

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование кафедры)

23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Автомобили и автомобильное хозяйство»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологии восстановления и упрочнения коренных
и шатунных шеек вала коленчатого автомобиля ЛАДА ВЕСТА

Студент

К.О. Полевщиков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Е.А. Кравцова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« ____ »

20 ____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

В работе выполнен анализ основных причин выхода из строя шеек коленчатого вала двигателя ВАЗ-21179 автомобиля ЛАДА ВЕСТА, проанализированы существующие и перспективные способы их восстановления и ремонта. Проведен литературный обзор способов упрочнения ответственных поверхностей коленчатого вала. Разработан прогрессивный технологический процесс восстановления коренных и шатунных шеек коленчатого вала, состоящий из технологических операций шлифования в ремонтный размер с применением новых шлифовальных кругов, технологии наплавки и последующей упрочняющей обработки. Для технологии упрочняющей обработки спроектировано специальное приспособление.

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» предложены меры по снижению выявленных в подразделении профессиональных рисков, подобрана профессиональная экипировка для работника максимально повышающая его безопасность. Предложены меры по повышению пожарной безопасности подразделения, а также комплекс мероприятий для снижения негативного воздействия на окружающую среду.

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. Анализ эксплуатационных дефектов коленчатых валов и способы их устранения.....	6
1.1 Назначение и характеристика детали вал коленчатый бензинового двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21179.....	6
1.2 Основные эксплуатационные дефекты коленчатого вала и существующие способы их устранения.....	9
2. Обзор современных способов восстановления и ремонта коленчатых валов.....	12
2.1 Технологии лезвийной и абразивной обработки шеек коленчатых валов.....	12
2.2 Разработка технологического процесса восстановления вала коленчатого.....	20
3. Проектирование и расчет приспособления для правки коленчатого вала и упрочнения галтельных переходов и шеек.....	24
3.1 Проектирование приспособления для упрочняющей обработки.....	24
3.2 Расчет плоской пружины.....	28
3.3 Расчет пружины сжатия.....	29
4. Безопасность и экологичность технического объекта.....	32
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта.....	32
4.2 Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков.....	35
4.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков..	36
4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта.....	37
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	38
4.6 Заключение по разделу.....	40

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Важной задачей, стоящей перед современным автомобильным хозяйством является обеспечения эффективности ремонтно-восстановительных работ узлов и агрегатов автотранспорта. Решение этой задачи в многом обуславливается улучшением качества эксплуатационных характеристик деталей и технологий их восстановления. В большинстве случаев причинами выхода из строя узлов и агрегатов автотранспортных средств является износ ответственных деталей, в связи с чем одним из важных вопросов в ремонтном производстве является восстановление изношенных деталей. При работе и эксплуатации автомобиля в наиболее напряженных условиях находятся сильно нагруженные участки соприкасающихся деталей, от качества и прочности которых зависят эксплуатационные свойства всего узла.

В настоящее время известны многочисленные способы ремонта и восстановления деталей узлов и агрегатов автомобиля. Одним из перспективных способов являются технологии шлифования в ремонтный размер с последующей наплавкой и упрочняющей обработкой. Данная технология позволяет эффективно упрочнить поверхностный слой детали и повысить ее ресурс работы.

1 Анализ эксплуатационных дефектов коленчатых валов и способы их устранения.

1.1 Назначение и характеристика детали вал коленчатый бензинового двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21179

Одной из ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля является коленчатый вал (коленвал), предназначенный для преобразования поступательного движения поршней во вращательное движение маховика. Коленвал «связывает» между собой ДВС и привод колес. Основной задачей коленвала является обеспечение преобразования механической энергии в крутящий момент. На рисунке 1.1 представлена общий вид двигателя ВАЗ-21179, устанавливаемый в автомобили ЛАДА-ВЕСТА.

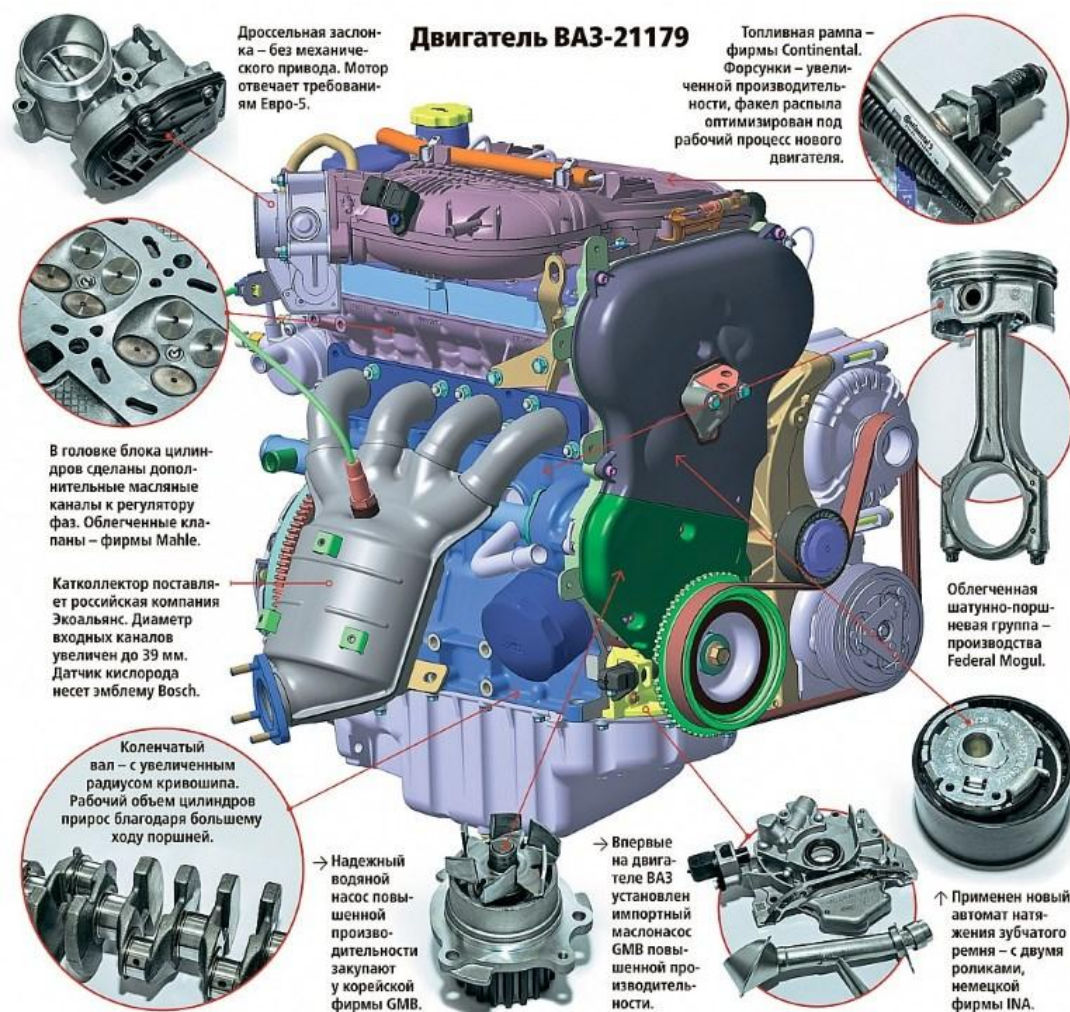


Рисунок 1.1 – Общий вид двигателя внутреннего сгорания ВАЗ-21179

Коленвал ВАЗ-21179 конструктивно усовершенствован: в его конструкции изменен профиль кривошипа, он имеет больший радиус, что обеспечивает больший объем цилиндров и больший ход поршней (84 мм). Также, при сохраненном диаметре коренных шеек, вал имеет уменьшенные диаметры шатунных шеек (с 47,8 мм до 43 мм). Уменьшение диаметра способствует уменьшению длины окружности и как следствие снижению трения. Еще одним существенным конструктивным усовершенствованием коленвала ВАЗ-21179 является измененная конструкция масляных каналов: вместо каналов с заглушками каждая шейка соединена просверленными по диагонали отверстиями. Это позволяет упростить технологическую очистку масляных направляющих.

Рассмотрим конструктивные элементы детали вал коленчатый (рисунок 1.2)



Рисунок 1.2 – Деталь вал коленчатый ВАЗ-21179

Вал коленчатый состоит из следующих конструктивных элементов:

- коренные шейки, представляют собой цилиндрические поверхности, по которым коленвал базируется в картере двигателя на подшипниках;
- шатунные шейки представляют собой цилиндрические поверхности смещенные относительно коренных шеек. На шатунных шейках закреплены шатуны. Они имеют масляные карманы для смазки вкладышей;
- соединительные щеки. Данный конструктивный элемент предназначен для соединения шеек;
- противовесы предназначены для уравнивания поршней с шатунами;
- фронтальная часть (носок) предназначен для контроля газораспределительного механизма. На фронтальной части устанавливается шкив и гаситель колебаний;
- задняя часть (хвостовик). На нем через шпонку устанавливается маховик. Данный конструктивный элемент предназначен для отбора мощности.

В качестве материала для изготовления вала коленчатого используется высокопрочный чугун с шаровидным графитом марки ВЧ60. Химический состав и механические свойства данного материала приведены в таблицах 1.1, 1.2 соответственно.

Таблица 1.1 – Химический состав высокопрочного чугуна ВЧ60

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
3 - 3.6	2.4 - 2.8	0.4 - 0.7	до 0.4	до 0.02	до 0.1	до 0.15	до 0.3

Таблица 1.2 – Механические свойства высокопрочного чугуна ВЧ60

Сортамент	Размер	Напр.	s_b	s_T	d_5	y	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	$\frac{kJ}{m^2}$	-
Отливки, ГОСТ 7293-85	-	-	600	370	3	-	-	-
Твердость ВЧ60, ГОСТ 7293-85				HB 10 ⁻¹ = 192 - 277 МПа				

1.2 Основные эксплуатационные дефекты коленчатого вала и существующие способы их устранения

Рассмотрим основные дефекты коленчатого вала, возникающие при эксплуатации и проанализируем основные существующие способы устранения этих дефектов. Деталь вал коленчатый является одной из основных и ответственных деталей в двигателе внутреннего сгорания. При эксплуатации на вал коленчатый действуют как механические, так и тепловые нагрузки, ударные динамические нагрузки, силы трения, крутильные колебания, статические нагрузки. Стоит отметить, что именно коленвал в процессе эксплуатации принимает на себя всю нагрузку, обусловленную недостатками сборки двигателя.

Рассмотрим типовые эксплуатационные дефекты коленчатого вала и проанализируем причины их возникновения:

1. Износ шеек коленчатого вала. Износ шеек коленвала связан с нарушением геометрии посадочных мест в блоке цилиндров при сборке двигателя. При неправильной сборке нарушается равномерность распределения нагрузки, что может привести к повышенному износу более нагруженной шейки. Еще одной причиной изнашивания шеек является некачественный материал из которого изготовлен коленвал. Наиболее эффективным с точки зрения износостойкости является высокопрочные чугуны.

2. Задиры. Данный дефект напрямую связан с нарушением системы смазки двигателя, использованием некачественного масла, недостаточного давления в системе смазки и т.д. Также одной из причин может являться нарушение температурного режима при эксплуатации двигателя.

3. Износ поверхностей под полукольца осевого смещения. Наиболее вероятная причина заключается в неправильной эксплуатации сцепления и по большей части является человеческим фактором (зависит от опыта водителя)

4. Царапины на шейках коленвала. Данный дефект возникает в результате долговременной эксплуатации и является следствием проникновения в систему смазки абразивных частиц.

5. Изгиб (прогиб) коленчатого вала.

6. Биение шеек коленчатого вала. Данный дефект возникает в результате постепенного изнашивания шеек и уменьшения их размеров. Возникновение дефекта является естественным процессом эксплуатации двигателя.

7. Трещины в коленвале. Данный дефект является наиболее опасным и может привести к усталостному излому коленвала.

Основные способы устранения эксплуатационных дефектов коленвала представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Способы устранения дефектов коленчатого вала

Наименование дефекта	Технология ремонта и восстановления
1	2
Износ коренных и шатунных шеек; Нарушение геометрии шеек (овальность, конусность); Царапины, задиры посадочных мест	Шлифование в ремонтный размер. Нанесение материала (покрытия) (электродуговая наплавка, приварка ленты, нанесение газотермического покрытия порошковыми материалами. Наплавка производится с последующим точением и шлифованием с отделочно-упрочняющей обработкой
Износ резьбовых участков	Углубление резьбы резцом и шлифование шейки до выведения следов износа Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера, углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки)
Износ шпоночных канавок Износ посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала	Фрезерование под увеличенный размер шпонок, новой шпоночной канавки; наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки Растачивание посадочного места, запрессовка втулки с последующим растачиванием, наплавка с последующим растачиванием
Износ отверстий под штифты крепления маховика	Развертывание под ремонтный размер

Продолжение таблицы 1.3

1	2
Скручивание вала (нарушение расположения кривошипов)	Шлифование шеек под ремонтный размер с последующей балансировкой, наплавка шеек с последующим обтачиванием, шлифованием и балансировкой
Торцевое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой
Изгиб вала: до 0,15...0,2 мм до 0,2... 1,2 мм Трещины	Шлифование шеек под ремонтный размер Правка под прессом или чеканка шеек Шлифование шеек под ремонтный размер, разделка трещин с помощью абразивного инструмента
Коррозия трущихся поверхностей	Зачистка шлифовальной шкуркой, шлифование и полирование

2 Обзор современных способов восстановления и ремонта коленчатых валов

2.1 Технологии лезвийной и абразивной обработки шеек коленчатых валов

Автомобильная промышленность в настоящее время является интенсивно развивающейся отраслью машиностроения. Инновационное развитие и задача обеспечения высокой конкурентоспособности предъявляет высокие требования к качеству и экономической эффективности продукции и технологий механической обработки в автомобилестроении. В настоящее время для автомобильных заводов одной из актуальных задач является задача обеспечения гибкости производства широкой номенклатуры автокомплектующих.

Мировые тенденции развития лезвийной и абразивной обработки деталей автокомплектующих сводятся к следующему [1, 2, 3]:

- интеграция технологий по принципу максимальной концентрации операций, выполняемых на одном станке.
- концентрация операций лезвийной и абразивной обработки в единой технологии, например, точение – фрезерование; точение – шлифование; твердое точение – шлифование;
- повышение производительности и качества обрабатываемых деталей;
- повышение экологической безопасности оборудования и технологий.

Компанией NSH-Technologies Machine Tool Group (Германия) предложена технология лезвийной и упрочняющей обработки коленчатых валов для широкого спектра моделей двигателей. Предложенный способ заключается в высокоскоростном вихревом фрезеровании шеек коленчатых валов для автомобильных двигателей [8]. Обработка осуществляется по принципу вихревого фрезерования двумя синхронно перемещающимися шпиндельными головками (рис. 2.1). По предложенному способу осуществляется одновременная обработка всех шеек коленчатого вала. Особенностью данного способа явля-

ется то, что возможно обрабатывать достаточно широкую номенклатуру коленчатых валов для различных моделей автомобилей.



Рисунок 2.1 – Технология сдвоенного вихревого фрезерования шеек коленчатого вала

Кроме того, оборудование имеет возможность дооснащения специальными технологическими модулями для упрочняющей обработки радиусных галтелей в местах сопряжения шейки с торцовыми поверхностями (рисунок 2.2). Применение данного способа обработки позволяет повысить ресурс детали за счет создания в опасном сечении наклепанного слоя.

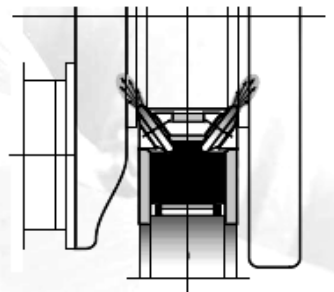


Рисунок 2.2 - Технология упрочнения радиусных галтелей коленчатого вала

В работе [18] описан способ обработки шеек коленвалов шлифованием на оборудовании Shaft Grind S с использованием специальных шлифовальных кругов из CBN (кубический нитрид бора) с врезанием в деталь под углом. Данный способ позволяет обеспечить обработку со скоростью 200 м/с, обеспечивая тем самым лучшее снижение шероховатости поверхности.

В работах [19, 20] освещена технология комплексной обработки коленчатых валов на одном шлифовальном центре JUCENTER 6L по принципу маятникового шлифования (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Технология маятникового шлифования валов на станке JUCENTER 6L.

Реализация предложенного способа обработки позволило в разы повысить производительность обработки коленчатого вала. Как отмечается в работе [20] предложенная технология позволяет производить полный цикл обработки коленчатых валов для всех типов двигателей – от одно до двенадцати цилиндровых. По такой технологии осуществляется одновременное шлифование коренных, шатунных шеек, шлифовка закаленных галтелей. Дополнительно технологически возможна почти любая комбинация с другими способами абразивной обработки. Результаты проведенных испытаний позволи-

ли выявить следующие преимущества технологии маятникового шлифования:

- универсальность применения для разного количества цилиндров двигателя путем переналадки программы ЧПУ;
- высокая гибкость при обработке коренных и шатунных подшипников за счет применения маятникового способа шлифования;
- экономия времени при полной обработке за счет исключения операции переустановки заготовок;
- высокая производительность благодаря применению шлифовальных кругов из кубического нитрита бора;
- высокая точность выдерживания размеров благодаря измерению в процессе обработки.

Исследование технологии маятникового шлифования детально освещено в работе [22]. При исследовании уделено внимание протекающим физико-механическим и тепловым процессам при абразивной обработке. Важным при шлифовании шеек коленчатых валов является обеспечение оптимальной скорости шлифования, при увеличении которой снижается удельная мощность шлифования, а толщина снимаемой стружки увеличивается. В работе уделено внимание стружкообразованию при обработке. Так, отмечается, что при увеличении интенсивности съема припуска необходимо учитывать распределение температуры в зоне резания.

В работе [23] предложена концепция «вертикальной» обработки автокомплектующих. Компанией EMAG Holding GmbH (Германия) разработан способ обработки коленвалов, при котором деталь обрабатывается в вертикальном положении. Такое решение позволяет исключить прогиб детали в процессе обработки. На рисунке 2.4. показано рабочая зона станка при обработке коленчатого вала. На данном станке осуществляется одновременное шлифование с двух сторон двумя шлифовальными кругами заготовки, зажатой в вертикальном положении.



Рисунок 2.4 – Рабочая зона станка для вертикального шлифования коленчатых валов

Для такой обработки на станке установлены два специальных суппорта, на которые устанавливаются шлифовальные шпинделя, при этом синхронное шлифование осуществляется с двух боковых сторон. Исключение отжима детали обеспечивается в результате противолежащего расположения шлифовальных кругов относительно заготовки и за счет противоположного

вращения шлифовальных кругов. Такой способ обработки позволяет повысить качество обработки, снизить шероховатость поверхности и повысить геометрическую точность.

Важную роль при обеспечении эффективной обработки деталей шлифованием играет качество шлифовального круга. В настоящее время в обработке шлифованием используются следующие перспективные материалы [24]: оксид алюминия, электрокорунду, марок 13А.....16А; 23А...25А; 91А...94А; карбиды бора и кремния; сравнительно новый материал - синтеркорунд (спеченный электрокорунд). Каждое зерно синтеркорунда состоит из множества микрокристаллов размером от 0,1 до 0,2 мкм (рис. 23). Синтеркорунд в основном производится зарубежными фирмами и имеет четыре типа [25]: SG фирмы Norton; кубитрон 321 (фирмы 3М) для универсального применения; керпасс (Cerp pass 560) (компании Saint-Gobain) для силового шлифования; Cerp pass DGE для прерывистого шлифования; Cerp pass TGE (компании Saint-Gobain) для тонкого шлифования. Синтеркорунд наиболее эффективно при обработке закаленных сталей с твердостью выше 55 HRC, как раз после наплавки

Известны в абразивной обработки и специальные материалы, такие как поликристаллический алмаз и кубический нитрид бора (торговые марки боразон, кубонит, борей, CBN, эльбор) [25].

Круги из CBN на керамической связке в основном используются для высокоскоростного шлифования. Так, исследования, проведенные в [26] по определению эффективности применения шлифовальных кругов из кубического нитрида бора на керамической связке позволило разработать технологию углового врезного шлифования опорных шеек коленчатых валов и сократить время на обработку на 80 % по сравнению с традиционной врезной обработкой с кругами прямого профиля (рисунок 2.5).

Исследование высокоскоростного глубинного шлифования, освещенные в [27], показали, что применение шлифовальных кругов из CBN на металлической связке при шлифовании шеек коленчатых валов из чугуна и ста-

ли 38MnSiVS6 (рисунок 2.6) приводит как минимум к двухкратному сокращению времени цикла обработки. Так, например, при высокоскоростном шлифовании шатунных шеек коленвала максимальная скорость съема припуска составила $600 \text{ мм}^3/\text{мм/с}$. При этом время цикла на обработку сократилось на 50 %

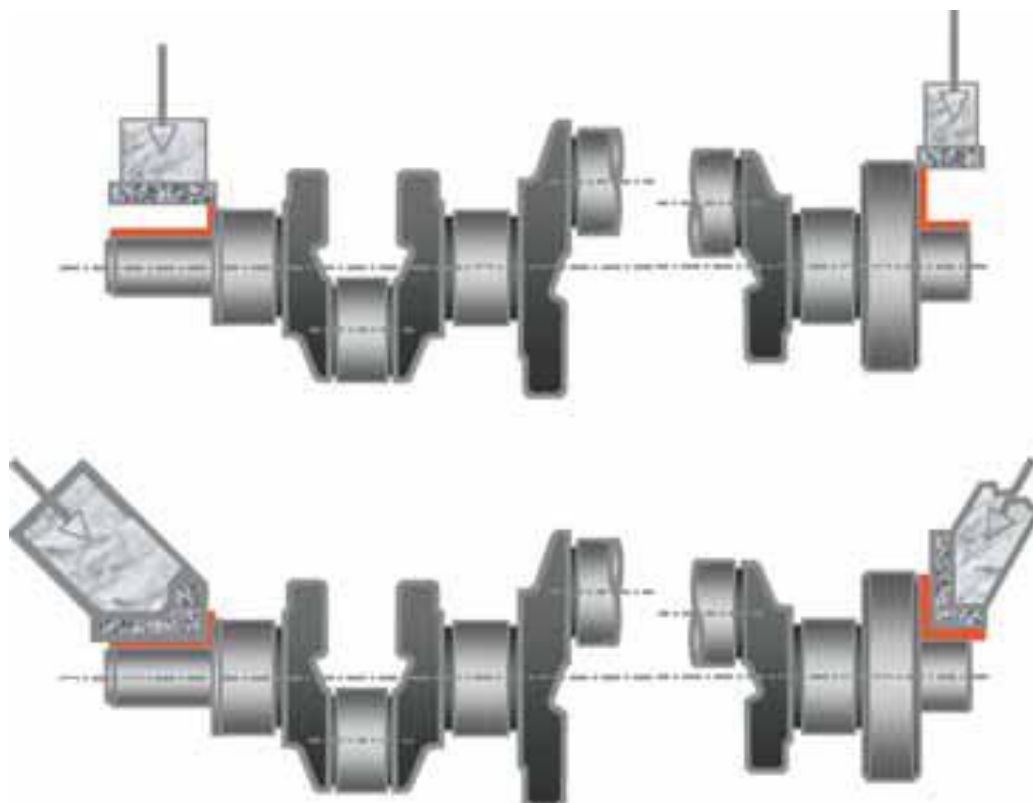


Рисунок 2.5 – Схема углового врезного шлифования опорных шеек коленвала кругами из CBN на керамической связке

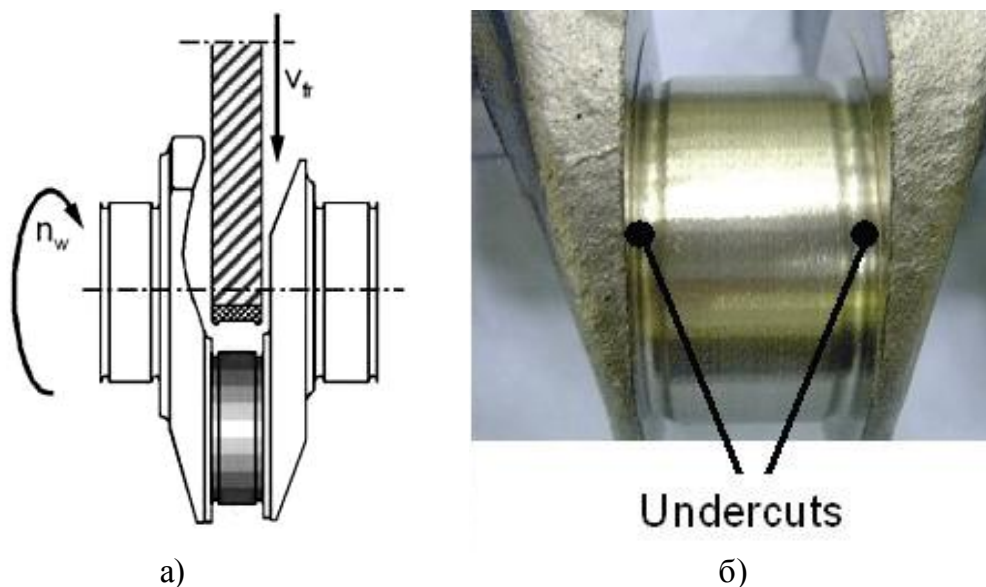


Рисунок 2.6 – Схема высокоскоростного глубинного шлифования шатунных шеек коленвала (а) и фото получаемой поверхности (б)

Выполненные исследования глубинного шлифования шеек коленчатых валов показало, что интенсивность съема материала порядка $2000 \text{ мм}^3/\text{мм}/\text{с}$ может быть достигнуто без теплового повреждения заготовки. Было установлено, что при глубинном шлифовании температура в зоне контакта повышается до значений интенсивности съема припуска в пределах $200 - 300 \text{ мм}^3/\text{мм}/\text{с}$, после чего наблюдается ее снижение.

Еще одной тенденцией в области абразивной обработки является применение высокопористых шлифовальных кругов. [28], обеспечивающих повышение производительности профильного шлифования и устранения дефектов шлифовочного характера – прижогов и микротрещин.

Объемное содержание абразивных зерен у высокопористого круга в сравнении с инструментом нормальной структуры сокращено с 50 % до 30 %, а объем пор возрастает до 75 %. При этом повышается эффективность резания каждого зерна, а дополнительные поры являются емкостями для размещения срезаемой стружки. Это позволяет уменьшить работу сил трения и, как следствие, интенсивность теплообразования, что открывает возможности

для увеличения производительности шлифования без потери качества обрабатываемой поверхности.

Предлагаемые на мировом рынке высокопористые абразивные круги не всегда могут обеспечить оптимальную характеристику круга. В МГТУ «Станкин» разрабатывается инструмент и технологии для высокоскоростного глубинного шлифования высокопористыми кругами. Результаты проведенных исследований показали, что применение высокопористого инструмента с характеристикой 92А6ПСМ210К на операциях шлифования азотированных деталей позволило уменьшить время обработки и снизить расход инструмента до 6 – 8 раз. Кроме того, разработанный высокопористый инструмент позволяет реализовать экологически безвредную технологию шлифования без применения СОЖ. Так, для процесса плоского шлифования деталей из цементированных закаленных легированных сталей 95Х13МКЗБ2Ф-ВЧ (HRC 59), Х12Ф (HRC 59...61), 95Х18 (HRC 50...55) были разработаны и испытаны шлифовальные круги из электрокорунда зернистостью 12 и 16, твердостью от М1 до С1 с номерами структуры 10 и 12 на керамической связке. Результаты исследования показали, что применение высокопористых кругов позволило увеличить производительность обработки в 2,5 раза; увеличить стойкость круга в 3...5 раз; снизить значение шероховатости поверхности R_a с 1,25 до 0,16...0,32 мкм и обеспечить процесс обработки без применения СОЖ. Достоинством процесса шлифования без охлаждения новым инструментом как отмечают авторы является минимальное и стабильное во времени термодинамическое воздействие на обрабатываемую деталь. В результате чего обеспечивается высокая точность обработки, вследствие благоприятного процесса «нагрева-охлаждения», равномерного распределения температуры и в итоге минимальной температурной деформации обрабатываемой заготовки.

2.2 Разработка технологического процесса восстановления вала коленчатого

Таблица 2.1 – Технологическая карта восстановления коленчатого вала

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Место выполнения работы	Оборудование и инструмент	Трудоемкость чел.-мин	Технические требования
1	2	3	4	5	6
Разборка	-	Агрегатное отделение	Подставки-накопители; кран-балка, поворотный стол; стенд для разборки и сборки ДВС; набор ключей	1	
Моечно-очистные работы	-	Участок мойки	Ванна моечная ОМ-1316; мойка моющими средствами; компрессор, пистолет для подачи сжатого воздуха	0,5	Очистка от загрязнений, остатков масла, абразивных частиц, продувка сжатым воздухом скрытых полостей и отверстий при давлении 0,3...0,4 атм
Дефектовка	-	Участок восстановления и ремонта;	Магнитный дефектоскоп, приспособление для проверки биения; призмы установочные, микрометр МК-105, штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1; стол контрольный, верстак слесарный	1	Овальность – не более 0,07 мм; Конусность – не более 0,06 мм; Прогиб – не более 0,3 мм
Правильная	-	-	Пресс гидравлический ГАРО-2135; плита поверочная; штангенрейсмус	1	Отклонение от прямолинейности не более 0,2 мм.

Продолжение таблицы 2.1

Шлифование	6	Участок восстановления и ремонта	Станок торце-круглошлифовальный 3М151, круг шлифовальный ПП; индикатор часового типа ИЧ0,001 эмульсия 2-3 % раствор кальцинированной соды	1	Припуск на шлифовку не более 0,1 мм; отклонение радиуса одноимённых шеек не более 0,02 мм
Наплавка	6	Участок восстановления и ремонта	Установка для плазменного напыления УПН-201	1	Твердость наплавленного слоя HRC 54...62
Шлифование в ремонтный размер	6	Участок восстановления и ремонта	Станок торце-круглошлифовальный, круг шлифовальный ПП; индикатор часового типа ИЧ0,001 Эмульсия 2-3 % раствор кальцинированной соды	1	Радиус скругления кромок не более 5 мм; Обеспечение ремонтного размера Ø 42,98 _{-0,03} . Припуск на шлифование не более 0,07 мм Режим шлифования: скорость круга – 25 м/с; скорость вала – 20 м/мин; глубина шлифования – 0,005...0,010 мм/об. Овальность и конусность шеек не более 0,015 мм, шероховатость – 0,32 мкм по Ra

Продолжение таблицы 2.1

Упрочняющая обработка	6	Участок восстановления и ремонта	Станок токарный 16К20, приспособление для отделочно-упрочняющей обработки; инструмент из твердого сплава ВК6-ОМ с радиусом сферы 3 мм; штангенциркуль ШЦ125-0,01; микрометр 25-50;	0,5	Шероховатость по Ra 0,2 мкм; глубина упрочненного слоя, h=0,3...0,7 мм; микротвердость HV600...800
Балансировка	-	Участок восстановления и ремонта	Специальная динамическая машина	0,5	Неуравновешенность
Контроль	-	Участок восстановления и ремонта	Стол контрольный, плита поверочная, мерительный инструмент	0,5	
Мойка	-	Участок мойки	Ванна моечная ОМ-1316	0,5	

3 Проектирование и расчет приспособления для правки коленчатого вала и упрочнения галтельных переходов и шеек

3.1. Проектирование приспособления для упрочняющей обработки

В данном разделе работы выполнено проектирование и расчет приспособлений для упрочнения шеек коленчатого вала после их шлифования в ремонтный размер. Технология отделочно-упрочняющей обработки заключается в воздействии на деталь с помощью инструмента с сферической рабочей частью. Данный инструмент внедряется в обрабатываемую поверхность на величину, примерно равную шероховатости поверхности. За счет упруго-пластических деформаций поверхности осуществляется упрочнение поверхностного слоя и снижение шероховатости поверхности. Данный способ обработки эффективно применять и в процессе восстановления автомобильных деталей, в частности коленчатых валов. Однако, для обработки таких валов необходимо разработать специальное приспособление, отличающееся от стандартных. В приспособлении необходимо предусмотреть возможность обработки закрытых и ограниченных участков, таких, например как коренные шейки, ограниченные щеками и противовесами. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность обработки радиусов и переходов с цилиндрической поверхности на торцовые поверхности. Причем предусмотреть необходимо возможность обработки с двух сторон.

С помощью данного способа осуществляется обработка цилиндрических поверхностей и радиусных галтельных переходов в шатунных и коренных шейках. Общий вид конструкции приспособления представлен на рисунке 3.1

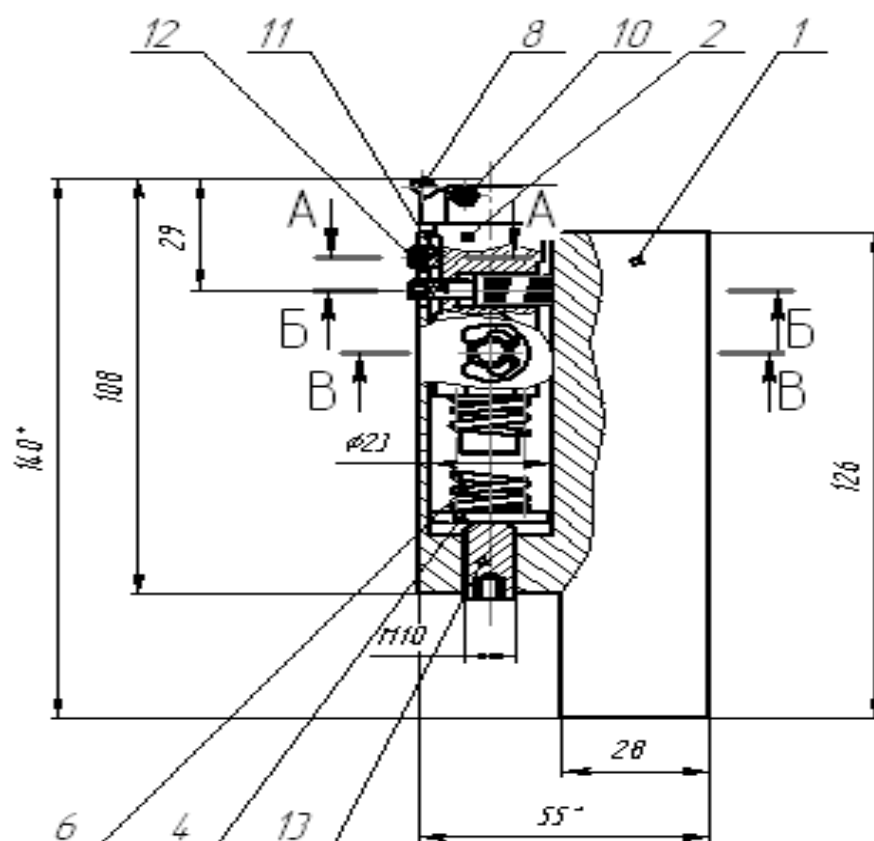


Рисунок 3.1 – Конструкция приспособления для упрочняющей обработки шеек коленчатого вала

Перед обработкой приспособление устанавливается в резцедержателе токарного станка и подводится к поверхности до момента касания инструмента поверхности детали. Далее производится натяг путем сжатия пружины сжатия, в результате чего инструмент в виде сферического инструмента внедряется в поверхность на заданную глубину, при которой обеспечивается необходимое снижение шероховатости поверхности и ее упрочнение.

На рисунке 3.2 представлена конструкция приспособления для упрочнения радиусных галтельных переходов цилиндрических поверхностей шеек на торцы. В конструкции приспособления используются плоские пружины.

(плоских пружин), работающих на сжатие. При этом имеется возможность относительного смещения двух частей друг относительно друга. Величина смещения одной части (подвижной с инструментом) контролируется с помощью индикатора часового типа ИЧ с ценой деления шкалы 0,001 мм. Рабочим элементом приспособления, воздействующим на обрабатываемую поверхность является унифицированный алмазный наконечник или специально изготовленный из твердого сплава ВК6-ОМ инструмент.

Приспособление работает следующим образом. Установленное на станке приспособление подводится к обрабатываемой детали до момента ее касания инструментом. Далее создается предварительный натяг, контролируемый индикатором. При создании натяга, за счет упругого отжатия подвижной части приспособления создается силовое воздействие на обрабатываемую поверхность. При этом контактную нагрузку на деталь можно определить из соотношения:

$$F = ky \quad , \quad (3.1)$$

где k – коэффициент жесткости плоской пружины, y – величина упругого отжатия, контролируемая индикатором.

Регулировка жесткости осуществляется путем подбора количества плоских пружин, устанавливаемых в предусмотренных для этого пазах, выполненных с подвижной и неподвижной частях приспособления.

С помощью спроектированных приспособлений возможна обработка как коренных, так и шатунных шеек коленчатого вала, а также обработка галтелей. Упрочнение коленчатых валов после наплавки и шлифования в ремонтный размер позволяет повысить твердость поверхности, снизить ее шероховатость и создать в поверхностном слое благоприятные остаточные напряжения.

С целью определения требуемого усилия прижима инструмента в поверхность коленчатого вала необходимо произвести расчет пружин.

3.2. Расчет плоской пружины

Для создания требуемого усилия обработки необходимо подобрать плоскую пружину. Причем необходимо рассчитать усилие, которое способно обеспечить одна пружина. Произведем расчет пружины. На рис. 3.3. представлена расчетная схема. Необходимо установить связь нагрузки F с деформацией s пружины и определить ее необходимые геометрические размеры.

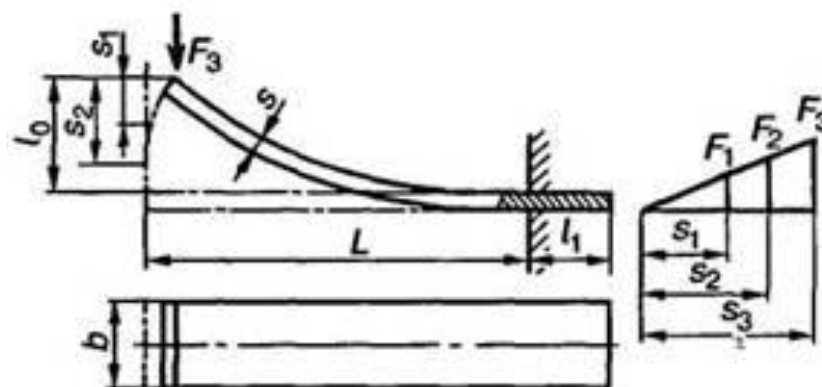


Рисунок 3.3 – Расчетная схема пружины: s_1 s_2 s_3 - деформации пружины соответствующие нагрузкам F_1 F_2 F_3 ; F_1 F_2 – рабочие нагрузки F_3 – максимально допускаемая нагрузка;;

Максимально допустимая нагрузка на пружину рассчитывается по формуле:

$$F_3 = \frac{bs^2}{6L} [\sigma_{из}], \quad (3.2)$$

где $[\sigma_{из}]$ – допускаемое напряжение при изгибе, МПа; b и s – ширина и высота пружины, мм; L - длина в свободном состоянии, мм.

Исходя из конструктивных соображений примем длину L пружины равной 23 мм. В качестве материала для изготовления пружины выбираем холоднокатаную ленту из стали 65 с допускаемым напряжением при изгибе $[\sigma_{из}] = 700 \text{ Н/мм}^2$ и модулем упругости $E=210000 \text{ Н/мм}^2$. Толщину ленты по

конструктивным соображениям и согласно сортаменту примем 2,5 мм. Тогда по формуле (3.2) определим ширину лены (пружины):

$$b = \frac{6F_3 L}{s^2 E} = \frac{6 \cdot 800 \cdot 23}{2,5^2 \cdot 700} = 25,23 \text{ мм. Примем ширину пружины 25 мм.}$$

Определим максимально допустимую деформацию пружины:

$$s_3 = \frac{2L^2}{3sE} = \frac{2 \cdot 23^2 \cdot 700}{3 \cdot 2,5 \cdot 210000} = 0,47 \text{ мм}$$

Учитывая линейную связь нагрузки с упругой деформацией (формула 3.1) определим коэффициент пропорциональности k :

$$k = \frac{F}{s} = \frac{800}{0,47} = 1702,13 \text{ Н/мм}^2$$

Таким образом, обеспечить требуемую нагрузку при обработке возможно путем настройки соответствующего смещения (внедрения) через коэффициент пропорциональности.

3.3 Расчет пружины сжатия

В некоторых приспособлениях возможно использовать стандартные цилиндрические пружины, работающие на сжатие. Выполним расчет такой пружины, исходя из тех же соображений, что и выше.

Рассмотрим расчетную схему пружины:

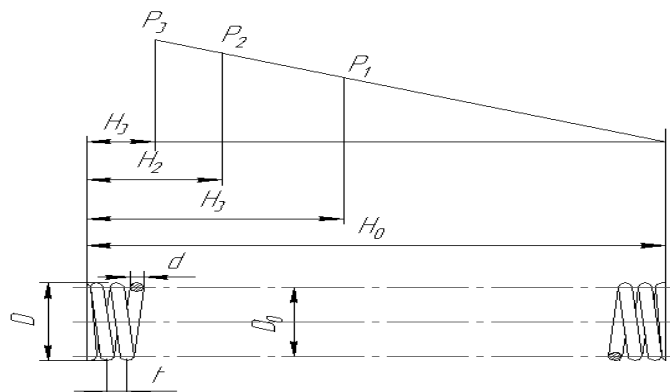


Рисунок 3.4 – Расчетная схема пружины сжатия

Учитывая условия работы пружины, выбираем для данного типа пружин II класс выносливости.

Произведем расчет силы, действующую на пружину%

$$P_3 = \frac{P_2}{z} = \frac{35}{5} = 7 \text{ Н}$$

Выбираем геометрические параметры пружины:

$$P_3 = 45 \text{ кгс}; d = 4 \text{ мм}; D = 25 \text{ мм}; z_1 = 26740; f_3 = 1628 \text{ мм},$$

где d - диаметр проволоки, мм

D - наружный диаметр, мм

z_1 - жесткость, кгс/мм

f_3 - прогиб витка, мм

Произведем расчет жесткости пружины:

$$z_1 = \frac{P_3}{h} = \frac{35}{15} = 2,3 \text{ кгс/мм}$$

Определим количество витков пружины: $n = \frac{z_1}{z} = \frac{26740}{2} = 13370$

$$z_1 = \frac{z}{n} = \frac{26740}{13} = 2057 \text{ кгс/мм}$$

Полное число витков:

$$n = n_1 + n_2 = 1,354$$

где n_2 - число опорных витков, принимаем $n_2 = 1,5$

Геометрические размеры пружины:

наружный диаметр: $D = 25 \text{ мм}$

внутренний диаметр: $d = 4 \text{ мм}$

рабочая деформация: $F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{35}{2} = 17,5 \text{ Н}$

максимальная деформация: $F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{45}{2} = 22,5 \text{ Н}$

Высота:

$$L_3 = 4n_3 = 4 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ мм}$$

где n_3 - число зашлифованных витков, $n_3 = 1,2$

Высота в свободном состоянии:

~~$\frac{1}{6} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3}$~~

Шар: ~~$\frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3} \frac{1}{3}$~~

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта

4.1.1 Наименование технического объекта выпускной квалификационной работы

Технический объект – технология восстановления и упрочнения коленчатого вала автомобиля ЛАДА ВЕСТА. Технологический паспорт объекта представлен в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника,	Оборудование, приспособления	Материалы и вещества
1.	Восстановление и упрочнение коленчатого вала	Разборка	слесарь	Стенд для разборки ДВС	Ветошь, комплект ключей, поворотный стол
2.		Моечно-очистные работы	слесарь	Ванна моечная ОМ-1316	Моющие средства, компрессор
3.		Дефектовка	контроллер	Магнитный дефектоскоп; приспособление для проверки биения, призмы установочные, микрометр МК-105, штангенциркуль ШЦ-11-150-0,1	Ветошь
4.		Правильная	слесарь	Пресс гидравлический ГАРО-2135	Ветошь
5.		Шлифование	шлифовщик	Шлифовальный станок 3М151, Круг шлифовальный тип ПП	Эмульсия ВЕЛС 2-5 %

Продолжение таблицы 4.1

6.		Наплавка	слесарь	Установка для плазменно-го напыления УПН-201	
		Шлифование в ремонтный размер	шлифовщик	Шлифовальный станок 3М151, Круг шлифовальный тип ПП, индикатор часового типа ИЧ-0,001	Эмульсия ВЕЛС 2-5 %
7.		Упрочняющая обработка	Токарь	Токарный станок 16К20; приспособления для упрочнения	
8.		Балансировка	Слесарь	Специальная динамическая машина	Ветошь
9.		Контроль	Слесарь	Стол контрольный, плита поверочная, мерительный инструмент	Ветошь
10.		Мойка	Слесарь	Ванна моечная ОМ-1316	Ветошь, компрессор

4.2. Идентификация опасных и вредных производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Операция, вид работ	Наименование ОВПФ	Источник ОВПФ
1.	Разборка. Разобрать двигатель, снять коленвал	подвижные части производства; повышенный уровень шума на рабочем месте; вибрации;	Подставки-накопители, кран балка, поворотный стол, стенд для разборки двигателя
2.	Моечно-очистные работы. Произвести очистку коленвала от остатков масла, зачистить центровые отверстия, резьбу		Ванна моечная ОМ-1316. Специальные моющие средства, компрессор, пистолет для подачи сжатого воздуха.
3.	Дефектовка. Произвести внешний осмотр, выполнить измерения		Магнитный дефектоскоп, приспособление для проверки биения, призмы, мерительный инструмент
4.	Правильная. Установить коленвал на пресс. Произвести прессовую правку		Пресс гидравлический ГАРО-2135
5.	Шлифование. Выполнить шлифовку изношенных шеек коленвала		Станок круглошлифовальный 3М151, круг шлифовальный типа ПП
6.	Наплавка. Выполнить наплавку изношенного слоя		Установка для плазменного напыления УПН-201

Продолжение таблицы 4.2

7.	Шлифование в ремонтный размер	подвижные части производственного оборудования; шум на рабочем месте; вибрации;	Круглошлифовальный станок,
8.	Упрочняющая обработка		Токарный станок 16К20, приспособление для упрочнения
9.	Балансировка		Специальная динамическая машина
10.	Контроль		Стол контрольный, плита поверочная, мерительный инструмент
11.	Мойка		

4.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Наименование ОВПФ	Организационные методы и средства защиты, снижения, устранения ОВПФ	Средства и защиты работника
1	2	3	4
1	«движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы» [30]	Оснащение оборудования защитными устройствами, ограждающими зону обработки или ее часть, в которой осуществляется процесс резания	дерматологические защитные средства

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4
2	«повышенный уровень шума на рабочем месте» [30]	меры для локализации выделяемой пыли и снижения шума до норм	бируши
3	повышенный уровень вибрации		
4	статические физические перегрузки монотонность труда		
5	эмоциональные перегрузки		

4.4 Обеспечение пожарной и техногенной безопасности рассматриваемого технического объекта (производственно-технологических эксплуатационных и утилизационных процессов)

4.4.1 Идентификация опасных факторов пожара.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1.	Участок восстановления и ремонта	Стенды, станки, установки, Пресс гидравлический, специальная динамическая машина	А	пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов	вынос высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара;

4.4.2 Разработка технических средств и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности технического объекта

Таблица 4.5 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Моб. сред. пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Порошковые огнетушители типа ОП;	-	-	извещатели	-	СИЗ	Топор, лом	-

Организационные мероприятия по предотвращению пожара.

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Наименование видов реализуемых организационных	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Технологический процесс восстановления коленчатого вала	Составление технических паспортов Обучение и инструктаж;	Проведение инструктажей

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

4.5.1 Идентификация экологических факторов технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса,	Воздействие на атмосферу	Воздействие на гидросферу	Воздействие на литосферу
Технологический процесс восстановления коленчатого вала	Разборка	-	СОЖ, смазки, нефтепродукты	Твердые и жидкие отходы производства
	Моечно-очистные работы.	Моющие вещества		
	Дефектовка.	СОЖ, масла, стружка		
	Правильная	-	СОЖ, смазки, нефтепродукты	
	Шлифование	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, шлифовальный шлам		
	Наплавка	Пары СОЖ, масел, твердые частицы, стружка Выброс химических элементов		

4.5.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия на окружающую среду рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Технология восстановления вала коленчатого
Мероприятия по снижению воздействия на атмосферу	1) использование исправной техники, 2) регулярный профилактический осмотр
Мероприятия по снижению воздействия на гидросферу	1) установка поддонов
Мероприятия по снижению воздействия на литосферу	1) регулярный профилактический осмотр и

4.6 Заключение по разделу

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» выполнен анализ технологии восстановления коленчатого вала, перечислены операции, применяемое оборудование, приспособления и используемый инструмент (таблица 4.1).

Произведена идентификация рисков, проработаны мероприятия по их снижению. Выбраны средства защиты.

Разработаны мероприятия по пожарной безопасности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для современного автотранспортного предприятия одной из важных задач сохранения конкурентоспособности является задача обеспечения высокой эффективности ремонтно-восстановительных работ узлов и агрегатов автомобиля. На основании чего автотранспортные предприятия являются некоторым отражением современных технологических и технических решений в области применения новых, прогрессивных способов организации ремонтного хозяйства. Не исключением в этом аспекте являются новые технологии ремонта и восстановления изношенных деталей и узлов автомобиля.

На основании анализа литературных источников, анализа и обобщения вероятных дефектов, возникающих при эксплуатации автомобиля разработана технология ремонта и восстановления одной из ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания – детали вал коленчатый автомобиля ЛАДА-ВЕСТА.

На основе анализа литературы предложено в технологическом процессе восстановления коленчатого вала использовать отделочно-упрочняющую обработку, как одну из эффективных и недорогих способов обработки деталей машин и восстановления ресурса их работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков В. Г. Справочник. Инженерный журнал / В. Г. Новиков, А. А. Федоров, Д. О. Бытеев. // М.: Изд.дом «Спектр» - 2004. - № 7. - С. 24-31.
2. Канарчук В. Е. Курс восстановления автомобильных деталей: Технология и оборудование / Канарчук В. Е., Чигринец А. Д – М.: Транспорт, 1998, - 303 с.
3. Day R. Machining Technology Developments / PRIME Faraday Partnership, May 2001, p 20
4. J. Кораč. High precision machining on high speed machines. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. VOLUME 24, ISSUE 1, 2007, P 405 – 412.
5. Новиков Н.В., Клименко С.А. Инструменты с поликристаллическими сверхтвёрдыми материалами в технологиях механической обработки // Процессы механической обработки в машиностроении. – Выпуск 10, 2011. – С.3 – 22.
6. Легкоосуществляемая обработка резанием и шлифование закаленных и незакаленных шестерен // Металлообработка и станкостроение, 2010, № 4. – С. 38.
7. Феоктистов В. Автокомпоненты вашего успеха // Металлообработка и станкостроение, 2012, № 4. – С. 26 – 30.
8. The perfect shaft // Motion, issue 01/2009, p. 19
9. Synchronicity wins on points // Motion, issue 01/2009, p. 20 – 21.
10. Seven at one stroke // Motion, issue 01/2009, p. 22 – 23.
11. Карстен О. Сопряженное шлифование //Металлообработка и станкостроение, № 7-8, 2009, С.38 – 39
12. Comley P. , Walton I., Jin T., Stephenson D.J. A High Material Removal Rate Grinding Process for the Production of Automotive Crankshafts // Annals of the CIRP Vol. 55/1/2006

13. Старков В.К. Шлифование высокопористыми кругами. – М.: Машиностроение, 2007. – 688 с., ил.
14. Стратиевский И.Х., Юрьев В.Г., Зубарев Ю.М. Абразивная обработка: справочник. М.: Машиностроение, 2010. 352 с.
15. Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. Пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 238 с.: ил.
16. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.1. – 8-е изд., перераб. И доп. под ред. И.Н.Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.
17. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т.2. – 8-е изд., перераб. И доп. под ред. И.Н.Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.