. Высокое качество обработки обеспечивают алмазные шкурки зернистостью от 63 до 40, обладающие высокой стойкостью.

Полирование распределительных валов шлифовальными шкурками проводится на токарных или шлифовальных станках с применением вибрационно-ленточно-полировальной головки (ВЛПГ). Амплитуда поперечных колебаний 2... 6 мм, частота 5, 10, 15 Гц.

Полирование может проводиться войлочными или фетровыми крутками. Абразивным материалом служит паста ГОИ. Окружная скорость полировального Крута 30... 35 м/с. Финишная обработка может выполняться также методом алмазного выплаживания.

Изношенный шпоночный паз по типовой технологии не восстанавливают и нарезается новый паз с отклонением существующего на 180 градусов. После этого новый паз нужно нарезать и на приводной шестерне.

Однако, для восстановления шпоночного паза можно применить обработку под увеличенную шпонку. Для этого необходимо спроектировать устройство для фиксации вала на столе фрезерного станка.

При аварийном износе кулачков и опорных шеек их приходится наращивать наплавкой вибродуктовым способом с последующим шлифованием. Для этого необходимо спроектировать устройство для наплавки.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание технологического процесса восстановления распределительных валов

После очистки и разборки принимаем на дефектацию распределительный вал. Тщательно измеряем и определяем износы. При измерении должна быть выбрана методика, которая позволяет произвести измерения с наименьшей погрешностью. То есть при измерении должна допускаться погрешность не больше предельной. Для определения износа опорных шеек выбираем - МК-100 по ГОСТ 5673-77.

В начале процесса проводится восстановление центровых фасок. Поврежденная резьба удаляется на токарной операции (станок токарно-винторезный 16К20, резец с пластиной Т15К6). Базисом являются центровые фаски. Режим: глубина резания 0,5...1 мм; подача 0,3 мм/об; скорость резания 52 м/мин.

Для шлифровки кулачков распределительного вала применяют специальные шлифовальные станки. При шлифовке шеек необходимо соблюдать радиус кривошипа и строго выдерживать радиус галтелей в установленных пределах. Уменьшение радиуса галтелей значительно снижает усталостную прочность и часто при нарушении соосности приводит к поломке вала.

При шлифовке необходимо соблюдать очередные требования, т.е. жесткость и усталостная прочность вала, износостойкость кулачков и шеек.

В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей при шлифовании могут быть применены следующие растворы:

- 1,2% эмульсола или специальной пасты и 0,5-0,8% кальцинированной соды (или тринатрийфосфат);

- 2% эмульсола или специальной пасты и 0,25% нитрат натрия;

- 2-3% кальцинированной соды и незначительное количество мыла.

Для восстановления шеек, кулачков и резьбы может применяться наплавка в среде углекислого газа или вибродуговая наплавка. Механическая обработка опорных шеек и кулачков проводится в три этапа: предварительное (обдирочное) шлифование, окончательное шлифование, полирование. Предварительное шлифование проводится шлифовальными кругами ПП600 к 40 к 305 24А 40-П СМ1-СМ2 6К5. Режим: радиальная подача 0,05 мм/об; скорость вращения вала 30 м/мин, скорость вращения круга 40 м/с. Шлифование шейки под шестерню проводится аналогично шлифованию опорных шеек. Радиальная подача предварительная 0,05 мм/об, окончательная - 0,005 мм/об. При обработке шеек базами являются центровые фаски, при обработке кулачков - центровые фаски и шпоночный паз.

После предварительного шлифования проводится правка вала. Инструмент - пневмомолоток КМП-14М с закрученным бойком. Режим: давление воздуха 5 кгс/см²; частота ударов 37...42 Гц; энергия одиночного удара 2,5...5,0 Дж. Число ударов зависит от размера устраняемой деформации.

На токарной операции проводится обработка торца и фасок, нарезание и калибрование резьбы. Обработка фасок ведется резцом с пластиной Т15К6 при скорости резания 25...35 м/мин. Нарезание резьбы при скорости резания 30 м/мин. Число проходов 3...5. Калибрование резьбы осуществляется пластиной при скорости резания 4 м/мин.

Окончательное шлифование опорных шеек и кулачков проводится кругами ПП600 к 40 к 305 24А 25-П СМ1-СМ2 5К8. Режим: радиальная подача 0,005 мм/об; скорость вращения круга 35 м/с.

Обработка фасок отверстий масляных каналов на вертикально-сверлильном станке 2Н125 зондовкой с пластинами Т15К6 при частоте вращения инструмента 500 об/мин.

В качестве финишной операции выполняется полирование кулачков и опорных шеек.

После обработки проводится промывка масляных каналов и общая мойка вала. Контроль вала проводится в соответствии с требованиями ремонтного чертежа.

В случае невозможности восстановления кулачков и опорных шеек шлифованием прибегают к методам восстановления с наращиванием, например, вибродуговой наплавке.

2.2 Анализ метода восстановления вибродуговой наплавкой

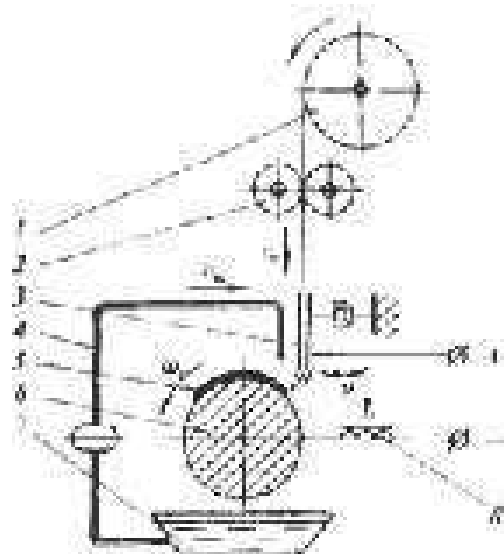
2.2.1 Описание особенностей вибродуговой наплавки

Процесс вибродуговой наплавки разработан в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ) инженером Г.П. Клековичным в 1950-1952 гг.

Вибродуговая наплавка (рис. 1) имеет ряд особенностей:

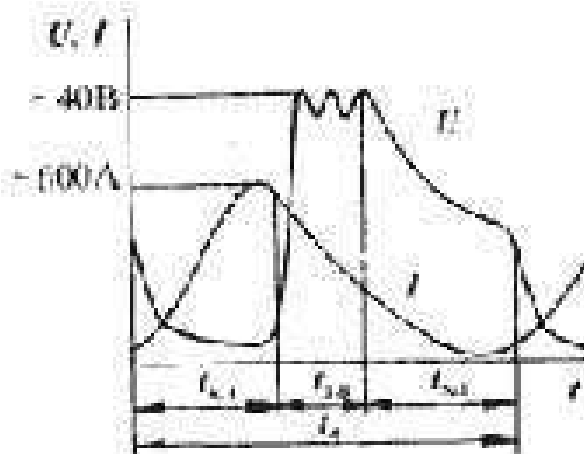
- в цепь нагрузки источника питания включена индуктивность L ;
- напряжение источника питания недостаточно для поддержания непрерывного дугового разряда,
- электродная проволока совершает колебания относительно детали с частотой 50... 100 Гц и амплитудой 1...3 мм с периодическим касанием наплавляемой поверхности.

Цикл наплавки (рис. 2) включает в себя три этапа: дуговой разряд, короткое замыкание и холостой ход. Введение индуктивности в цепь дуги обеспечивает накопление электрической энергии в индуктивности во время разомкнутого состояния цепи, сдвиг фаз тока и напряжения, поэтому переход тока через нуль происходит при наличии напряжения источника питания и возникновении электродвижущей силы самоиндукции, которая совпадает по направлению с напряжением источника питания. Это обеспечивает повторное возникновение дугового разряда после разрыва сварочной цепи и устойчивое горение дуги.



1-кассета для проволоки, 2-подающие ролики, 3-качающийся мундштук, 4-система подачи раствора, 5-наплавленный слой, 6-восстанавливаемая деталь, 7-емкость, S -индуктивное сопротивление, $v_{\text{д}}$ и $v_{\text{р}}$ -скорость подачи соответственно проволоки и раствора, $\omega_{\text{д}}$ -угловая скорость вращения детали, ν -частота качающей мундштука, L -индуктивность

Рисунок 1 - Схема вибродуговой наплавки



$t_{\text{з.з.}}$ -время короткого замыкания, $t_{\text{д.р.}}$ -время дугового разряда, $t_{\text{х.х.}}$ -время холостого хода, t -текущее время, $t_{\text{п}}$ -период

Рисунок 2 - Осциллограмма тока I и напряжения U при вибродуговой наплавке

- Наплавленный металл имеет равномерную толщину и сравнительно ровную и гладкую поверхность;
- повышение производительности в 4-5 раз в сравнении с ручной дуговой; обеспечение безопасности работ, благодаря низкому напряжению процесса
- Низкое напряжение процесса обеспечивает безопасность работ

2.2.2 Выбор электродной проволоки для инверсионной наплавки

Марку электродной проволоки выбирают в зависимости от требуемых механических свойств наплавленного металла. При наплавке стальных и чугунных деталей для получения слоя твердости 51...56 HRC применяют проволоку Нп-65, Нп-80. Для получения твердости 37...41 HRC наплавку ведут проволокой Нп-30ХГСА, а твердости 180...240 HB - проволокой Св-08. При наплавке заготовок из серого чугуна ведут двухслойную наплавку проволокой Св-08, при этом расход жидкости составляет 0,02 л/мин. На толщину наплаваемого слоя оказывают влияние диаметр электрода (табл. 1), и соотношение скоростей подачи проволоки и количества оборотов детали. Увеличение скорости подачи электрода способствует утолщению наплаваемого слоя, а увеличение скорости вращения детали уменьшению наплаваемого слоя.

Таблица 2.1 - Диаметр электрода и напряжение источника питания в зависимости от толщины наплавленного металла

Параметр	Толщина наплавленного металла, мм		
	0,3...0,9	1,0...1,6	1,7...2,5
Диаметр электрода, мм	1,6	2,0	2,5
Напряжение источника питания, В	12...15	15...20	20...25

Примерные режимы наплавки:

- ток обратной полярности силой 70...75 А,
- с напряжением 12...30 В, угол подвода проволоки к детали 15...30°,
- шаг наплавки 2,3...2,7 мм/об,
- диаметр проволоки 1,6 мм,
- скорость подачи проволоки <1,65 м/мин,
- скорость наплавки 0,50...0,65 м/мин.

При токах <100А в сварочную цепь последовательно с источником питания включают дополнительную индуктивность 0,4...0,7 мГн.

2.2.3. Особенности вибродуговой наплавки

Свойства покрытий при вибродуговой наплавке могут быть улучшены применением: защитных сред (диоксида углерода, водного пара, пены, флюсов), последующей термической обработкой изделий, порошковым проволоч, обкаткой роликами или ультразвуковым упрочнением.

- При разработке технологических процессов вибродуговой наплавки учитывают ряд особенностей.
- Первый и последний валы наплавляют на цилиндрические поверхности при отключенной подаче.
- При консольном закреплении детали наплавку ведут от свободного конца к патрону.
- Галтели детали наплавляют в последнюю очередь.
- Резьбовые поверхности наплавляют без подачи охлаждающей жидкости.
- При шаге резьбы >1,5 мм шаг наплавки устанавливается равным шагу резьбы.
- Для наплавки эксцентриков используют копирующие устройства, а вылет электродов назначают на 2...3 мм больше величины эксцентриситета.

- Шлифы глубиной $\leq 1,5 \dots 2,0$ мм наплавляют при вращении детали, а более крупные шлифы - с подачей головки вдоль оси детали. В последнем случае после наплавки каждого валика деталь поворачивают примерно на 180° относительно ее оси и наплавляют газ на противоположной стороне детали. Прием исключает деформации детали.

Контроль стабильности процесса восстановления осуществляется по равномерности издаваемого звука и показаниям амперметра. Признаками правильного хода процесса являются почти неподвижная стрелка амперметра на одном значении и равномерный звук плавящегося электрода. Непривычный для процесса потрескивающий звук и резкие колебания показаний амперметра обозначают неправильно выбранный режим наплавки.

2.2.4 Оборудование для вибродуговой наплавки

Для вибродуговой наплавки применяют источники питания с жесткой внешней характеристикой: генераторы АДН-500/250, преобразователи ПД-305, ПСГ-500, выпрямители ВС-300, ВС-600, а также дроссели типа А-780 или А-855 конструкции ИЭС им. Е. О. Патона, дроссели РСТЭ-24 или РСТЭ-34 от сварочных трансформаторов СТЭ-24, СТЭ-34 или дроссельную обмотку трансформатора СТН-500. При использовании указанных дросселей для получения нужного значения индуктивности следует сделать отводы от верхнего ряда обмотки через один-два витка для последующей их коммутации.

Разработаны специализированные установки УД-209, УД-283, УД-284, ОКС-27414, УД-144, ОКС-27508, наплавочные станки УД-143, ОКС-11336 ГОСНИТИ, в том числе универсальный станок У-653. Специальные наплавочные головки ОКС-6569М и ОКС-1252 обеспечивают подачу наплавочной проволоки и ее вибрацию. Эти головки могут работать также в режиме наплавки под слоем флюса и в среде защитного газа при нанесении покрытий на внутренние и наружные поверхности. Скорость подачи электродной проволоки составляет $0,52 \dots 4,5$ м/мин. Габаритные размеры

устройство 730х300х700 мм, масса 60 кг. В ходе длительного использования наплавочной головки подвергаются износу направляющая трубка муфштуха и рифления подающего ролика, а также ослабевает затяжка конусного болта шатуна наплавочной головки и проявляются прочие неисправности. Все они способствуют нарушению режима выполнения процесса и неправильной наплавке деталей с рядом дефектов. Для устранения подобных отклонений необходимо обеспечивать своевременное обслуживание установок.

Процесс вибродуговой наплавки имеет следующие недостатки:

- снижение усталостной прочности до 60 % из-за образования закалочных структур в материале, вызывающих растягивающие напряжения и неоднородность твердости (в местах перекрытия точек сварки в результате отпуска твердость снижается);
- наличие пор в покрытии по причине быстрого перехода металла из жидкого состояния в твердое.

2.3 Выбор рационального способа восстановления дефектов распределительного вала

Основными дефектами, с которыми распределительные валы поступают в ремонт, являются износ рабочих поверхностей кулачков, опорных шеек и эксцентрика, овальность и конусообразность шеек, задиры и риски на рабочих поверхностях; износ шейки под шестерню; повреждение шпоночного паза или отверстий под штифт; деформация вала; повреждение резьбы, зубьев шестерни.

Предлагаемые способы восстановления при износе опорных шеек вала:

- 1) Механизированная вибродуговая наплавка.
- 2) механическая обработка под ремонтный размер.
- 3) осталивание.

Рациональный способ восстановления деталей определяют, пользуясь следующими критериями: технологическим (или критерием применимости), техническим (долговечности) и технико-экономическим (обобщающим).

Технический критерий определяется по формуле:

$$K_d = K_f \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{II}, \quad (2.1)$$

где K_f - коэффициент долговечности,

K_B - коэффициент износостойкости,

K_C - коэффициент выносливости,

K_{II} - коэффициент сцепляемости покрытия,

K_{II} - поправочный коэффициент, $K_{II}=0,9$.

Определяем технический критерий для способов восстановления:

$$K_{d1} = 0,91 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,713.$$

$$K_{d2} = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,769.$$

$$K_{d3} = 0,91 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,672.$$

Технико-экономический показатель определяется по формуле:

$$K_T = \frac{C_v}{K_d}, \quad (2.2)$$

где C_v - стоимость восстановления детали, руб./м²,

$$K_{T1} = 974 / 0,713 = 1366,06;$$

$$K_{T2} = 544 / 0,769 = 707,41;$$

$$K_{T3} = 604 / 0,672 = 898,81$$

Эффективным считается способ, у которого K_T стремится к нулю. Из этих соображений окончательно выбираем 2-ый способ восстановления кулачкового вала, то есть механическая обработка под ремонтный размер.

2.4 Расчет и выбор параметров режимов обработки.

Основные режимы процесса вибродуговой наплавки рассчитываются по следующим формулам [1]

Необходимая сила тока I , А:

$$I_{CB} = (60 \dots 75) \cdot (\pi d^2 / 4) \quad (2.1)$$

где d - диаметр электрода, $d = 2$ мм.

$$I_{CB} = 65 \cdot (3,14 \cdot 2^2 / 4) = 204 \text{ А},$$

Скорость наплавки V_n , м/ч

$$V_n = 0,785 d^2 \cdot V_{\text{н}} / h \cdot S \cdot a \quad (2.2)$$

где h – толщина наплавляемого слоя, мм;

S – шаг наплавки, мм/об;

a – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл

$$V_n = 0,785 \cdot 4 \cdot 102 \cdot 0,85 / 3,8 \cdot 0,8 \cdot 1,3 = 69,8 \text{ м/ч}$$

Скорость подачи электрода $V_{\text{э}}$, м/ч

$$V_{\text{э}} = 0,2 + 10 \varepsilon + \frac{U}{d^2} \quad (2.3)$$

$$V_{\text{э}} = 0,1 \cdot 204 \cdot 20 / 4 = 102$$

$$S = (1,6 \dots 2,2) d = 1,9 \cdot 2 = 3,8 \text{ мм/об} \quad (2.4)$$

Частота вращения детали, мин^{-1} :

$$n = \frac{1000 V_n}{60} \cdot \pi \cdot a \quad (2.5)$$

$$n = 1000 \cdot \frac{69,8}{60} \cdot 3,14 \cdot 40 = 9,26$$

$$H = (5 \dots 8) \cdot d = 7 \cdot 2 = 14 \text{ мм} \quad (2.6)$$

Амплитуда колебаний

$$A = (0,75 \dots 1,0) \cdot d = 0,85 \cdot 2 = 1,7 \text{ мм} \quad (2.7)$$

Станок шлифовальный 3А433.

Число оборотов шлифшлефа

$$n = 500 \text{ мин}^{-1}$$

Принимаем подачу $S = 0,78 \text{ мм/об}$.

$$V_d = \pi \cdot D \cdot n / 60 \cdot 1000, \quad (2.8)$$

где V_d – действительная окружная скорость шлифовального блока, м/сек.

D – диаметр обработанной поверхности, мм, $D_p = 54 \text{ мм}$.

$$V_d = 3,14 \cdot 54 \cdot 500 / 60 \cdot 1000 = 1,41 \text{ м/сек.}$$

Расчёт глубины резания:

$$t = (D-d) / 2 = (54 - 53,69) / 2 = 0,31 \text{ мм.} \quad (2.9)$$

Определяем мощность резания:

$$N_p = P \cdot V_{\text{резания}} \quad (2.10)$$

где $P = C_{ps} \cdot t^y \cdot S^x \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.11)$

при $C_{ps} = 285$; $y = 0.75$; $x = 1$; $n = -0.15$.

$$N_p = 285 \cdot 0,31^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 141^{-0,15} \cdot 0,55 = 4,78 \text{ кВт.}$$

2.5 Техническое нормирование режимных работ

Техническое норму времени на шлифование определяется по формуле:

$$H_v = T_{осн} + T_v + T_d + T_{пз}, \quad (2.12)$$

где H_v – норма времени, мин.;

$T_{осн}$ – основное (машинное) время на растачивание поверхности, мин.;

T_v – вспомогательное время, мин.;

T_d – дополнительное время, мин.;

$T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время, $T_{пз} = 15 \text{ мин.}$

$$T_{осн} = L \cdot i / n \cdot S, \quad (2.13)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности детали, мм.;

i – число проходов, принимаем $i = 2$;

$n = 500$ – число оборотов шпинделя;

$S = 0,78 \text{ мм/об}$ – подача.

$$L = l_1 + l_2 + l_3, \quad (2.14)$$

где l_1 – длина обрабатываемой детали;

$l_2 = 2 \text{ мм}$ – врезание и перебег резца;

$l_3 = 5 \text{ мм}$ – длина проходов со снятием пробных стружек.

$$T_{осн} = 157 / 500 \cdot 0,78 = 0,40 \text{ мин.}$$

$$T_d = 0,1 \cdot T_{осн} \quad (2.15)$$

$$T_d = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ мин.}$$

$$H_{\Sigma} = 0,4 + 10 + 0,04 + 15 = 25,44 \text{ мин.}$$

2.6 Охрана окружающей среды

Для снижения вредного влияния подвижного состава на окружающую среду предлагается внедрить следующие мероприятия:

- своевременная и качественная регулировка системы питания двигателей и выпуска отработавших газов путем внедрения дополнительного диагностического оборудования;
- сливать отработанные жидкости, масла, кислоты в специальные емкости для последующей их утилизации на специальных заводах.
- разработка очистных сооружений на посту мойки автомобилей, дающих высокую степень очистки воды, что позволит направить ее вновь на мойку;
- произвести озеленение территории предприятия.

Соблюдение санитарных норм устраняет перечисленные неблагоприятные явления и способствует повышению производительности труда на 5-6%.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Анализ существующих конструкций

Главной особенностью вибродуговой наплавки, по сравнению с иными сварочными процессами, является наличие колебаний электродной проволоки с частотой 50-100 Гц и низким напряжением сварочного тока. Перенос металла электродной проволоки на деталь происходит за счет чередования электрических разрядов и коротких замыканий цепи.

Преимуществами вибродуговой наплавки являются простота, высокая производительность и экономичность. Данный способ предоставляет возможность восстановления деталей малого диаметра и способствует достижению высокой твердости без последующей термической обработки.

Для вибродуговой наплавки используют переоборудованные токарно-винторезные станки. Основными изменениями являются уменьшение частоты вращения шпинделя, установка вибрационной головки на суппорте станка. Основными элементами установки являются: станок, вращающаяся деталь, источник питания, наплавочная головка и система подачи жидкости.

Для установки используются наплавочные головки ОКС-6569, УПИБГ-7, ОКС-1252, НИИАТ УАНЖ-6, КУМА-5, ГМВК-2 ВИМ. В качестве источников питания используют низковольтные генераторы постоянного тока (АДН-500/250, АДН-1000/500) и сварочные генераторы типа ПС-300 и др. (выпрямители ВС-300 и ВС-600, преобразователи ПД-305 и ПСГ-500).

					ВКР.230303.388.17.00.00.			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	Установка для наплавки	Лист	Лист	Листов
Разработ.		Разработчик						
Провер.		Шуриков РР					0	10
Нормир.		Нормир Р.1						
Утв.		Аксенов РР						
						Казанский ГАУ им. Г.С.		

Таблица 3.1- Параметры процессов наплавки

Наплавочная головка	Параметры процесса наплавки		
	диаметр проволоки, мм	скорость подачи, мм/с	амплитуда вибрации, мм
ВНИИАН УАНЖ-5	1,2-2,0	12,5-22	0,8-3,0
ВНИИАН УАНЖ-6	1,4-2,0	5-39	0,8-3,0
ГМВК-2 ВИМ	1,0-2,3	19-70	До 3,0
КУМА-5	0,5-2,5	3,3-50	-
УЛИВГ-5	До 3,0	8,7-42,7	1,4-1,6
УЛИВГ-7	До 3,0	10-34,5	1,65-3,25
ОКС-6569	До 3,0	8,7-75	0-3,0

Существуют ряд авторских свидетельств, описывающих принцип вибродуговой наплавки и устройств для вибродуговой наплавки.

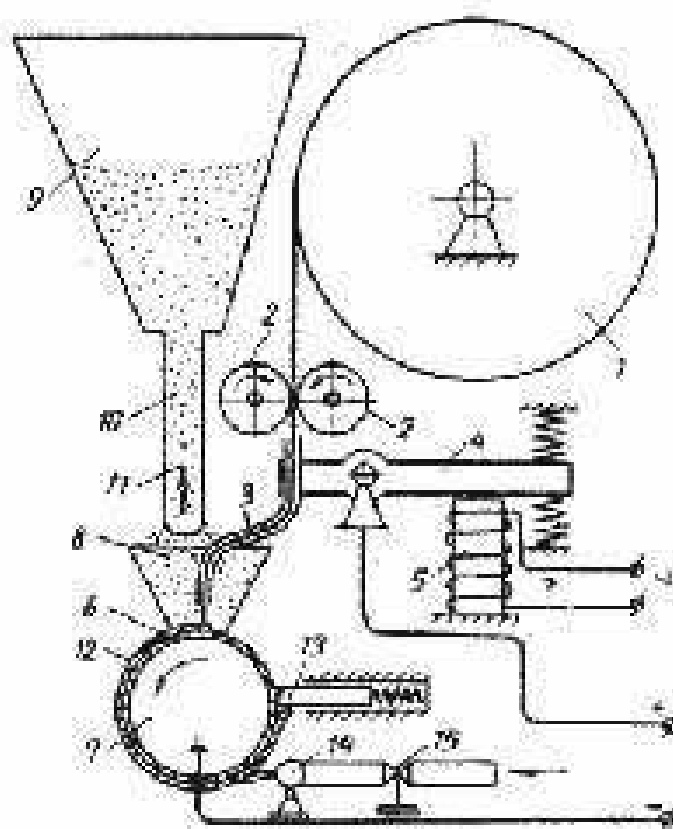
Авторское свидетельство №149167 описывает принцип вибродуговой наплавки под слоем флюса и с постоянным водяным охлаждением. Данный метод позволяет улучшать качество наплавляемого металла и уменьшить деформацию детали в процессе наплавки. Постоянное охлаждение осуществляется через душевое устройство с регулировочным краном. Устройство позволяет регулировать скорость и место подачи жидкости, что

способствует

получению

необходимой

структуры



металла.

1-кассета, 2-ролики, 3-мундштук, 4-вибратор, 5-электромагнит, 6-направляемый вал, 7-деталь, 8-флексодерживающее приспособление, 9-бункер, 10-флексопровод, 11-регулирующая заслонка, 12-шляковая коробка, 13-резец, 14-пружина, 15-регулирующий орган

Рисунок 3.1 – Схема вибродуговой наливки металла

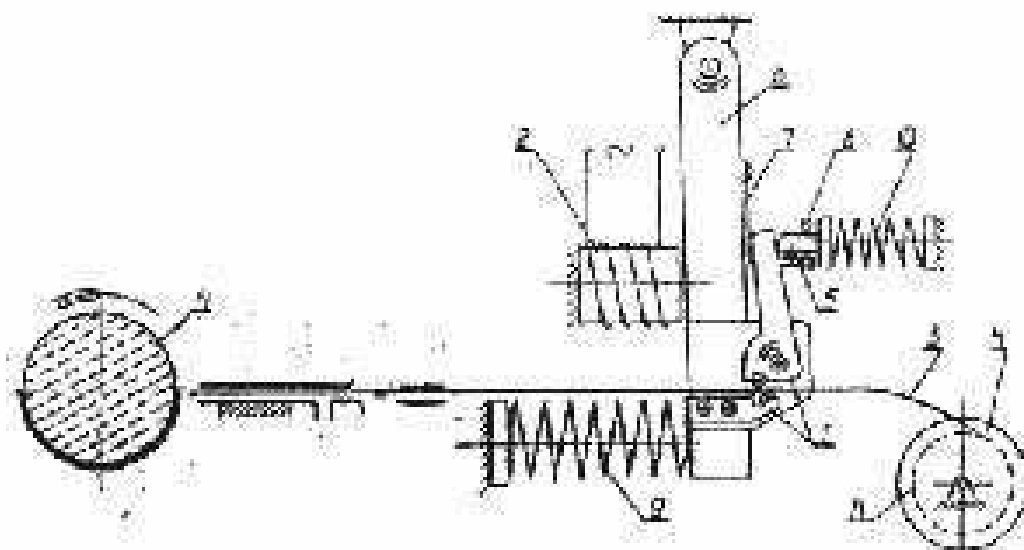
Авторское свидетельство №114078 описывает сварочную головку для вибродуговой наливки. Данная головка снабжена эксцентриковым зажимом, совершающим колебания под действием электромагнитного вибратора и осуществляющим импульсную подачу электрода на изделие. Данная головка обеспечивает надежный периодический отрыв электрода от изделия. Это достигается тем, что с одной стороны на подвижную губку зажима действует пружинный упор с ограничителем, обеспечивающий захват зажимом электродной проволоки, а с другой стороны - пружина, раскрывающая зажим.

Изм.	Лист	Подпись	Подпись	Дат

ВКР.230303.388.17.00.00.

Лист

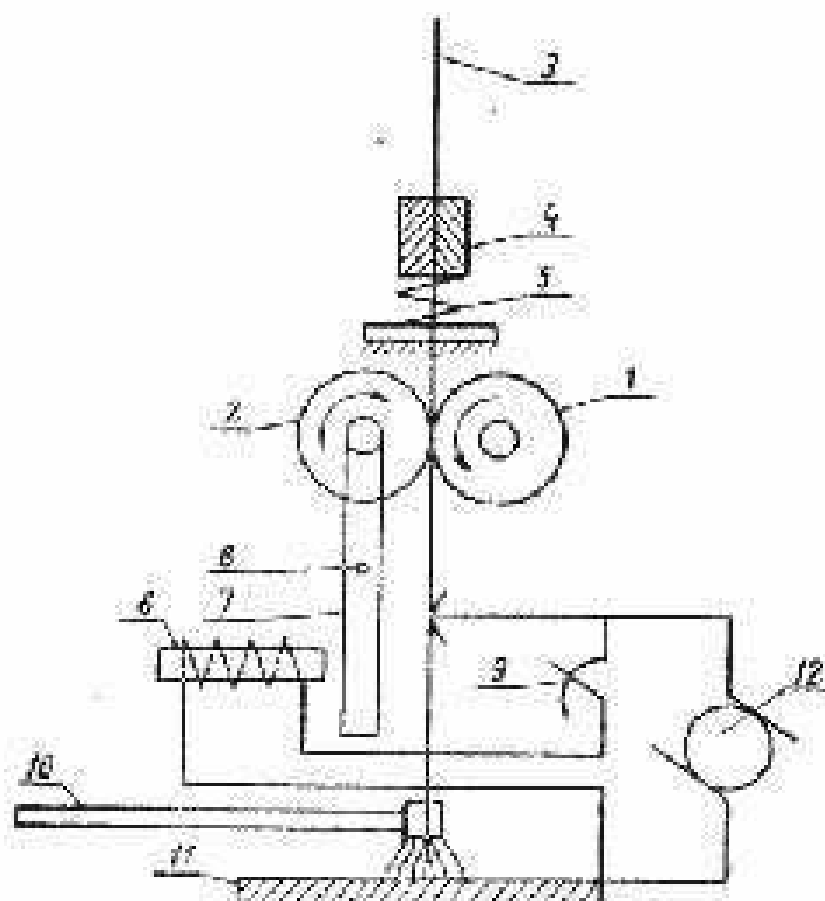
3



1-эксцентриковый зажим, 2-электромагнитный вибратор, 3-электродная проволока, 4-обрабатываемое изделие, 5-рычаг, 6-ограничитель, 7,9,10-пружина, 8-якорь (реле) вибратора, 11-кассета

Рисунок 3.2 – Схема головки для вибродуговой наплавки

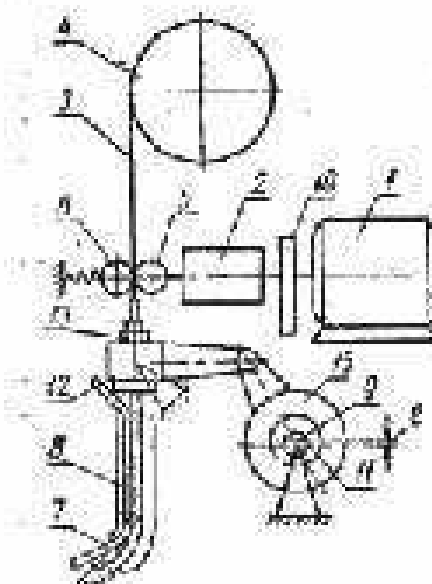
Авторское свидетельство №111897 описывает сварочную головку для вибродуговой наплавки металлических изделий снабженную роликами для подачи электрода и механизмом продольной вибрации для периодического замыкания электрода. В данной конструкции с целью упрощения конструкции головки, прижимной ролик механизма подачи электрода укреплен на конце поворотного рычага, второй конец которого находится под воздействием электромагнита, включенного в сварочную цепь параллельно сварочной дуге, а на пути электрода перед подающими роликами расположен подпружиненный фрикционный захват, автоматический отводящий электрод от изделия при отходе прижимного ролика от электрода.



1-ведущий ролик; 2-прижимной ролик; 3-электродная проволока; 4-фрикционный замок; 5-пружина; 6-электромагнит; 7-поворотный рычаг; 8-ось; 9-регулируемый реостат; 10-трубка для подвода защитного газа; 11-изделие; 12-сварочный генератор

Рисунок 3.3 – Упрощенная схема головки для вибродуговой наплавки

Авторское свидетельство №134356 описывает устройство для вибродуговой наплавки металлов, содержащее эксцентриковый шатуно-рычажный механизм для создания вибраций выходного мундштука с электродом и механизм для подачи электрода в зону наплавки. Его особенностью является наличие набора сменных мундштуков с одним или несколькими электродами, либо с ленточным электродом для обработки изделий различных форм, а также наплавки внутренних поверхностей изделий. С целью повышения эксплуатационной надежности, в теле шатуна рычажной системы имеются полости для подачи охлаждающей жидкости к подшипникам шатуна.



1-электродвигатель; 2-редуктор; 3-электрод; 4-кассета; 5-ведущий ролик; 6-прямой ролик; 7-трубка; 8-стенный муфта; 9-эксцентриковый вал; 10-клиновременная передача; 11-эксцентриковая втулка; 12-корпус; 13-гайка; 14-головка муфты; 15-шпунг

Рисунок 3.4 – Кинематическая схема устройства для вибродуговой наплавки

Основные направления разработок в способе вибродуговой наплавки направлены на повышения эксплуатационных качеств, надежности устройства и повышения качества наплавки вместе с сокращением и улучшением качества детали.

Одной из новых разработок для вибродуговой наплавки является головка ОКС-6569М ГОСНИТИ. Она предназначена для наплавки деталей диаметром более 15 мм, толщиной износ от 0,5 до 3 мм. Наплавка производится в среде жидкости или углекислого газа проволокой сплошного сечения диаметром от 1,2 до 3 мм. Головка пригодна также для наплавки порошковой проволокой. При использовании специальной проволоки Св-15 наплавку ведут при отключенном вибраторе. Наплавочная головка ОКС-6569М-ГОСНИТИ устанавливается на суппорт токарного станка вместо резцедержателя. Уменьшение скорости подачи осуществляется редуктором типа РЧН-120. В качестве источника сварочного тока используется сварочный выпрямитель ВДУ-506 УЗ. На этом станке можно производить

					ВКР.230303.388.17.00.00.	Лист
Изм.	Лист	Наб.докум.	Подпись	Дат		6

наплавочные работы на цилиндрических деталях сварочной проволокой в среде защитных газов, с вибрацией и без нее, под слоем флюса, при установке дополнительного бункера, а также можно дополнительно применять охлаждение зоны шва водой. Бункер под флюс и подача воды – отдельные системы, независимые от работы головки. Скорость подачи проволоки регулируется ступенчато, заменой шестерен редуктора. Амплитуда колебания электрода 0–2,4 мм, частота постоянна – 75 раз в секунду.

Положительными свойствами вибродуговой наплавки является в первую очередь температурный режим жидкой ванны которая составляет 1450–1500 °С, которая не превышает температуру плавления металла. Это способствует смягчению теплового режима наплавки и предотвращает испарение и выгорание химических компонентов металла. При температурах вибродуговой наплавки азот остается не диссоциирует и поэтому остается химически нейтральным к железу, что способствует обеспечению хорошего качества наплавки без применения средств защиты (флюса, газа и др.).

Вибродуговая наплавка дает возможность за один проход получать равномерные слои толщиной от нескольких сотых до 3 мм.

Одновременно вибродуговая наплавка имеет ряд недостатков. Нарощенный слой сплава имеет неоднородную структуру и соответственно физико-механические свойства, что способствует уменьшению усталостной прочности детали. Производительность вибродуговой наплавки значительно ниже чем у наплавки под слоем флюса, а безвозвратные потери электродной проволоки на угар и разбрызгивание повышается в 3–4 раза.

3.2 Устройство предлагаемой конструкции

Качественное и экономически выгодное восстановление детали возможно при наличии надежных, легких в эксплуатации, современных устройств. Учитывая габариты и особенности формы восстанавливаемой детали, в рамках данной работы принято решение разработки проекта

					ВКР.230303.388.17.00.00.	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

установки обеспечивающей копирование сложных поверхностей, благодаря копировальной системе.

Применение данного устройства для наплавки позволит существенно повысить возможности восстановления деталей различных форм и конфигураций.

Предлагаемое устройство имеет ряд технологических преимуществ перед существующими конструкциями. Устройство обладает большой и малой рабочей скоростью, имеет достаточную производительность для проведения наплавки, имеет возможность копировать поверхность наплавляемой детали.

Конструкция предназначена для установки, наплавляемой детали, приведения ее в движение и подачи электродной проволоки в зону наплавки, перемещения электродной проволоки вдоль оси наплавляемой стали и при необходимости, приведения электродной проволоки в колебательное движение, а также копирования эксцентриковых поверхностей. Основными составляющими устройства (рисунок 3.5) являются основания 1, на переднем основании крепятся опоры 2 качающейся платформы 3, эксцентриковый кулачок 4, ролик 5, который установлен на кронштейне 6, пружины растяжения 7, электродвигатель 8, который соединяется через ременную передачу 9 с коробкой скоростей 10, трехкулачковый патрон 11 и наплавочная головка 12.

В основании размещается электродвигатель на качающейся плите, а также опоры качающейся платформы, которые соединяются с платформой с помощью шпилек, на платформе размещаются коробка скоростей и задняя бабка. На заднем основании устанавливаются стойки для установки кронштейна ролика и наплавочной головки.

Установка комплектуется вибродуговой наплавочной головкой.
Размеры наплавляемых деталей

Диаметр — от 25 до 240 мм,

длина — от 80 до 1200 мм,

					В КР.230303.388.17.00.00.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		8

масса – до 200 кг.

Высота центра наплавки от уровня пола 1070 мм. Вид климатического исполнения - УХЛ4 по ГОСТ 15150-69.

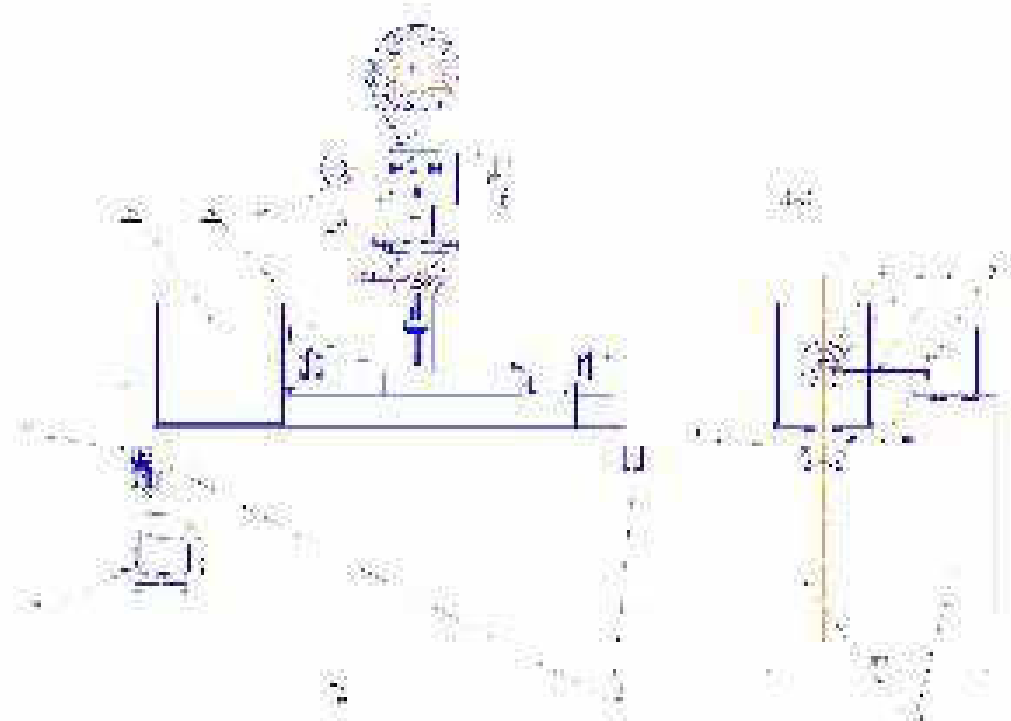
Таблица 3.2 - Технические данные

Наименование	Норма
1.Сварочный ток при ПВ = 50% и длительности цикла работы , 10 мин, А	450±10
2.Скорость подачи электродной проволоки, м/ч, в пределах	80-350
3. Регулировка скорости подачи электродной проволоки	ступенчатая
4.Шаг наплавки, мм, в пределах	2,8-12,8
5.Смещение электродной проволоки от зенита, мм	30±10
6.Частота вращения шпинделя, об/мин, в пределах	0,1-15
7.Регулировка частоты вращения шпинделя	плавная
8.Размах колебания электрода, мм, в пределах	0-60
9. Вертикальное перемещение электрода от оси шпинделя, мм, не более	250
10 Скорость вертикального перемещения электрода м/мин, не менее	0,34
11 Габаритные размеры, мм	
длина	2200
ширина	1008
высота	2900

3.3 Принцип работы предлагаемой конструкции

Наплавляемая деталь устанавливается с помощью трёхкулачкового патрона и задней бабки. После этого подается питание электродвигателю и наплавочной головки, движение от электродвигателя с применением ременной передачи передается коробке скоростей, которая в свою очередь приводит в вращение вал на котором установлены трёхкулачковый патрон и

кулачок через червячный редуктор. После этого начинает работать наплавочная головка и производится процесс наплавки. Принцип копирования заключается в том, что эксцентриковый кулачок (копирующий геометрию наплавляемой детали) 4 совершает вращательное движение вместе с валом от коробки скоростей к патрону, и взаимодействует с роликом 5 установленном на кронштейне 6, в следствие этого пружины 7 растягиваются и позволяют платформе 3 менять положение. При этом меняется и положение центра наплавляемой детали относительно точки наплавки на необходимую величину, это позволяет равномерно копировать поверхность детали. Электродвигатель устанавливается на качающейся опоре, что позволяет сохранять натяжение ремня 9 в процессе наплавки.



1-основание, 2-опора качающейся платформы, 3-качающаяся платформа, 4-эксцентриковый кулачок, 5-ролик, 6-кронштейн, 7-пружина растяжения, 8-электродвигатель, 9-ремень, 10-коробка скоростей, 11-трёхкулачковый патрон, 12-наплавочная головка

Рисунок 3.5- Устройство для наплавки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.230303.388.17.00.00.

Лист

10

3.4. Расчет и выбор параметров резьбового соединения

Исходные данные

Условное обозначение резьбового соединения: $M30\ H/6d$

Здесь M - резьба метрическая;

10 - номинальный диаметр (мм);

6 - степень точности для среднего диаметра резьбы гайки,

H - поле допуска для среднего диаметра резьбы гайки,

6 - степень точности для внутреннего диаметра резьбы гайки,

H - поле допуска для внутреннего диаметра резьбы гайки,

6 - степень точности среднего диаметра резьбы болта,

d - поле допуска для среднего диаметра резьбы болта,

6 - степень точности для наружного диаметра резьбы болта,

d - поле допуска для наружного диаметра резьбы болта.

3.4.1 Определение основных параметров резьбового соединения

Шаг резьбы P определяется по ГОСТ 8724-81 $P=2\text{ мм}$

$$d_2 (D_2) = d - 1 + 0,188 = 30 - 1 + 0,188 = 29,188\text{ мм}$$

$$d_1 (D_1) = d - 2 + 0,647 = 30 - 2 + 0,647 = 28,647\text{ мм}$$

где d_2 - средний диаметр резьбы болта,

d_1 - внутренний диаметр резьбы болта,

D_2 - средний диаметр резьбы гайки,

D_1 - внутренний диаметр резьбы гайки,

Длина свинчивания определяется по ГОСТ 16093-81

$$N = (1 \dots 1,5)D = 30 \dots 45\text{ мм}$$

Высота исходного профиля резьбы определяется по формуле:

$$H = 0,866 \cdot P, \quad (3.1) \quad [5]$$

где P - шаг резьбы.

$$H = 0,866 \cdot 2 = 1,732\text{ мм}$$

Рабочая высота профиля вычисляется из выражения:

$$H_1 = 0,541 \cdot P. \quad (3.2)$$

$$H_1 = 0,541 \cdot 2 = 1,082 \text{ мм}$$

Радиус закругления впадины резьбы болта берется в следующих пределах:

$$R = (0,125 \dots 0,144) \cdot P \quad (3.3) \quad [5]$$

Выбираем $R = 0,125 \cdot P = 0,125 \cdot 2 = 0,25 \text{ мм}$.

Угол профиля метрической резьбы по ГОСТ 9150-81 $\alpha = 60^\circ$.

3.4.2 Профиль резьбы с указанием ее основных параметров

Профиль резьбы представлен на рисунке 3.7.

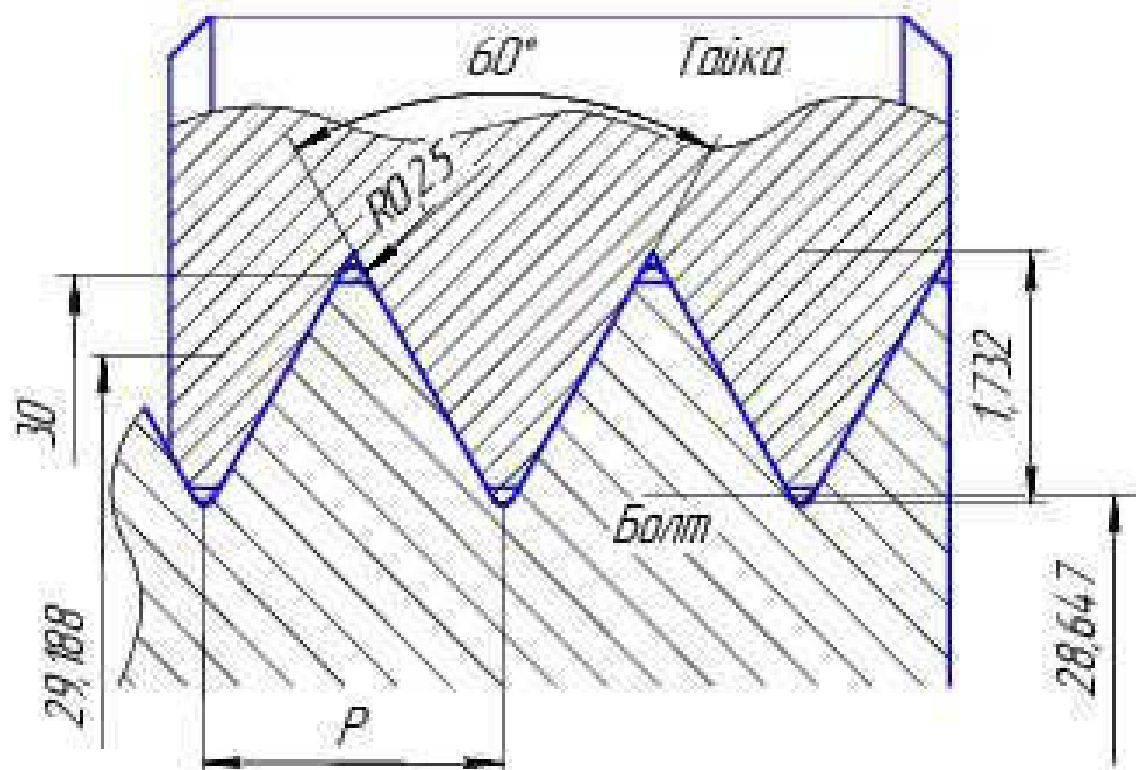


Рисунок 3.6 - Профиль резьбы болта и гайки

3.4.3 Определение допусков диаметра наружной и внутренней резьбы

Допуски наружного T_d и среднего T_{d2} диаметров болта, а также внутреннего T_{D1} и среднего T_{D2}

$$T_d = 0,212 \text{ мм},$$

$$T_{d2} = 0,132 \text{ мм},$$

$$T_{D1} = 0,265 \text{ мм},$$

$$T_{D2} = 0,180 \text{ мм}$$

3.4.4 Определение основных отклонений для диаметров болта и гайки

Для d $es = -0,095 \text{ мм},$

$$ei = es - T_d = -0,095 - 0,212 = -0,307 \text{ мм},$$

Для d_2 $es_2 = -0,095 \text{ мм},$

$$ei_2 = es_2 - T_{d2} = -0,095 - 0,132 = -0,227 \text{ мм},$$

Для D_1 $EI = 0 \text{ мм},$

$$ES = EI + T_{D1} = 0 + 0,265 = 0,265 \text{ мм},$$

Для D_2 $EI_2 = 0 \text{ мм},$

$$ES_2 = EI_2 + T_{D2} = 0 + 0,180 = 0,180 \text{ мм}$$

3.4.5 Определение предельных значений диаметров болта и гайки

Предельные значения диаметров болта и гайки определяются по известным формулам:

$$d_{\text{max}} = d + es = 10 + (-0,095) = 9,905 \text{ мм},$$

$$d_{\text{min}} = d + ei = 10 - 0,307 = 9,693 \text{ мм},$$

$$d_{2\text{max}} = d_2 + es_2 = 9,188 - 0,095 = 9,093 \text{ мм},$$

$$d_{2\text{min}} = d_2 + ei_2 = 9,188 - 0,227 = 8,961 \text{ мм}$$

$$d_{1\text{max}} = d_1 + es_1 = 8,647 - 0,095 = 8,552 \text{ мм},$$

D_{max} - не нормируется,

$d_{\text{min}1}$ - не нормируется

$$D_{\text{min}} = D + EI = 10 + 0 = 10 \text{ мм},$$

$$D_{2\text{max}} = D_2 + ES_2 = 9,188 + 0,180 = 9,368 \text{ мм},$$

$$D_{1\min} = D_1 + EI_1 = 9,188 + 0 = 9,188 \text{ мм},$$

$$D_{1\max} = D_1 + ES_1 = 8,647 + 0,265 = 8,912 \text{ мм},$$

$$D_{1\min} = D_1 + EI_1 = 8,647 + 0 = 8,647 \text{ мм}$$

3.4.6 Определение значений предельных зазоров (натягов) в резьбовом соединении по среднему диаметру, вид соединения

Значение предельных зазоров вычисляются по формулам приведенным в 1-ом разделе.

$$S_{\min} = ES_1 - ei_1 = 0,180 - (-0,227) = -0,407 \text{ мм},$$

$$N_{\min} = 0,407$$

Результаты расчетов показывают, что данное резьбовое соединение с переходной посадкой.

3.4.7. Определение среднего диаметра резьбы

Приведенный средний диаметр наружной резьбы вычисляется из выражения:

$$d_{1mp} = d_1 - (f_p + f_a), \quad (3.4) \quad [5]$$

где f_p - погрешность шага;

f_a - погрешность угла профиля.

$$f_p = \pm 0,012 \text{ мм},$$

$$f_a = \pm 0,050 \text{ мм}. \quad [9]$$

$$\text{Тогда } d_{1mp} = 29,188 - (0,012 + 0,05) = 29,126 \text{ мм}$$

Приведенный средний диаметр внутренней резьбы определяется по формуле:

$$D_{1mp} = D_1 + (f_p + f_a). \quad (3.5) \quad [5]$$

$$D_{1mp} = 29,188 + 0,012 + 0,05 = 29,25 \text{ мм}.$$

3.4.8. Выбор параметра шероховатости поверхности и способы окончательной обработки для резьбы болта и гайки

Параметры шероховатости поверхности и способы окончательной обработки для наружной резьбы и внутренней резьбы назначаются согласно

					В КР.230303.388.17.00.00.	Лист
						14
Изм.	Лист	Апробация	Годность	Дат		

[10]. Выбираем шероховатость $R_a=3,2 \dots 6,3$

3.4.9. Выбор измерительных средств для измерения параметров резьбы

Средства для измерения параметров резьбы выбираем согласно [13]. Для болта

Для наружного диаметра выбираем МК-25, $T_d = 132 \text{ мм}$.

Предельные допустимые погрешности измерений для наружного диаметра болта составляет $\delta=(0,2 \dots 0,3) T_d$. Для МК-25 $\Delta_{\text{изм}}=\pm 0,005 \text{ мм}$.

Для внутреннего диаметра выбираем резьбовой микрометр МВМ-25, у которого $\Delta_{\text{изм}}=\pm 0,005 \text{ мм}$.

Шаг резьбы измеряется при помощи БМН.

Для контроля параметров резьбы и гайки выбираем резьбовой калибр-пробка.

3.5 Техника безопасности

Для соблюдения охраны труда и техники безопасности при ремонте деталей различными способами прежде всего необходимо выполнять комплекс мероприятий, связанных с требованиями охраны труда, санитарных правил и норм, а также инструкций по технике безопасности.

Основные правила охраны труда и техники безопасности при сварке и наплавке. Сварочные и наплавочные работы имеют ряд особенностей, поэтому нарушение правил техники безопасности и производственной санитарии может привести к тяжелым последствиям— поражению электрическим током, ожогам, слезотечению, отравлению газами и т. д. К сварочным и наплавочным работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие специальное обучение и сдавшие технический минимум по правилам техники безопасности.

Если ремонт дорожных машин проводят в помещениях, то необходимо отводить специальные сварочные и наплавочные участки, предусмотренные технологическим процессом. Сварку (наплавку) мелких и средних деталей на

					ВКР.230303.388.17.00.00.	Лист
Изм.	Лист	На докум.	Подпись	Дат		16

стационарных постах проводят в кабинках открытого типа. Площадь, занимаемая одним постом, должна быть не менее 4 м², ширина проходов между постами — не менее 1 м.

Для защиты рабочих, не связанных с наплавочными работами, от излучения электрической дуги посты нужно ограждать устойчивыми огнестойкими ширмами или щитами, габариты которых определяются размерами ремонтируемых деталей.

Помещения должны быть хорошо освещены. Освещенность в рабочей плоскости (от светильников общего освещения) на участках сварки (наплавки) должна быть не менее 50 лк при лампах накаливания и 150 лк при люминесцентных. Стены помещений и сварочные кабины должны быть окрашены в светлые тона (серый, голубой), чтобы ослабить резкий контраст между яркостью дуги и темными поверхностями стен.

Для защиты дыхательных органов сварщика от вредного действия газов и пылевидных фракций в помещении устанавливают систему приточно-вытяжной вентиляции (местную или общую). Для газовой защиты при наплавке в углекислом газе скорость движения воздуха, создаваемого местным отсосом, должна быть не более 0,5 м/с, а в среде аргона — не более 0,25 м/с. Производственные помещения должны иметь температуру не менее 16 °С. На участках, где производится сварка деталей массой более 20 кг, должны быть установлены подъемно-транспортные механизмы.

В местах производства сварочных работ применение и хранение огнеопасных материалов запрещается. Все работы по смене, установке и регулировке деталей разрешается производить только при выключенном общем рубильнике. Под ногами у оператора (сварщика) должен находиться резиновый коврик. Сварочные и наплавочные установки должны быть надежно заземлены. Запрещается прикасаться голыми руками к токоведущим частям, когда они находятся под напряжением. Наблюдать за процессом сварки и наплавки необходимо через стекла-фильтры установленных марок, которые снижают яркость светового потока электрической дуги, а также

поглощают инфракрасные и ультрафиолетовые лучи. Электросварщики перед началом сварки (наплавки) должны надевать шлемы или щитки. Смотровое окно щитка должно быть покрыто двумя стеклами внутренним — светофильтром типа Э или ЭС и наружным — обыкновенным для предохранения светофильтров от разрушения брызгами металла. Светофильтры подбирают в зависимости от силы сварочного тока. Замена светофильтров иными стеклами запрещена.

По окончании работы или при временных перерывах в работе сварочную установку надо выключать.

Электросварщик должен работать в сухой, целой и чистой спецодежде, обуви и в перчатках (рукавицах).

Все рабочие, поступившие на работу, должны пройти вводный инструктаж по технике безопасности и инструктаж на рабочем месте.

					ВКР.230303.388.17.00.00.	Лист
Изм.	Лист	На докум.	Подпись	Дат		18

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной задачей данной работы являлась разработка технологического процесса восстановления распределительного вала, а также конструкции позволяющей осуществить данную задачу.

В результате проведенной работы установлено, что восстановление распределительного вала является выгодным. В работе выполнен анализ метода восстановления вибродуговой наплавкой. Данный вариант является наиболее приемлемой, так как дает возможность наплавлять поверхности малых размеров и производится в более щадящих условиях, что способствует сохранению прочностных характеристик. В процессе работы разработано устройство, позволяющее с применением довольно простой технологии производить наплавку сложных поверхностей.

Экономический расчет доказывает, что внедрение данной установки оказывает высокий экономический эффект и имеет короткий срок окупаемости капиталовложений равной трём годам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобили КамАЗ. Техническое обслуживание и ремонт / В.Н. Барун, Р.А. Азаматов, Е.А. Машков и др. – М.: Транспорт, 1987. – 352с.
2. Адигамов, Н.Р. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Технология ремонта машин» / Адигамов Н.Р. Кочедамов А.В., Гюмалтдинов И.Х.. – Казань: Изд-во КГАУ, 2007. – 41 с.
3. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1... 3-5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2008.
4. Выпускная квалификационная работа / под ред. К. А. Хафизова. – Казань: КГАУ, 2014. – 316 с.
5. Гатауллина Н.А. Руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту двигателей КамАЗ. – Н.Челны: Издательство ОАО "КАМАЗ", 2004. – 247с.
6. Зотов Б.И., Курдюмов В.И.. Безопасность жизнедеятельности на производстве. – М.: Колос, 2000. – 424 с.: ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).
7. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для студентов вузов/ Под ред. В.А. Финногенова. 6-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. – 383 с.: ил.
8. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин / И.С. Серый, А. П. Смелов, В.Е. Черкун. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: «Агропромиздат», 1991. – 184 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
9. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей. Учеб. для студ. сред. проф. учеб. заведений / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр Академия, 2003. – 496 с.
10. Матвеев В.А., Пустовалов И.И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1979. – 288 с., ил.
11. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ / Г.Г. Булгарнев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев. – Казань: КГАУ, 2009. – 16 с.

12. Надежность и ремонт машин. В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачмасов и др., Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил.
13. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ. - Н.Челны: Издательство ОАО "КАМАЗ", Год издания 2004. - 286с.
14. Ремонт автомобилей Камаз: Учебное пособие / Б.А.Титунин, Н.Г.Старостин, В.М.Мушницченко. - М.: Агропромиздат, 1987. - 288с.
15. Справочник по восстановлению деталей / Е.Л. Волосник. – М.: Колос, 2009. - 351 с.
16. Черновизанов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.ГОСНИТИ, 2003. - 488 с.
17. Экологическая безопасность при техническом обслуживании и ремонте автомобильного транспорта. Пахомова В.М., Бунтукова Б.К., Прокоренко Н.Б., Доминцова А.И. - Казань: КГСХА., 2005. - 34 с.
18. Мордашов Ю.Ф., Носаков В.Н., Запайнов В.Д. Устройство автомобилей КАМАЗ: Учебное пособие. - Н.Новгород: Издательств. ВГИПУ, 2010. - 78с.