

УДК 621.791.927.5.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ СЕМЕЙСТВА ЯМЗ

Данила Владимирович Баранов,

студент 5 курса,

кафедра «Технологии обработки материалов»,

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: С.Н. Глазунов,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»

Распределительный вал — основная деталь газораспределительного механизма (ГРМ) (рисунок 1, рисунок 2), служащая для синхронизации впуска или выпуска и тактов работы двигателя. Составной частью распределительного вала являются его кулачки, количество которых соответствует количеству впускных и выпускных клапанов двигателя. Таким образом, каждому клапану соответствует индивидуальный кулачок, который и открывает клапан, набегая на рычаг толкателя клапана. Когда кулачок «сбегает» с рычага, клапан закрывается под действием мощной возвратной пружины. Распределительный вал устанавливают в биметаллических (ЗМЗ, ЗИЛ) или металлокерамических (ЯМЗ) втулках.

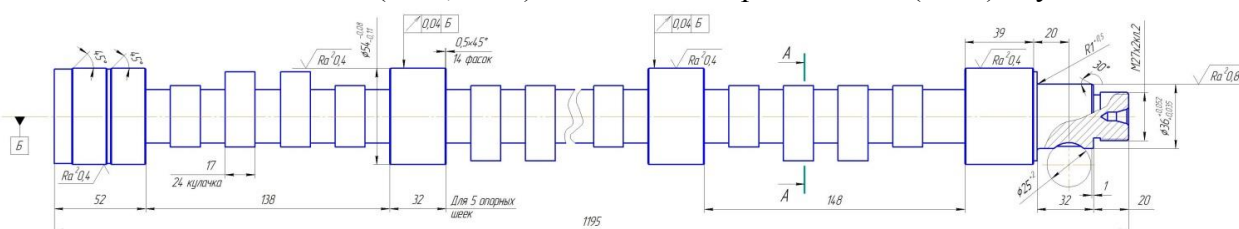


Рис.1. Чертеж распределительного вала двигателя ЯМЗ-240

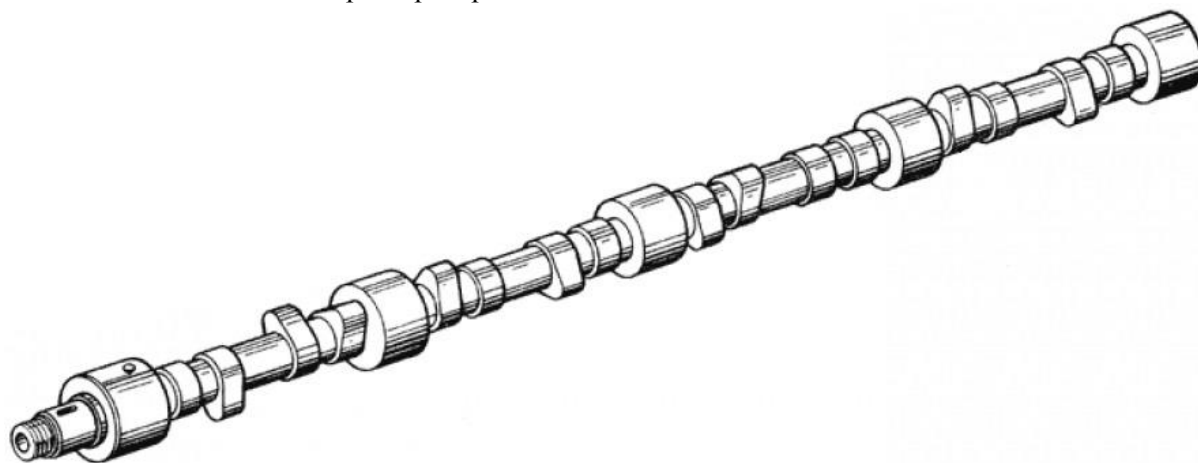


Рис.2. Вал распределительный двигателя ЯМЗ-240

Распределительный вал изготавливают штамповкой из углеродистых или легированных сталей.

В данном случае вал изготовлен из стали 45. Общие сведения о стали 45 приведены в таблицах 1,2,3 [5,13]

Таблица 1

Классификация
сталь конструкционная углеродистая качественная
Заменитель
стали: 40Х, 50, 50Г2
Вид поставки
Сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 1050-74, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 8509-86, ГОСТ 8510-86, ГОСТ 8239-72, ГОСТ 8240-72, ГОСТ 10702-78. Калиброванный пруток ГОСТ 1050-74, ГОСТ 7414-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 10702-78. Лист толстый ГОСТ 1577-81, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 16523-70. Лента ГОСТ 2284-79. Полоса ГОСТ 1577-81, ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70. Проволока ГОСТ 17305-71, ГОСТ 5663-79. Поковки и кованые заготовки ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1131-71. Трубы ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-87, ГОСТ 8734-75, ГОСТ 8731-87, ГОСТ 21729-78.
Назначение
Вал-шестерни, коленчатые и распределительные валы, шестерни, шпиндели, бандажи, цилиндры, кулачки и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

Таблица 2

Химический состав	
Химический элемент	%
Кремний (Si)	0.17-0.37
Медь (Cu), не более	0.25
Мышьяк (As), не более	0.08
Марганец (Mn)	0.50-0.80
Никель (Ni), не более	0.25
Фосфор (P), не более	0.035
Хром (Cr), не более	0.25
Сера (S), не более	0.04

Таблица 3

Технологические свойства
Температура ковки
Начала 1250, конца 700. Сечения до 400 мм охлаждаются на воздухе.
Свариваемость
Трудносвариваемая. Способы сварки: РДС и КТС. Необходим подогрев и последующая термообработка.
Обрабатываемость резанием
В горячекатаном состоянии при HB 170-179 и $\sigma_B = 640$ МПа $K_{ц\text{ тв.спл.}} = 1$, $K_{ц\text{ б.ст.}} = 1$.
Склонность к отпускной способности
Не склонна.

Поверхности опорных шеек и кулачков вала подвергнуты закалке токами высокой частоты на глубину от 2 до 5 мм до твердости HRC 54—63. Ширина закаленной зоны цилиндрической части кулачка не менее 17 мм и расположена симметрично относительно кромок кулачка.

Необходимая твердость: опорных шеек - 55...63 HRC, кулачков - не менее 55 HRC.

В процессе эксплуатации на распределительный вал с конструктивно заложенной малой жесткостью воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда и др., вследствие чего возникают дефекты вала: износ кулачков, опорных шеек и увеличение прогиба. Износ кулачков распределительного вала по высоте вызывает более позднее открывание и более раннее закрывание клапанов, что приводит, например, к уменьшению длительности открытого состояния впускных клапанов, к ухудшению наполнения цилиндров и снижению мощности двигателя. Износ опорных шеек приводит к появлению стуков в механизме привода клапанов и может привести к падению давления масла в системе смазки со всеми вытекающими последствиями [1].

Размеры и требования к поверхностям опорных шеек и кулачков представлены на рисунке 3 [1].

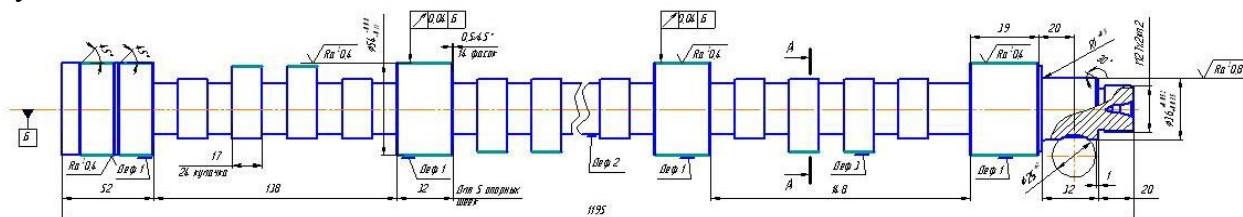


Рис.3. Чертеж распределительного вала с указанием дефектов.

Величина износа: дефект 1 (износ опорных шеек): более 0,4 мм,
дефект 2 (прогиб вала): более 0,1 мм.
дефект 3 (износ кулачков): более 1,4 мм.

Технические требования на приёмку на восстановление распределительного вала:

1. Твёрдость цилиндрической поверхности опорных шеек HRC 55..63, кулачков – 55..64 HRC.
2. Шлифованные поверхности вала не должны иметь рисок и черновин.
3. Допускается не устранять дефекты, величина которых не выходит за установленные значения.
4. Остальные технические требования по ГОСТ 70.0001.026-80.
5. Вал не принимается для восстановления при наличии трещин не устранимых обработкой под приварку.
6. Допуск радиального биения цилиндрических поверхностей средних опорных шеек относительно общей оси крайних не должен быть более 0,04 м.
7. Биение затылков кулачков относительно общей оси крайних опорных шеек - не 0,035 мм, прямолинейность образующих поверхностей кулачков - не более 0,005 мм.

При выборе способов восстановления распредвала и разработке технологического процесса главным образом учитывалась перспективность способов, определяемая возможностями достижения высокой производительности, требуемого качества и низкой себестоимости.

Для обеспечения служебных свойств (химический состав, твердость, износостойкость) были использованы методы: плазменно-порошковая наплавка для восстановления кулачков и электроконтактная приварка металлической ленты для восстановления опорных шеек. Восстановление распределительных валов данными методами позволяет продлить срок их службы.

Технология восстановления опорных шеек распредвала.

Для восстановления работоспособности узла применяют различные способы. Выбор рационального способа восстановления деталей определяется по критериям применимости, долговечности и технико-экономической эффективности.

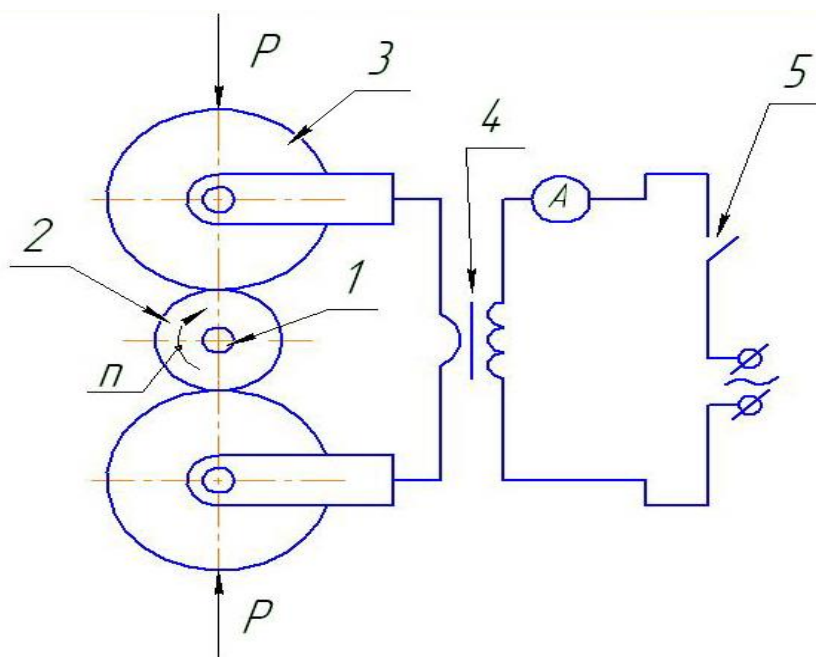
При выборе способа учитывались следующие факторы: перспективность способа восстановления, определяемая возможностями достижения высокой производительности,

требуемого качества и низкой себестоимости восстановления; обеспеченность технологического процесса оборудованием и оснасткой.

Электроконтактные способы восстановления деталей по сравнению с другими, рассмотренными выше способами имеют ряд преимуществ на этапе восстановления шеек распределительного вала. Среди них – высокая производительность и низкая энергоемкость процесса, незначительная зона термического влияния, отсутствие мощного светового излучения и газовыделений, снижение потерь присадочного материала в результате разбрызгивания и выгорания легирующих элементов, сохранение первоначальных свойств материала детали при высокой прочности получаемого покрытия с основным металлом. Причем для получения покрытий ЭКП можно использовать однокомпонентные порошки, применяемые для других способов наплавки, используемые в порошковой металлургии; порошковые смеси, которые могут быть двух- или многокомпонентными и состоять из различных металлических и неметаллических порошков; спеченные из порошков ленты, стальные ленты и проволоки; комбинированные материалы.

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать выбор в пользу электроконтактных методов, в частности, метода электроконтактной приварки ленты, наиболее проработанного технологически.

Сущность способа: соединение основного и присадочного металла осуществляется в результате совместной пластической деформации, протекающей при прохождении импульсов тока и действии усилия сжатия. Схема электроконтактной приварки ленты представлена на рисунке 4.



- 1 – центрик;
2 – восстанавливаемая деталь;
3 – ролик;
4 – трансформатор;
5 – прерыватель тока;

Рис.4. Электроконтактная приварка ленты

Достоинства:

- отсутствие проплавления основного металла (зона термического влияния не превышает 0,5 мм);
- минимальные деформации наплавленных деталей;

- возможность наплавки слоёв малой толщины (0,2 – 1 мм);
- возможность получения наплавленного металла с любыми свойствами.

Недостатки:

- ограниченность толщины наплавленного слоя;
- сложность установки.

Электроконтактная приварка является эффективным способом получения на рабочих поверхностях деталей машин и механизмов слоев с необходимыми эксплуатационными свойствами [2,6]. Она осуществляется в твёрдой фазе за счёт деформирования присадочного материала и поверхностного слоя металла детали, нагретых проходящим током до пластичного состояния. Процесс приварки состоит из электромеханических циклов, включающих прижатие присадочного материала к поверхности детали и их совместный нагрев короткими импульсами тока (0,02 – 0,1 с) большой величины (до 20 кА). В результате действия одного такого цикла к поверхности детали приваривается единичная площадка. Сплошной слой металла на поверхности детали образуют в результате приварки единичных площадок с перекрытием соседних. Соединение приваренного слоя с основой, равнопрочное основному металлу, при ЭКП может быть получено при различных сочетаниях основных технологических параметров (силы тока, усилия сжатия электродов, длительности импульса). Схема электроконтактной приварки ленты представлена на рисунке 5.

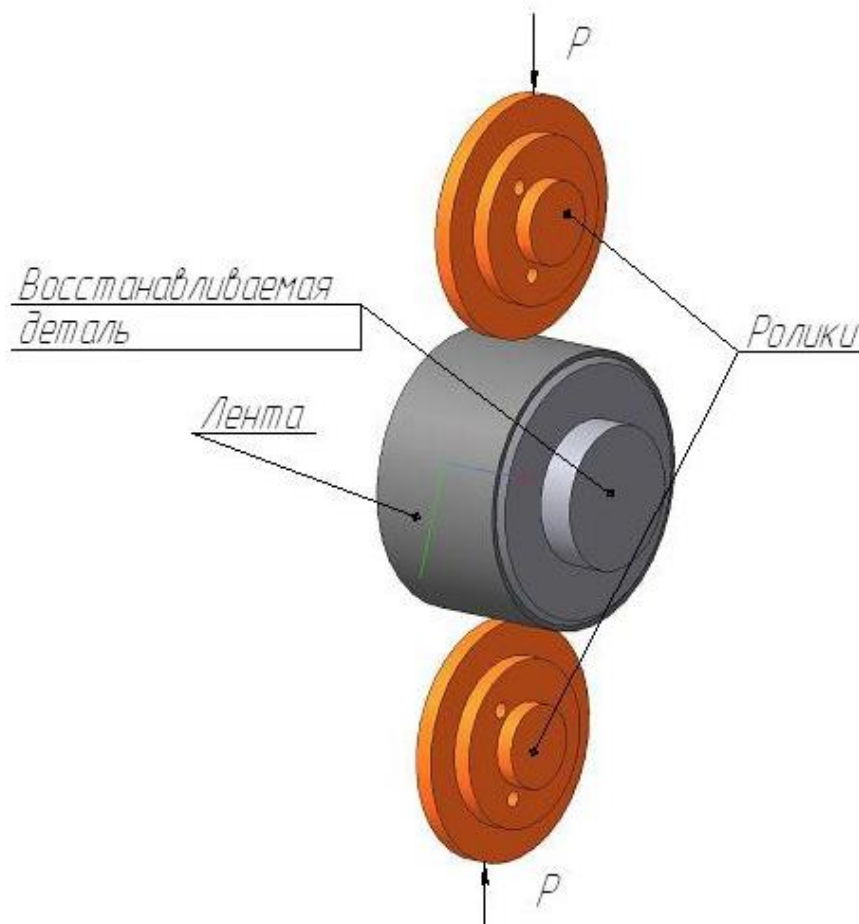


Рис.5. Схема электроконтактной приварки ленты

Электроконтактная приварка мерных заготовок из стальной ленты к поверхности восстанавливаемой детали осуществляют на модернизированной установке 011-1-02 «Ремдеталь» (рисунок 6).

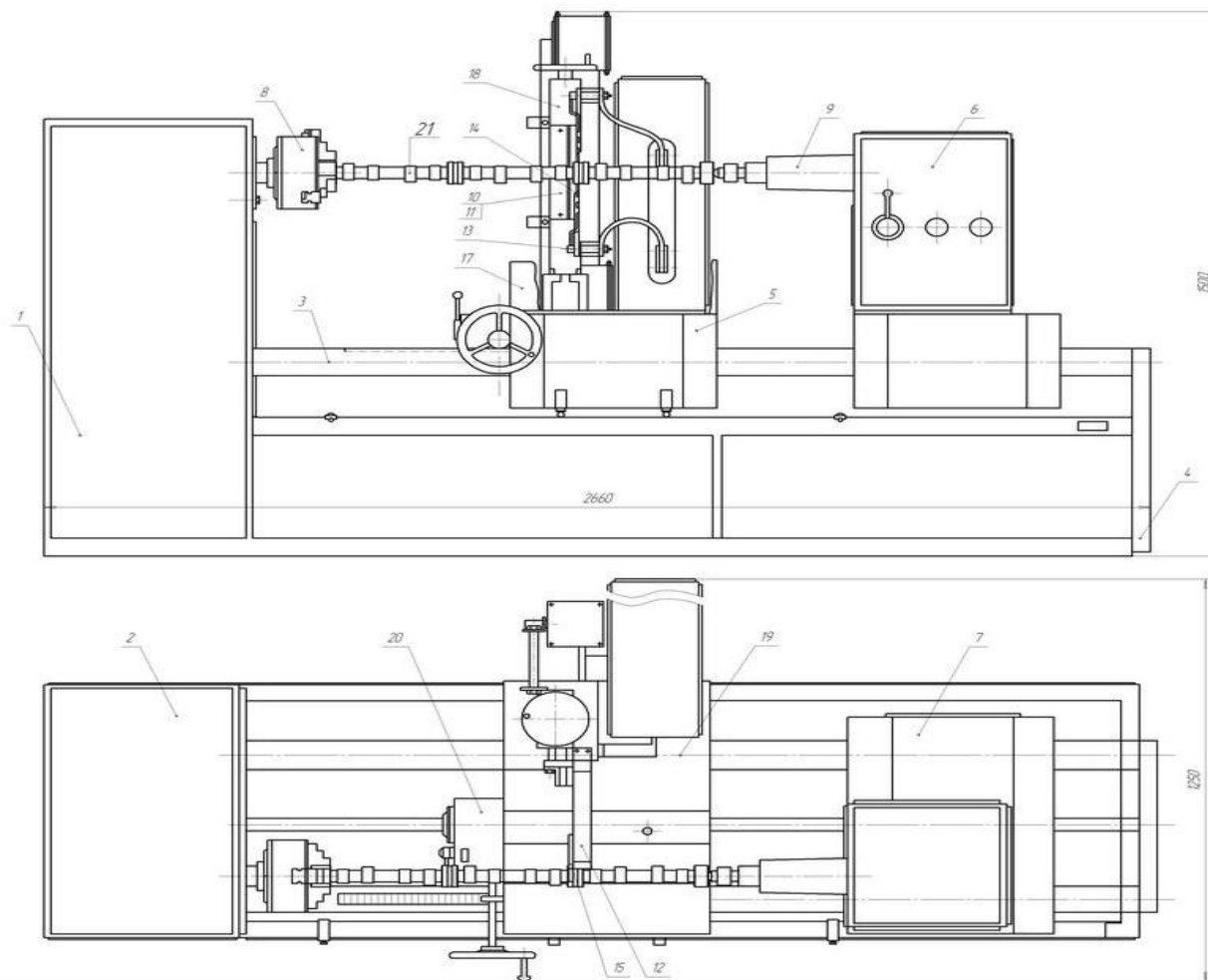


Рис.6. Установка 011-1-02 «Ремдеталь»

1 – электрошкаф; 2 – крышка; 3 – передняя направляющая; 4 – стойка; 5 – тележка; 6 - задняя бабка; 7 – тележка; 8 – патрон; 9 – пиноль; 10 – уголок; 11 – текстолитовая прокладка; 12 – клещевина; 13 – шестигранник; 14 – ролик; 15 – щека; 16 – рычаг; 17 – корыто; 18 – штатив; 19 – задняя направляющая; 20 – редуктор подачи; 21 – восстанавливаемая деталь.

Технология восстановления кулачков распредвала.

Распределительные валы работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твердые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер.

Наиболее универсальными и совершенными методами нанесения защитных покрытий являются наплавка и напыление плазменной дугой.

В последнее время наиболее активно внедряют технологию плазменной наплавки проволочными и порошковыми материалами. В связи с широкой универсальностью использования различной гаммы выпускаемых присадочных порошков процесс плазменной наплавки порошковыми материалами наиболее эффективен.

Преимущества методов плазменного нанесения покрытий перед другими на этапе восстановления кулачков распредвала заключаются в следующем:

1. высокая температура плазменного потока позволяет расплавлять и наносить самые тугоплавкие материалы;

2. поток плазмы дает возможность получать сплавы различных по свойствам материалов или наносить многослойные покрытия из различных сплавов. Это открывает широкую возможность получения покрытий, сочетающих разнообразные защитные свойства;
3. возможности этого способа не ограничены формой и размерами обрабатываемого изделия;
4. плазменная дуга – наиболее гибкий источник нагрева, позволяющий в широких пределах регулировать его энергетические характеристики.
5. этот способ позволяет получить тонкий равномерный слой покрытия с гладкой беспористой поверхностью.
6. высокая концентрация тепловой мощности и минимальная ширина зоны термического влияния.
7. возможность получения толщины наплавляемого слоя от 0,1 мм до нескольких миллиметров.
8. возможность наплавления различных износостойких материалов (медь, латунь, пластмасса) на стальную деталь.
9. возможность выполнения плазменной закалки поверхности детали.
10. относительно высокий КПД дуги (0.2 ... 0.45).
11. малое (по сравнению с другими видами наплавки) перемешивание наплавляемого материала с основой, что позволяет достичь необходимых характеристик покрытий.

В настоящее время среди методов *порошковой плазменной наплавки* наиболее активно используется метод порошковой плазменной наплавки, получивший название *РТА - процесс* (plasma transferred arc). При этом методе действуют одновременно основная дуга (горящая между электродом и изделием) и косвенная или пилотная дуга (горящая внутри плазмотрона между электродом и плазмообразующим соплом). В связи с тем, что процесс нанесения покрытий только косвенной плазменной дугой в России называется *плазменным напылением*, новая технология получила название *плазменная наплавка-напыление* [4,11].

Таким образом, процесс *плазменной наплавки-напыления* - это метод *нанесения порошковых покрытий* толщиной 0,5 - 4,0 мм с гибким регулированием ввода тепла в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами - основной и пилотной.

Поскольку покрытия наносимые методом плазменного напыления ограничены толщиной порядка 1 мм, за пределами которой проявляется тенденция к отслаиванию (вследствие высоких внутренних напряжений), а покрытия, наносимые плазменной наплавкой традиционным способом с использованием только основной дуги связаны с большим проплавлением основного металла и его перемешиванием с присадочным материалом (соответственно, с отсутствием необходимых свойств покрытия в первом наплавленном слое), то данная технология плазменной наплавки-напыления относится к гибридным процессам, совмещающим положительные характеристики процессов наплавки и напыления.

Основные сравнительные характеристики плазменных процессов приведены в таблице 4 [4,11].

Таблица 4

Свойства покрытий, нанесенных различными методами			
Характеристика процессов	Плазменное напыление	Плазменная наплавка	ПНН (РТА-процесс)
Толщина покрытия, мм	≤ 1,0	слоями ≤ 4,0	0,5-4,0
Пористость покрытия, %	≤ 10	отсутствует	отсутствует
Прочность сцепления покрытия, МПа	≤ 100	полное сплавление	полное сплавление
Растворение покрытия в основном металле, %	отсутствует	≤ 5	≤ 5

Температура детали в процессе нанесения покрытия, °С	≤ 150	≤ 700	≤ 700
Положение поверхности при нанесении покрытия	во всех положениях	в нижнем положении	во всех положениях

Процесс плазменной наплавки-напыления (РТА - процесс) обеспечивает использование пилотной (косвенной) дуги для расплавления присадочного порошка и основной дуги (переносимой) для поддержания необходимой температуры частиц порошка осажденной на детали. При этом увеличение времени нахождения частиц порошка при высокой температуре способствует максимальному сцеплению и уплотнению частиц с минимальным перегревом поверхности детали. Оптимизация основных характеристик процесса (токов основной и пилотной дуги, расстояния до изделия, скорости подачи порошка и скорости перемещения плазмотрона) выявило минимальную чувствительность к скорости подачи порошка и в определенных пределах к скорости перемещения плазмотрона.

В зависимости от компоновки различают:

1. Открытую плазменную струю (анодом является деталь или пруток). В этом случае происходит повышенный нагрев детали. Используется эта схема для резки металла и для нанесения покрытий.
2. Закрытую плазменную струю (анодом является сопло или канал горелки). Хотя температура сжатой дуги на 20 ...30% в этом случае выше, но интенсивность потока ниже, т. к. увеличивается теплоотдача в окружающую среду. Схема используется для закалки, металлизации и напыления порошков.
3. Комбинированная схема (анод подключается к детали и к соплу горелки). В этом случае горят две дуги. Схема используется при наплавке порошком.

Плазменную наплавку металла можно реализовать двумя способами:

1. Струя газа захватывает и подает порошок на поверхность детали;
2. В плазменную струю вводится присадочный материал в виде проволоки, прутка, ленты.

В качестве плазмообразующих газов можно использовать аргон, гелий, азот, кислород, водород и воздух. Наилучшие результаты наплавки получаются с аргоном и гелием.

Кулачок распределительного вала в поперечном сечении представляет собой замкнутую поверхность с изменяющейся по контуру кривизной. Большая часть замкнутой поверхности представляет собой цилиндр, ось этого цилиндра является одновременно осью вращения для других кулачков и цилиндрических рабочих поверхностей распределительного вала. Совмещение поверхности изношенного кулачка по продольной оси и угловому расположению с эталонной поверхностью копира создаёт условие для применения механического копировального устройства (рисунок 7), в котором управление движением плазмотрона осуществляется щупом. Копировальное устройство монтируется на токарном станке [4].

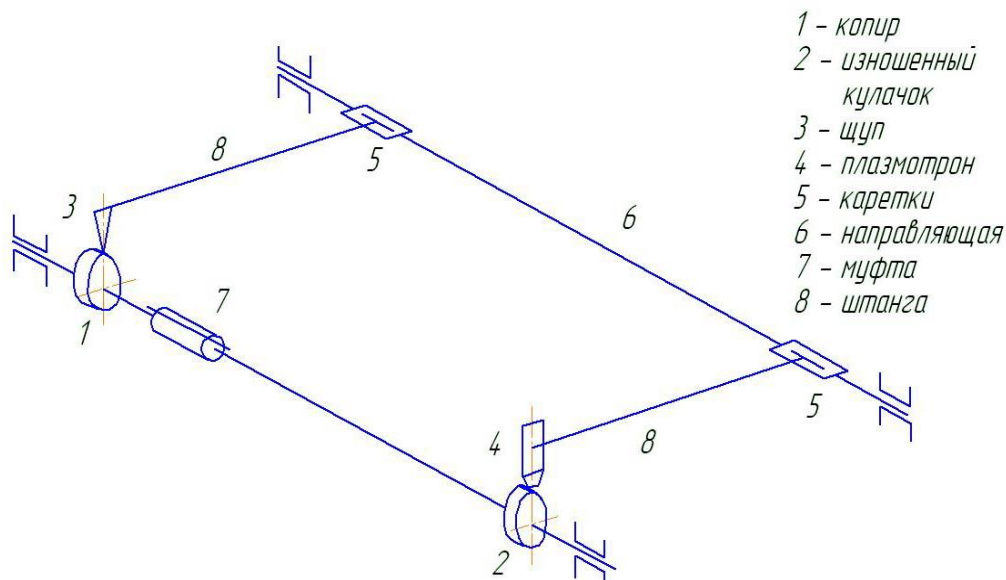
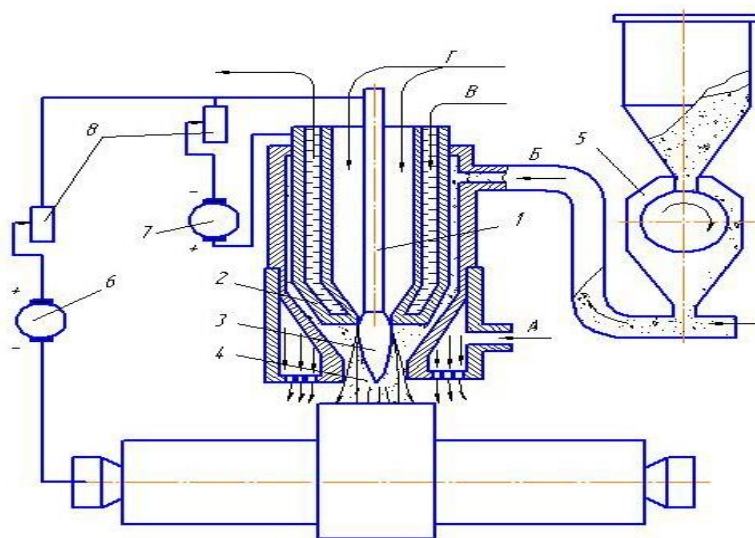


Рис.7. Схема копирующего устройства наплавочной установки

Зазора между соплом и наплавленной поверхностью в 2 мм и более создает, по нашему мнению, надёжное условие для предотвращения замыкания электрической цепи (в плазмотроне возникнет несанкционированная «дежурная» дуга, процесс наплавки прервётся).

Для плазменной наплавки наиболее широко применяется плазмотрон комбинированного действия (рисунок 8) [3,4,11,15].



1 - вольфрамовый электрод; 2 - сопло;
3 - плазменная струя косвенного действия; 4 - дуга прямого действия;
5 - питатель для подачи порошка;
6 - источник питания дуги прямого действия;
7 - источник питания дуги косвенного действия;
8 - балластные сопротивления;
А - подача защитного газа; Б - подача порошка;
В - подача охлаждающей воды; Г - подача плазмобразующего газа.

Рис.8. Схема плазмотрона комбинированного действия

При горении независимой дуги такого плазмотрона между вольфрамовым электродом и соплом происходит расплавление присадочного металлического порошка, а при горении дуги между электродом и изделием поверхность последнего нагревается, и обеспечивается сплавление присадочного и основного металла. Использование комбинированной плазменной дуги позволяет получить минимальную глубину проплавления и долю основного металла в

составе наплавленного, что является важнейшим технологическим преимуществом плазменной наплавки по сравнению с другими способами наплавки.

Механическая обработка восстановленного распредвала.



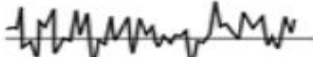
Точение закаленных сталей имеет ряд преимуществ по сравнению с шлифованием. При твердом точении в резании в каждый момент времени участвует одна точка режущей кромки, что позволяет легко обрабатывать сложные контуры без применения дорогостоящих профильных кругов, используемых при шлифовании. К тому же, твердое точение дает возможность обрабатывать сложные поверхности за один установ.

В результате обеспечивается превосходная точность позиционирования, сокращается число установов заготовки и снижается риск поломки детали. Процесс твердого точения также более благоприятен для окружающей среды, так как на данной операции не образуются абразивная пыль, как при шлифовании, и не требуется применение СОЖ.

В конечном счете, при твердом точении сокращаются затраты на обслуживание станка, упрощается управление технологическим процессом, а также обеспечиваются высокая производительность и качество обработки. Благодаря всем этим преимуществам переход к твердому точению значительно сокращает расходы на производство.

Формирование поверхности (таблица 6).

Таблица 6

	 Точение	 Шлифование
Метод формирования поверхности	Контакт одной точкой	Контакт множеством точек
Профиль	Периодический, однообразный	Хаотический, разнообразный
Остаточные напряжения	Сжатия (в основном)	Сжатия (в основном)
Профиль поверхности		

При обработке закаленных сталей твердым точением качество получаемой поверхности выше, чем после шлифования[10].

После наплавки кулачки шлифуют на копировально-шлифовальном станке модели ХШЗ-57Ф2 в два приема.

Станок шлифовальный ХШЗ-57Ф2 предназначен для шлифования профиля кулачков распределительных валов по полуавтоматическому циклу. Станок используется в условиях единичного, серийного и массового производства и оставляется налаженным на обработку конкретного распределительного вала.

Переменная скорость вращения заготовки в течение одного оборота при шлифовании обеспечивает постоянство объема снимаемого металла. Замедление на участках подъема и спуска профиля, а также ускорение на вершине кулачка позволяет повысить среднюю частоту вращения заготовки до близкого к оптимальному значению. Это повышает производительность и способствует бесприжоговому шлифованию.

Широкий диапазон скоростей подачи шлифовального круга и вращения изделия, возможность останова каждой подачи на фиксированную продолжительность времени, возможность включения правки шлифовального круга в любой момент цикла все это позволяет осуществлять любой цикл шлифования профиля кулачков.

Схема шлифования кулачков представлена на рисунке 9.

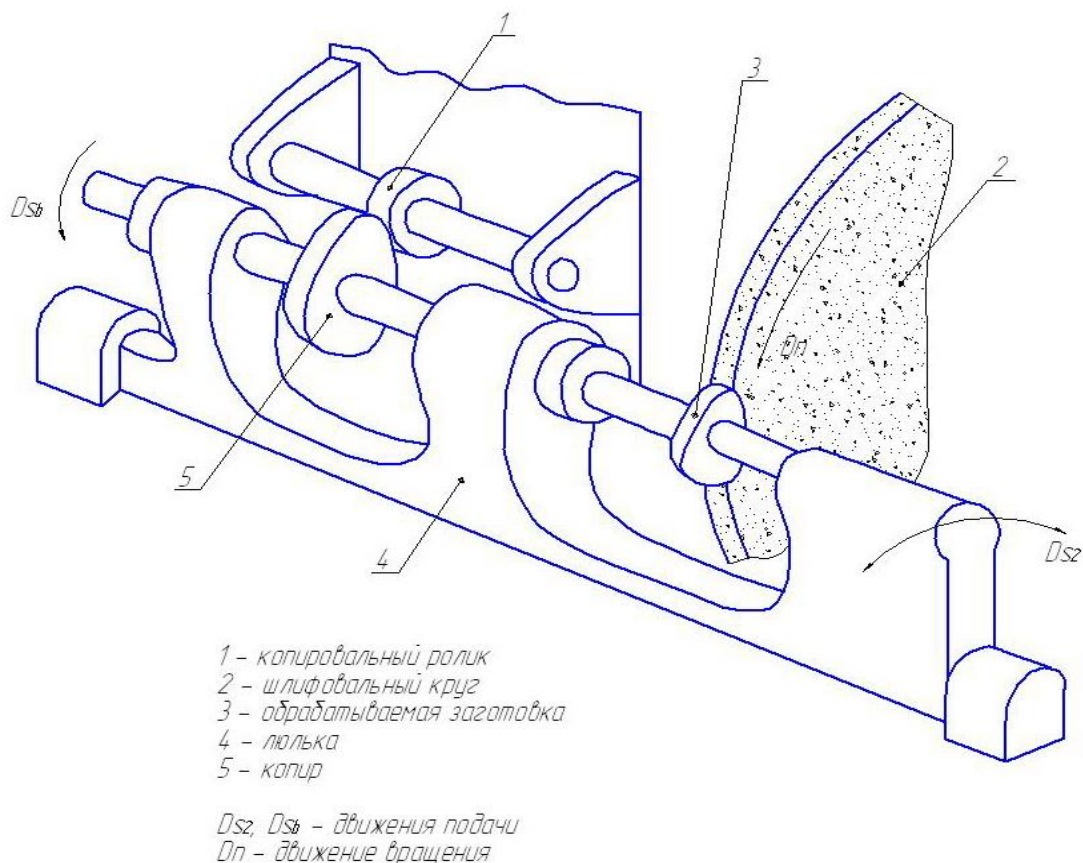


Рис.9. Схема шлифования кулачков

Заданный профиль кулачка образуется совокупным действием вращения и качания обрабатываемого распределительного вала, который установлен в центрах копирующе-шлифовального станка с качающимся столом. Копиры 5, расположенные на передней бабке, поочередно вступают в контакт с копирующим роликом 1, и при вращении шпинделя передней бабки осуществляется качательное движение стола по программе, задаваемой профилем копира. Согласование углового положения кулачков и копиров обеспечивается хомутиком.

Исследования рабочих характеристик распредвала.

Исследования, проведенные в НИИТУВИД, ГНУ ГОСНИТИ, ФГОУ ВПО МГАУ приведены ниже.

Влияние параметров электроконтактной приварки на качество получаемого покрытия из металлической ленты показало, что влияние усилия сжатия на формирование покрытия и прочность соединения его с основой в рассмотренном интервале $P = 0,8...2,0$ кН имеет экстремальный характер с максимумом, причем максимальная прочность соединения при $P = 1,4$ кН. Поэтому исследование влияния других основных технологических параметров режима ЭКП ($I_{св}$ и $t_{и}$) на формирование покрытия и качество соединения его с основой проводили при $P = 1,4$ кН.

Влияние величины тока $I_{св}$ в импульсе и длительности его протекания $t_{и}$ на прочность соединения покрытия из стали 50ХФА со сталью 45 представлено на рисунке 10.

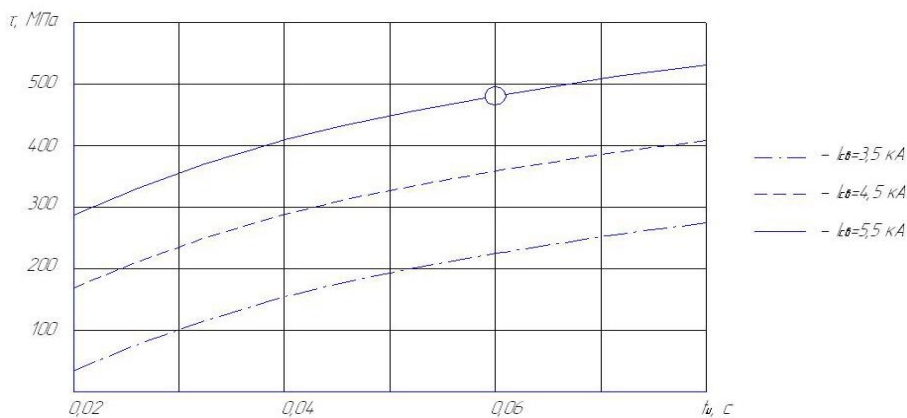


Рис. 10. Зависимость прочности соединения «сталь 45 – лента из стали 50ХФА» от силы тока и длительности его протекания при ЭКП ($P=1,4 kH, t_{и} = 0,08 c$)

Установлено, что при значениях $I_{св} = 3,5-4,5 kA$ увеличение $t_{и}$ в исследованном интервале не позволяет получать равнопрочные с основным материалом соединения. Увеличение $I_{св}$ при фиксированных значениях $t_{и}$ приводит к интенсивному увеличению прочности соединения покрытия с основой. Причем соединения, полученные при $I_{св} = 5,5 kA$ и $t_{и} = 0,06...0,08 c$, равнопрочны основному металлу, так как в этом случае в зоне соединения выделяется достаточное количество теплоты для образования высокопрочного соединения покрытия с основой. Следует отметить, что при $I_{св} = 5,5 kA$ и $t_{и} = 0,08 c$ происходит подплавление центральной части зоны контакта, приводящее к выплескам жидкой фазы из зоны соединения и снижению качества получаемого покрытия.

Поэтому в качестве оптимального режима ЭКП ленты из стали 50ХФА на сталь 45 был выбран следующий: $P = 1,4 kH, I_{св} = 5,5 kA, t_{и} = 0,06 c, t_{п} = 0,08 c$.

Из результатов испытаний на микротвердость (рисунок 11) следует, что в результате электроконтактной приварки ленты из стали 50ХФА имеют место небольшая протяженность (глубина) зоны соединения и относительно небольшая глубина ЗТВ. Кроме того, микротвердость зоны соединения покрытие из стали 50ХФА-сталь 45 находится в требуемом диапазоне 54...63 HRC.

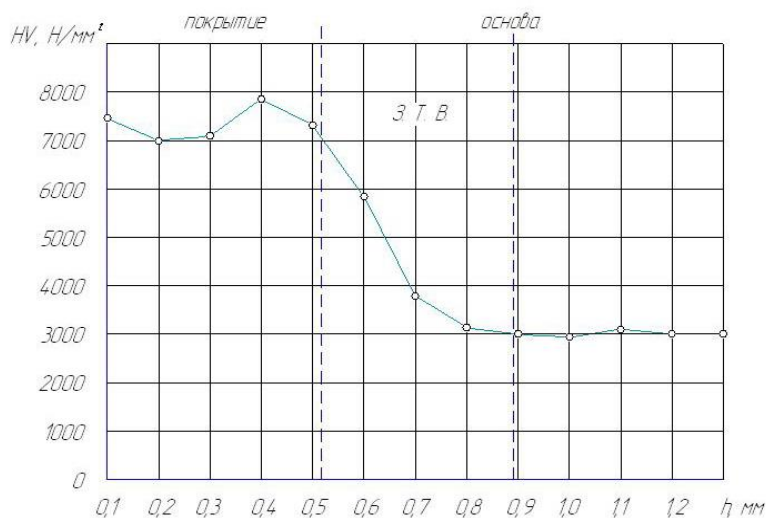


Рис.11. Микротвердость зоны соединения «лента из стали 50ХФА – сталь 45»

Из проведенных испытаний на износостойкость установлено (рисунок 12), что износостойкость покрытия из стали 50ХФА, полученного ЭКП, приблизительно в 2,5...2,8 раза выше износостойкости стали 45 в исходном состоянии и в 1,5...1,7 раза выше износостойкости той же стали, термообработанной до HRC 49...52 [3,16].

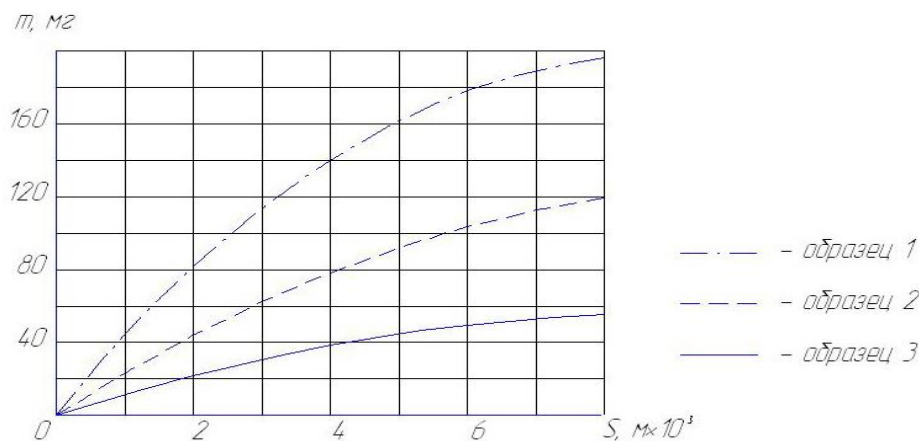


Рис.12. Результаты испытаний износостойкости образцов

образец 1 – сталь 45, образец 2 – сталь 45 закаленная до HRC 49...52, образец 3 – сталь 45 с покрытием из ленты 50ХФА.

При анализе микроструктуры самофлюсующихся покрытий, нанесенных методом плазменной наплавки-напыления, было отмечено получение литой структуры (в отличие от слоистой структуры, типичной для процессов плазменного напыления), а также отсутствие пористости (около 0,3 %). Микротвердость покрытия составила HV 800. Зона термического влияния зафиксирована порядка 0,5 мм, в то время как при плазменной наплавке она составляет около 3-4 мм.

Выводы:

- 1) В данной работе описана технология восстановления распределительного вала двигателя семейства ЯМЗ-240.
- 2) В работе проведен анализ характерных дефектов распределительного вала двигателя семейства ЯМЗ-240. После анализа было определено, что износ опорных шеек и кулачков вала являются самыми распространенными дефектами.
- 3) В ходе анализа возможных способов восстановления заданной детали был определен наилучший как с технической, так и с экономической точки зрения.
- 4) В ходе анализа имеющегося оборудования было выбрано наиболее подходящее (по техническим и экономическим характеристикам).
- 5) Разработана технология восстановления распределительного вала двигателя семейства ЯМЗ-240

Литература

1. Аршинов В.Д., Зорин В.К., Созинов Г.И. Ремонт двигателей ЯМЗ-240, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-240Б. – М: Транспорт, 1978. – 310с.
2. Батищев А.Н., Голубев И.Г., Лялякин В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники. – М: Информагротех, 1995. – 294 с.
3. Глазунов С.Н. Курс лекций: Технологические процессы реновации. – М: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009.
4. Шиповалов А.Н. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой // Автореферат. –М: ФГОУ ВПО ГРАЗУ, 2010. – 17с.
5. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М: Колос, 1981. – 351 с.
6. Воцанов К.П. Ремонт оборудования сваркой. – М: Машиностроение, 1967. – 192 с.
7. Молодык Н.В., Зенкин А.С. Восстановление деталей машин. Справочник. – М: Машиностроение, 1989. – 480с.

Интернет-ресурсы:

8. http://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель_внутреннего_сгорания.
9. <http://www.avcd.ru/elektrokontaktnaya-privarka-lentyi-provoloki-2.html> - Авто-Вох.
10. <http://www.sandvik.coromant.com/> - Компания «Sandvik.Сoromant».
11. <http://www.plasmacentre.ru/technology/8.php> - Научно – производственная фирма «Плазмацентр».
12. <http://www.harverst.com> - Харьковский станкостроительный завод.
13. <http://splay.kharkov.com> - "Марочник стали и сплавов".
14. <http://dlja-mashinostroitelja.info/2011/03/vosstanovlenie-detalej-gazoraspredelitel'nogo/> -
Машиностроение.
15. <http://websvarka.ru/weld-91.html> - форум сварщиков.
16. <http://www.dissercat.com/content/vosstanovlenie-detalei-mashin-elektrokontaktnoi-privarkoi-metallicheskoj-lenty-cherez-promez> – Бурак П.И. Интенсификация электроконтактной приварки лент при восстановлении деталей // Диссертация. – М: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004.