

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА ПО СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМ ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ	5
2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	14
2.1 Износостойкость.	14
2.2 Усталостная прочность.	14
2.3 Контактная жесткость.	15
2.4 Коррозийная стойкость	15
2.5 Термическое сопротивление.....	16
3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗЫ БЛОКА ЦИЛИНДРА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ.....	19
3.1. Исследуемые объекты и параметры.....	19
3.2. Требования к параметрам геометрии гильз блока цилиндров и их влияние на свойства двигателя.....	20
3.3. Влияние параметров геометрии поверхности гильз блока цилиндров на снижение потерь на трение.....	20
3.4 Методика производственного испытания поверхности гильзы блока цилиндров	25
3.5 Оборудование, приборы, приспособления, инструменты и материалы.	28
3.6 Предполагаемые результаты испытаний.....	33
4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШЕЕК ПОД САЛЬНИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ВАЛОВ.....	36
4.1 Применяемые средства для проведения испытания	38
5. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	43
5.1 Описание приспособления.....	45
5.2 Технические характеристики.....	45
5.3 Описание конструкции устройства.....	46

5.4	Установка устройства на станке.....	49
5.5	Порядок работы с устройством.....	51
5.6	Технологические рекомендации	51
6.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	54
6.1	Течь из переднего сальника коленчатого вала	54
6.2	Течь из заднего сальника коленчатого вала.....	55
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

В связи с высоким темпом введения прогрессивных методов обработки и с повышением требований, предъявляемых к поверхностям, существует проблема, связанная с изменениями, происходящими с поверхностями, особенно в парах трения, в период эксплуатации машин.

Целью магистерской диссертации является разработка методик обеспечивающих испытание поверхностей в парах трения гильза блока цилиндра двигателя внутреннего сгорания – поршневое кольцо, поверхность сальниковой шейки коленчатого вала – сальниковая манжета. Цель разработки данных методик – обеспечить эксплуатационные испытания образцов изготовленных при стандартных технических условиях, стандартном технологическом процессе, в условиях производства.

В диссертации рассмотрены требования, предъявляемые к исследуемым поверхностям, приведен анализ теоретических результатов введения прогрессивных методов обработки: методом платовершинного хонингования и методом поверхностно пластического деформирования.

1. ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА ПО СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМ ПАРАМЕТРАМ ШЕРОХОВАТОСТИ

В 1873 году брат известного математика В.Л. Чебышев обратил внимание что чистота поверхности обрабатываемой детали сильно зависит от состояния инструмента, которым эту деталь обрабатывают. Чебышев предложил формулу для вычисления высоты микронеровностей поверхности после обработки. Также при производстве оружия на Тульском заводе были произведены лекала с помощью которых контролировались микронеровности поверхности детали.

В 1936 был выпущен первый стандарт чистоты поверхности, состоящий из 4 классов и 14 подгрупп.

Что касается истории развития шероховатости в СССР то первые попытки пронормировать чистоту поверхности были сделаны в 1928 году параметры представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Нормы обозначения шероховатости поверхности

ГРУППЫ ЧИСТОТЫ		
Наименование поверхностей	Обозначения	Нск микроны
I Грубые	□	100 до 12,5
II Получистые	□□	12,5 до 1,6
III Чистые	□□□	1,6 до 0,2
IV Весьма чистые	□□□□	0,2 до 0

Изначально поверхность оценивалась только по внешним признакам, оценка неровностей в микрометрах появилась позднее. Но такая оценка не являлась исчерпывающей для поверхности, и поэтому разные специалисты оценивали поверхность по-разному.

В 1945 г. был издан первый ГОСТ 2789 - 45 принцип описания поверхности представлен в таблице 1.2, поверхность оценивалась согласно

средней квадратичной высоте неровностей Нск. ГОСТ создавался на основе анализа поверхностей деталей машин в различных областях, таких как приборостроение, тяжелое машиностроение и т.п. На сегодняшний день такой оценкой поверхности пользуются США и Швейцария.

Таблица 1.2 - Принцип описания поверхности по ГОСТ 2789 – 45

КЛАССЫ ЧИСТОТЫ	РАЗРЯДЫ ЧИСТОТЫ		
	№№	Обозначение	Нск микроны
1	--	--	--
2	--	--	--
3	3а	□ 3а	25 до 20
	3б	□ 3б	20 до 16
	3в	□ 3в	16 до 12,5
4	4а	□□ 4а	12,5 до 10,0
	4б	□□ 4б	10,0 до 8,0
	4в	□□ 4в	8,0 до 6,3
5	5а	□□ 5а	6,3 до 5,0
	5б	□□ 5б	5,0 до 4,0
	5в	□□ 5в	4,0 до 3,2
6	6а	□□ 6а	3,2 до 2,5
	6б	□□ 6б	2,5 до 2,0
	6в	□□ 6в	2,0 до 1,6
7	7а	□□□ 7а	1,6 до 1,25
	7б	□□□ 7б	1,25 до 1,00
	7в	□□□ 7в	1,00 до 0,80
8	8а	□□□ 8а	0,80 до 0,63
	8б	□□□ 8б	0,63 до 0,50
	8в	□□□ 8в	0,50 до 0,40
9	9а	□□□ 9а	0,40 до 0,32
	9б	□□□ 9б	0,32 до 0,25
	9в	□□□ 9в	0,25 до 0,20
10	10а	□□□□ 10а	0,20 до 0,15
	10б	□□□□ 10б	0,16 до 0,125
	10в	□□□□ 10в	0,125 до 0,10
11	11а	□□□□ 11а	0,10 до 0,08
	11б	□□□□ 11б	0,08 до 0,063
	11в	□□□□ 11в	0,063 до 0,050
12	12а	□□□□ 12а	0,50 до 0,040
	12б	□□□□ 12б	0,040 до 0,032
	12в	□□□□ 12в	0,032 до 0,025
13	13а	□□□□ 13а	0,025 до 0,020
	13б	□□□□ 13б	0,020 до 0,016
	13в	□□□□ 13в	0,016 до 0,012
14	14а	□□□□ 14а	0,012 до 0,006
	14б	□□□□ 14б	0,006 до 0,000

В 1952 году был введен в обращение ГОСТ 2789-51 (взамен ГОСТ 2789-45) В нем уже более подробно было описано значение шероховатости в микронах, таблица 1.3.

Таблица 1.3 - Принцип описания поверхности по ГОСТ 2789 - 51

Класс чистоты	Обозначение класса чистоты в чертежах	Средняя высота шероховатостей $H_{ср}$ в мк	Среднее квадратическое отклонение $H_{ск}$ в мк
1	□ 1	Св. 125 до 200	---
2	□ 2	Св. 63 до 125	---
3	□ 3	Св. 40 до 63	---
4	□□ 4	Св. 20 до 40	---
5	□□ 5	Св. 10 до 20	Св. 3,2 до 6,3
6	□□ 6	Св. 6,3 до 10	Св. 1,6 до 3,2
7	□□□ 7	Св. 3,2 до 6,3	Св. 0,8 до 1,6
8	□□□ 8	Св. 1,6 до 3,2	Св. 0,4 до 0,8
9	□□□ 9	Св. 0,8 до 1,6	Св. 0,2 до 0,4
10	□□□□ 10	Св. 0,5 до 0,8	Св. 0,1 до 0,2
11	□□□□ 11	Св. 0,25 до 0,5	Св. 0,05 до 0,1
12	□□□□ 12	Св. 0,12 до 0,25	Св. 0,025 до 0,05
13	□□□□ 13	Св. 0,06 до 0,12	---
14	□□□□ 14	Св. -- до 0,06	---

В 1960 году вышел обновленный стандарт ГОСТ 2789-59, в котором внесены изменения в обозначениях шероховатости.

В 1973 году выпущен ГОСТ 2789-73, в нем произведено уточнение параметров описывающих требования к поверхности относительно ГОСТ 2789-59. В таблице 1.4 приведены параметры шероховатости, соответствующие ГОСТ 2879-73.

Таблица 1.4 - Классы шероховатости и соответствующие им наибольшие значения параметров шероховатости

Классы шероховатости	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина l, мм
	Ra	Rz	
1	80	320	8,0
2	40	160	
3	20	80	
4	10	40	2,5
5	5	20	
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	
8	0,63	3,2	
9	0,32	1,6	0,25
10	0,16	0,8	
11	0,08	0,4	
12	0,04	0,2	
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	

Далее ГОСТ 2789-73 приводился в соответствие мировым стандартам ISO.

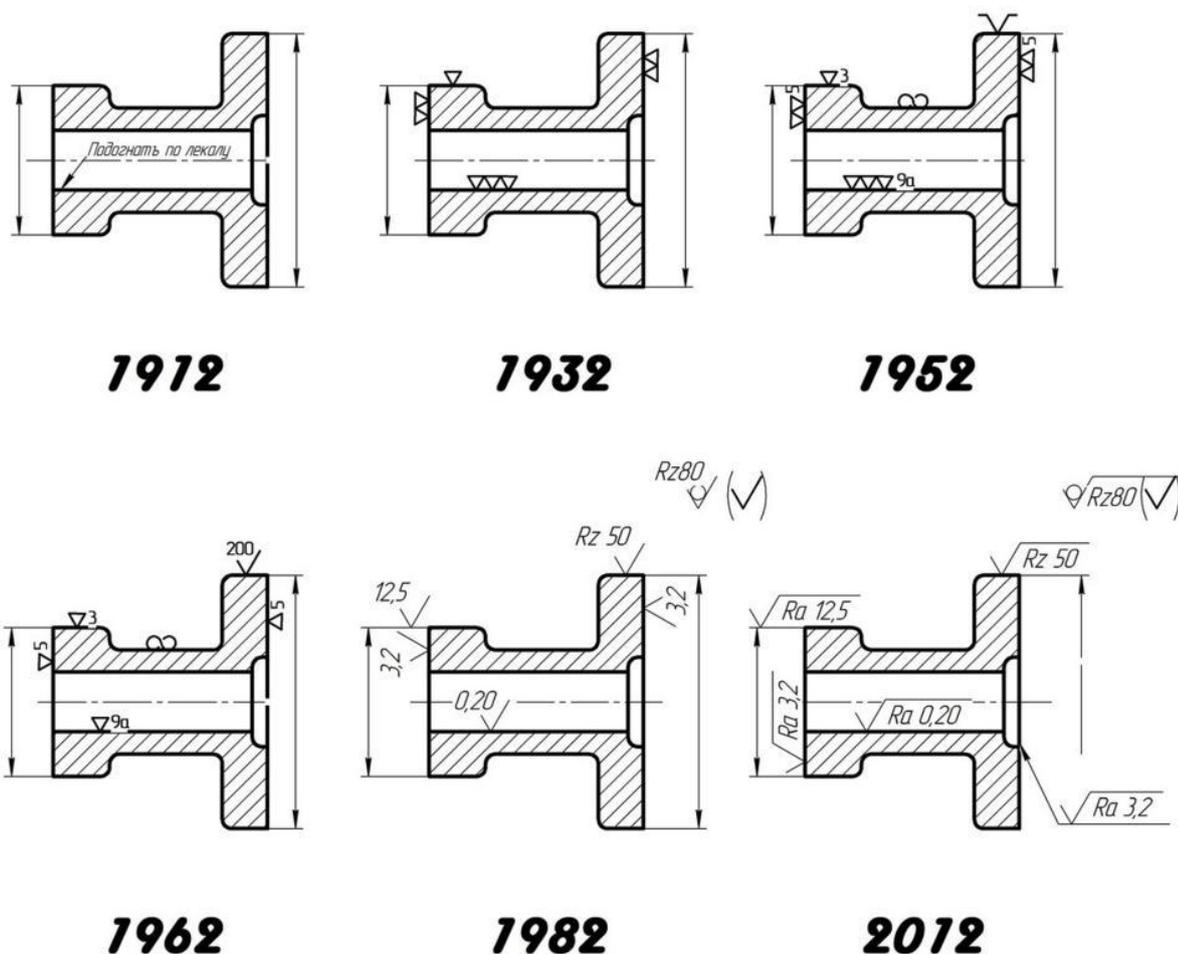


Рисунок 1.1 - Эволюция условных обозначений

1.1 Современное состояние и перспективы развития стандартизированных параметров шероховатости поверхности

В настоящее время требования шероховатости уходят от двухмерных рельефов шероховатости к трехмерным. Обусловлено это тем, что требования к размерам деталей машин, их качеству точности, допуски, стремятся к размерам соизмеримым с микронеровностями, обусловленными шероховатостью поверхности.

Основой для создания трехмерных параметров стали общеизвестные двухмерные параметры такие как Ra и Rz, но после применения этих параметров на практике стало ясно, что необходимо вносить дополнительные параметры, одним из таких параметров стало функциональное назначение поверхности.

Мировыми стандартами ISO 25178 предусмотрены следующие параметры, описывающие трехмерную шероховатость поверхности:

- функциональные;
- параметры, располагаемые в горизонтальной плоскости;
- амплитудные параметры;
- гибридные параметры.

Далее будут рассмотрены все параметры более подробно.

1.1.1 Амплитудные параметры

Параметр S_a аналогичен двумерному параметру R_a

$$S_a = \frac{1}{A} \cdot \iint_A |z(x, y)| \cdot dx \cdot dy \quad (1.1)$$

Параметр S_q аналогичен двумерному параметру R_q и представляет среднеквадратическое отклонение от средней плоскости

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{A} \cdot \iint_A z(x, y)^2 \cdot dx \cdot dy} \quad (1.2)$$

В формулах параметр A показывает площадь исследуемой поверхности.

Параметр S_{sk} показывает смещение шероховатости относительно базовой плоскости и показывает смещение амплитудных значений относительно средней плоскости. Если $S_{sk} > 0$ следовательно смещение вверх, если $S_{sk} < 0$ следовательно смещение вниз.

$$S_{sk} = \frac{1}{S_q^3} \cdot \left[\frac{1}{A} \cdot \iint_A z(x, y)^3 \cdot dx \cdot dy \right] \quad (1.3)$$

Данный параметр позволяет оценить визуальную составляющую поверхности такую как блеск.

Параметр S_{ki} показывает остроту вершин шероховатости относительно нормального распределения. Если $S_{ki} > 3$ следовательно вершина более острая, если $S_{ki} < 3$ следовательно вершина более плоская.

Параметры S_{sk} и S_{ki} позволяют оценить визуальную составляющую поверхности такую как блеск.

Как было сказано ранее параметры трехмерной шероховатости создавались исходя из функциональных требований к поверхности, так был создан параметр максимальной высоты пиков S_p . Этот параметр используют чтобы оценить функциональность поверхности по параметрам трения и электрического сопротивления. Определяется по следующей формуле:

$$S_p = \max[z(x, y)] \quad (1.4)$$

Аналогичен параметру S_p параметр S_v показывающий минимальную высоту впадин, его используют для оценки стойкости и коррозионной прочности поверхности. Определяется по следующей формуле:

$$S_v = \min[z(x, y)] \quad (1.5)$$

Объединяет эти два параметра параметр S_z - максимальная высота неровностей, определяется по формуле:

$$S_z = S_p + S_v \quad (1.6)$$

1.1.2. Горизонтальные параметры

Параметр Str_{37} служит для определения изотропности поверхности. Если поверхность изотропна - то параметр стремится к "1", Если поверхность имеет направленную структуру, то параметр стремится к "0".

Параметр Std определяет направление текстуры. Если направление перпендикулярно оси X , то $Std = 0$. Знак параметра изменяется в зависимости от направления вращения неровностей относительно оси. Положительные - вращение по часовой стрелке, отрицательное - против.

В будущем планируется ввести параметр описывающий плотность числа вершин выступов, определяющее значение этот параметр играет в деталях машин, имеющих большие контактные нагрузки (подшипники, уплотнения).

1.1.3. Гибридные параметры.

Гибридные параметры включают в себя совокупность амплитудных и горизонтальных параметров, поэтому не будут рассмотрены в рамках этой работы.

1.1.4. Функциональные параметры.

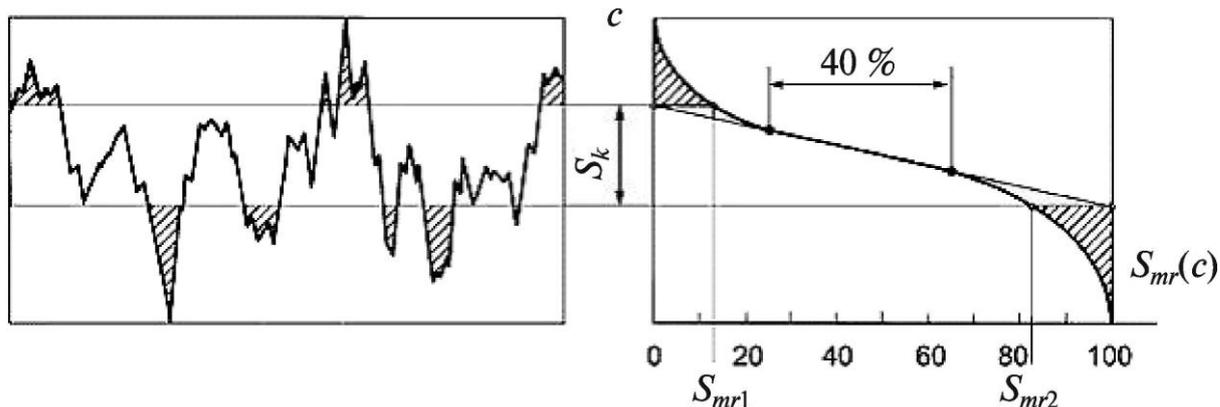


Рисунок 1.2 - Кривая Аббота-Файерстоуна

На рисунке 1.2 представлена кривая Аббота-Файерстоуна которая показывает плотность материала в сечении поверхностью на расстоянии от непосредственно поверхности детали. Данная кривая может показывать степень износа поверхности, если сравнивать этот параметр с течением времени. Кроме того, эта функция позволяет описывать поверхности с несколькими функциями. Такие поверхности, например, получаются после обработки плосковершинным хонингованием.

На основании кривой Аббота-Файерстоуна вводится параметр ядра шероховатости. Ядро шероховатости - 40% опорной кривой. В данном диапазоне должна производиться эксплуатация детали.

На основании ядра шероховатости вводятся следующие параметры:

- S_{pk} - он показывает какую часть материала необходимо удалить при финишной обработке материала для снятия контактных напряжений;
- S_k - он показывает область, в которой будет производиться эксплуатация детали;
- S_{vk} - данный параметр говорит о наличие на поверхности микрорельефа. Микрорельеф позволяет задерживать во впадинах смазывающий материал.

1.1.5.. Функциональные объемные параметры

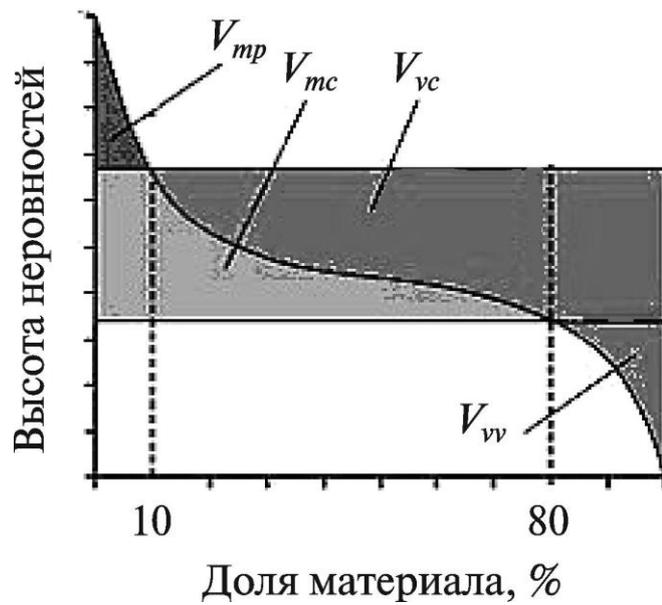


Рисунок 1.3 - Определение функциональных объемных параметров

Функциональные объемные параметры также вычисляются по опорной кривой.

Приняты следующие параметры:

- V_{mp} - количество материалов в районе пиков рельефа;
- V_{mc} - количество материалов в районе ядра рельефа;
- V_{vc} - количество пустот в районе ядра рельефа;
- V_{vv} - количество пустот в районе впадин рельефа.

2. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе рассматриваются поверхности трения: поршневое кольцо - гильза цилиндра, сальниковая шейка - манжета.

Шероховатость поверхности в парах трения во время эксплуатации играет очень значительную роль. Она влияет на следующие факторы:

2.1 Износостойкость.

Данный параметр определяет способность поверхностного слоя детали противостоять воздействию трения, давления, вибрации. В исследуемых парах трения износ является ключевым фактором, влияющим на функциональную способность узла. Износ в паре поршневое кольцо - гильза цилиндра влечет за собой выход из строя двигателя по причине потери мощности, и других ходовых характеристик. Износ в паре сальниковая шейка - манжета влечет к нарушению герметичности уплотняемой среды, что также является неисправностью. Износ на физическом уровне представляет собой отрыв частиц с поверхности из-за постоянных напряжений в разных направлениях. Скорость протекания процесса износа зависит от величины контакта и напряжений, возникающих в паре трения. Величина контакта в свою очередь зависит от качества поверхности. Для снижения износа используется смазка поверхностей, для удержания смазки на поверхности применяется микрорельеф. С одной стороны, микрорельеф позволяет задерживать масло, но с другой значительно снижает несущую способность поверхности, что так же ведет к преждевременному износу.

2.2 Усталостная прочность.

Усталость - разрушение материала под действием периодических знакопеременных нагрузок. Проведенные исследования показывают, что усталостные разрушения зарождаются в поверхностном слое детали,

следовательно, усталостная прочность напрямую зависит от физических характеристик поверхностного слоя, в том числе и от шероховатости.

Известно, что усталостная прочность обратно-пропорциональна шероховатости поверхности, то есть чем больше микронеровности на поверхности детали - тем более подвержен усталости материал. Объясняется это тем, что неровности на поверхностном слое являются концентраторами напряжений.

Из вышесказанного следует, что для пар трения не работающих в условиях, вызывающих усталостные напряжения имеет смысл наносить на поверхность микрорельеф, а на деталях, работающих на усталостную прочность необходимо производить финишную обработку.

Таблица 2.1 - Зависимость влияния параметров шероховатости на эксплуатационные свойства детали

Свойства	Шероховатость						
	Ra	Rz	Rmax	Sm	S	Tr	Направление следа
Усталостная прочность	*	*	*	*			*
Жидкое трение	*	*	*	*	*	*	*
Граничное трение	*	*	*	*	*	*	*
Коррозионная стойкость	*	*	*	*	*	*	

2.3 Контактная жесткость.

Способность поверхностных слоев сопротивляться давлению, оказываемому на них. Контактная жесткость необходима для точных пар трения. Контактная жесткость зависит от следующих параметров шероховатости Ra, Rz, tr.

2.4 Коррозионная стойкость

Данный параметр зависит от параметров аналогично усталостной прочности. Коррозионная стойкость прямо пропорционально зависит от Ra, Rmax и коэффициента наклепа и обратно пропорционально tr и Sm.

2.5 Термическое сопротивление

Напрямую зависит от контактирующей площади, которая, в свою очередь зависит от параметров поверхности детали.

Ниже приведена таблица 2.2, описывающая предпочтительные требования к шероховатости поверхности по классическим параметрам в зависимости от функционального назначения поверхности детали.

Таблица 2.2

Функциональное назначение детали	Требования к шероховатости поверхности
Нерабочие поверхности детали	Rz 320
Поверхности деталей под сварные швы	Rz 80
Торцевые поверхности валов не сопрягаемые друг с другом	Rz 40
Внутренний диаметр шлицевых соединений	
Торцевые поверхности под подшипники качения	Rz 20
Канавки под резиновые кольца	Ra 2,5
Поверхность осей под эксцентрик	Ra 2,5
Поверхность под резиновую манжету	Ra 1,25
Поверхности нагруженный деталей подвергающихся трению	Ra 0,32
Поверхности кулачков распределительных валов	Ra 0,63
Поверхности, работающие под действием сил трения, влияющие на точность работы механизма	Ra 0,160

На основании вышеизложенного, учитывая, что исследуется пара трения поверхность гильзы цилиндра - поршневое кольцо и на основании данных полученных от производителей двигателей небольшого объема, а именно такие двигатели актуально исследовать на ОАО АвтоВАЗ был сделан вывод, что наиболее влиятельными факторами является R3z - объемный параметр шероховатости и Vo - критический параметр, учитывающий расход масла. В таблице 2.3 приведены требования автопроизводителей к поверхности гильз

блока цилиндров современных двигателей небольшого объема. Представлены параметры шероховатости и отклонения формы.

Таблица 2.3 - Требования автопроизводителей к поверхности гильз блока цилиндров современных двигателей.

Производитель	Toyota	Honda	Kia	Misubishi	Lexus	Ford	Toyota
Рабочий объем	2,2	2,3	3,0	3,8	4,0	4,6	4,7
Ra	0,30	0,32	0,39	0,30	0,66	0,39	0,34
Rк	0,99	0,90	0,94	0,81	2,02	0,74	0,89
Rрк	0,45	0,49	0,17	0,11	0,97	0,33	0,26
Rvk	0,45	0,78	1,02	0,70	1,05	1,53	1,04
Vo	0,022	0,044	0,101	0,058	0,057	0,136	0,079
Rz	-	3,51	3,39	2,59	-	4,36	4,63
R3z	1,77	-	2,06	1,65	4,85	-	2,49
MR1	10	10,6	4,9	2	11,7	8,3	5,9
MR2	88,7	88,7	80,4	82,9	89,2	83,5	85,2
Отклонения формы							
Цилиндричност и	-	9,0	15,9	-	16,4	12,7	-
2 порядка	-	5,1	7	-	6,4	7	-
4й порядка	-	0,9	1,7	-	1,3	2	-
Прямолинейно сти	-	3,5	10	-	-	3,5	-
Материал	-	С добавл. фосфора	С добавл. бора	-	-	-	-
Материал хонинговально го инструмента	Алмаз	Алмаз	На керам. связке	На керам. связке	На керам. связке	Алмаз	На керам. связке

На основании приведенной таблицы сделан вывод о рекомендуемых требованиях, предъявляемых к финишной обработке поверхностей гильз цилиндров на сегодняшний день и приведены параметры, которые значительно улучшат эксплуатационные характеристики двигателя.

Таблица 2.4

Параметры поверхности	Лучший существующий уровень	Следующий уровень
R3z	2.0 +/- 0.5	1,5 +/- 0,5
Vo	0,075 +/- 0,025	0,05 +/- 0,025
Ra	0,0275 +/- 0,125 эталон.	0,20 +/- 0,10 эталон.
Rk	0,80 +/- 0,20 эталон.	0,60 +/- 0,20 эталон.
Rpk	0,25 +/- 0,15 эталон.	0,20 +/- 0,10 эталон
Rvk	0,85 +/- 0,15 эталон.	0,55 +/- 0,15 эталон.
Rz ISO	3,25 +/- 0,75 эталон.	2,0 +/- 1,0 эталон.
MR1	4 – 12%	5 – 10%
MR2	75 – 90%	80 – 90%
Угол хонингования	35 +/- 10 градусов	35 +/- 5 градусов

3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ГИЛЬЗЫ БЛОКА ЦИЛИНДРА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ.

3.1. Исследуемые объекты и параметры

Двигатель внутреннего сгорания автомобиля - ключевой узел, приводящий в движение механизмы автомобиля и в конечном счете заставляющий автомобиль двигаться. Двигатель внутреннего сгорания, как правило, состоит из нескольких цилиндров, количество цилиндров зависит от объема двигателя и от многих других конструкторских особенностей агрегата. Цилиндр с шатунно-поршневой группой создают пару трения. Одной из причин выхода из строя двигателя является недостаточная степень сжатия в цилиндрах. Степень сжатия обеспечивается поступательным движением поршня вверх и герметичностью камеры сгорания. Если по каким-либо причинам камера сгорания оказывается недостаточно герметичной, то двигатель значительно теряет в своих мощностных характеристиках. Потеря мощности двигателя приводит к потере эксплуатационных характеристик автомобиля и, как следствие, необходим ремонт двигателя.

Одной из причин снижения степени сжатия является износ в паре трения: гильза блока цилиндра - поршневое кольцо.

Ключевая проблема, решение которой является целью многих инженеров - это снижение трения и, как следствие, износа в паре гильза - поршневое кольцо.

Для этого применяются различные требования к поверхности гильзы. Наносится микрорельеф для задержки масла в микронеровностях поверхности гильзы. Но существует и обратная проблема: если на стенках будет задерживаться слишком много масла, то кольца не смогут снять все масло и оно будет попадать в камеру сгорания, что приводит к повышенному расходу масла на угар и к другим возможным последствиям, также негативно влияющим на режимы работы двигателя.

3.2. Требования к параметрам геометрии гильз блока цилиндров и их влияние на свойства двигателя

Поверхность после финишной обработки распределялась по уровню шероховатости Ra. Исходя из их отношений Rk и Rvk обозначался выступ или впадина. Если $Rk/Rvk > 1,3$ - выступы, если $Rk/Rvk < 1,0$ - впадины. Результаты занесены в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Чистота финишной обработки поверхности гильзы ДВС

Шероховатость	Характер поверхности	Ra	Rk	Rvk	Rpk	Rk/Rvk
Низкая	Выступ	0,24	0,78	0,39	0,28	2,00
Низкая	Впадина	0,30	0,67	1,05	0,22	0,64
Средняя	Выступ	0,5	1,7	1,20	0,75	1,42
Средняя	Впадина	0,39	0,98	1,01	0,21	0,97
Высокая	Выступ	0,82	2,43	1,61	0,88	1,51
Высокая	Впадина	0,90	1,56	2,82	0,37	0,55

Расход масла был скоррелирован по 21 параметрам измеренным до и после испытания. Это было произведено для оценки изменения расхода масла до и после испытания.

Наилучшей связью к расходу масла при эксплуатации автомобиля имеет параметр V_0 , другими словами объем задержанного масла.

V_0 оценивается исходя их параметров кривой опорной поверхности Rvk И MR2. Сделан вывод что параметр V_0 необходимо контролировать для снижения расхода масла.

3.3. Влияние параметров геометрии поверхности гильз блока цилиндров на снижение потерь на трение

Ниже приведена диаграмма (рисунок 3.1), показывающая распределение механических потерь внутри двигателя.

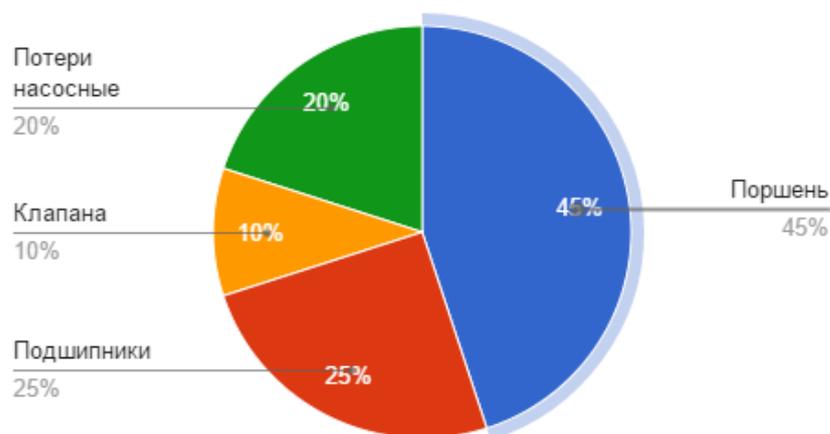


Рисунок 3.1 – Распределение потерь в двигателе

Поршневые кольца работают в условиях больших нагрузок с быстрым изменением направления нагрузки, изменением температуры смазки. В верхней и нижней мертвых точках (ВМТ, НМТ) трение между кольцами поршня и гильзой происходит чаще, следовательно влияние финишной обработки на взаимодействие становится больше.

На сегодняшний день автопроизводители стремятся к снижению объема двигателя и к увеличению мощности двигателя, для снижения расхода топлива, а следовательно для снижения стоимости эксплуатации и повышения экологичности двигателя. Снижение трения - ключевая проблема современного двигателестроения. С физической точки зрения снижение трения ведет к повышению уровня нагрузки и температурных режимов для системы поршневое кольцо - поверхность гильзы цилиндра.

Микрорельеф рабочей поверхности гильз блока цилиндров представляет собой максимально большой площадью выступов на малой глубине реза, что позволяет сократить время обкатки и препятствует чрезмерному износу.

На рисунке 3.2 представлено развитие требований к шероховатости поверхности гильз блока цилиндров с течением времени.

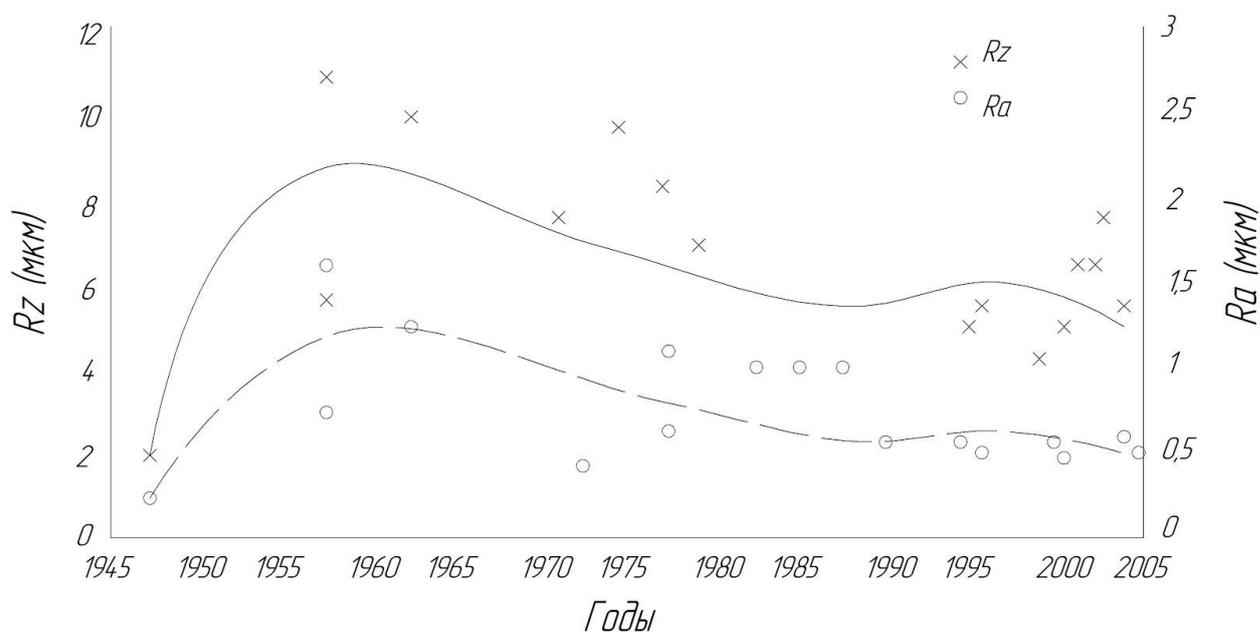


Рисунок 3.2 – Развитие требований к шероховатости поверхности гильз блока цилиндров с течением времени

Далее предложена была шероховатая поверхность, однако данная форма поверхности влечет за собой повышенный расход масла, поэтому началось сокращение объема масла, задерживаемого в поверхности гильз. Первыми к значительному снижению микронеровностей поверхности пришли японцы. Снижение микронеровности достигалось за счет специфической поверхности с насечкой в 40-60 градусов.

В методе оценки поверхности с помощью профилограммы были разработаны параметры шероховатости, позволяющие произвести оценку поверхности в области микрорельефа с наибольшим количеством функционально-значимых явлений.

Среднеквадратичное значение RMS применяется в США, аналогично среднеквадратичному отклонению R_q не несет информации о форме профиля поверхности. Параметр R_t применять сложно, так как данный параметр сильно зависит от внутреннего строения исследуемого материала, например, от скоплений графита и раковин. Для снижения влияния материала был использован параметр R_z , по 10 точкам.

Поверхность гильзы цилиндра, смазка, поршневые кольца образуют трибосистему. Большое значение имеет микрогеометрия и макрогеометрия поверхности гильзы цилиндра. На рисунке 3.3 представлена ситуация, когда система поверхность гильзы - поршневое кольцо полностью разделена смазочным слоем.

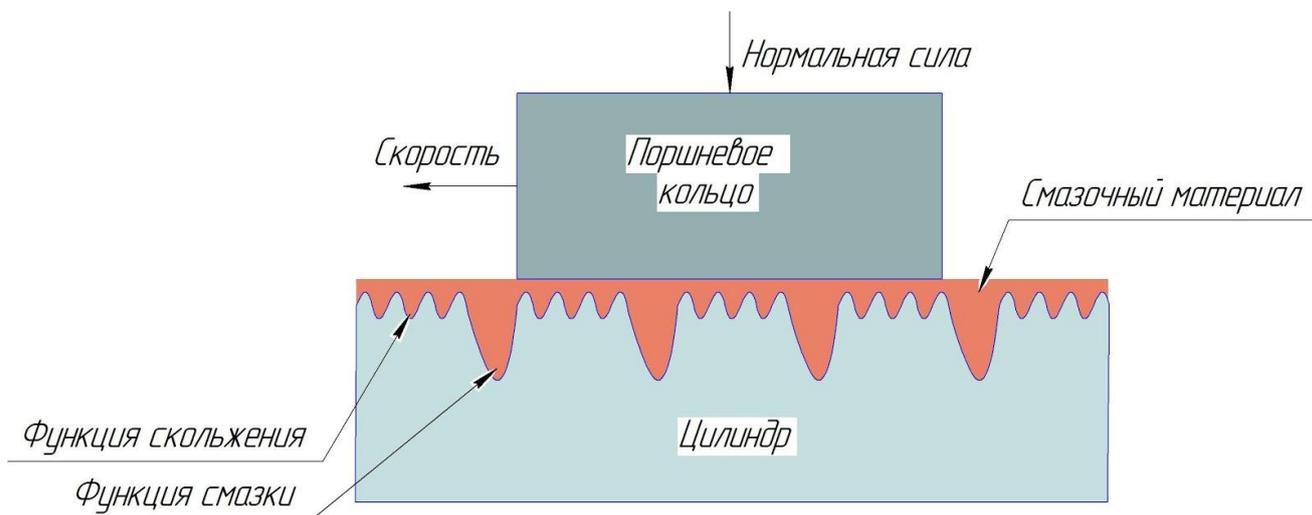


Рисунок 3.3 – Взаимодействие поршневого кольца и гильзы цилиндра

При нанесении насечек при хонинговании образуются местные сужения поперечного сечения гильзы возникает эпюра гидродинамического давления. С помощью этого давления образуются зазоры для смазки. Образуются участки с небольшой шероховатостью, они служат для скольжения, а участки, образованные насечкой, служат для сохранения масла. Гидродинамическая смазка имеет смазочный слой достаточный для полного отсутствия контакта сопрягаемых поверхностей.

Характер движения поршня - по синусоиде. В мертвых точках пленка смазки нарушается, устанавливается смешанное трение. Возникает непосредственный контакт кольца с поверхностью гильзы цилиндра. Задир не образуется по причине адгезии на поверхности смазочного материала.

Для обеспечения оптимального объема задерживаемого масла необходимо создание такой структуры поверхности, которая позволит оптимально распределить масло в продольном и поперечном направлении по поверхности гильзы.

Кроме параметров шероховатости необходимо производить оценку поверхности по отклонениям геометрического профиля. Также присутствует поверхностное смятие материала после обработки. Чем точнее обработка поверхности, тем меньшее влияние имеют приведенные факторы. Кроме того, на сегодняшний день нет объективных методов оценки данных дефектов. Для субъективной оценки служат оценка с помощью оптического микроскопа и с помощью факс-филь пленки.

Далее перечислены основные требования и основные параметры поверхности гильзы, достигнув которые можно значительно повысить эксплуатационные характеристики пары трения гильза цилиндра - поршневое кольцо.

Проанализировав требования автопроизводителей к шероховатости поверхности гильз блока цилиндров были вынесены рекомендации к контролю двух параметров поверхности:

$R3z$ - параметр аналогичный общепринятому параметру Rz , только при измерении учитываются средние размеры между третьим наивысшим выступом и третьей наинизшей впадиной, после проведения анализа пяти образцов.

V_o - маслосодержащий объем.

На продукции АвтоВАЗа в основном используются двигатели относительно малого объема, поэтому усредненные значения параметров приводятся для двигателей небольшого рабочего объема.

Параметр $R3z = 1,77$;

Параметр $V_o = 0,022$.

График зависимости износа поверхности цилиндра от пробега автомобиля представлен на рисунке 3.4, проанализировав можно сделать вывод, что критичный износ происходит на стадии “обкатки” двигателя, когда происходит сглаживание вершин профиля после финишной обработки поверхности цилиндра.

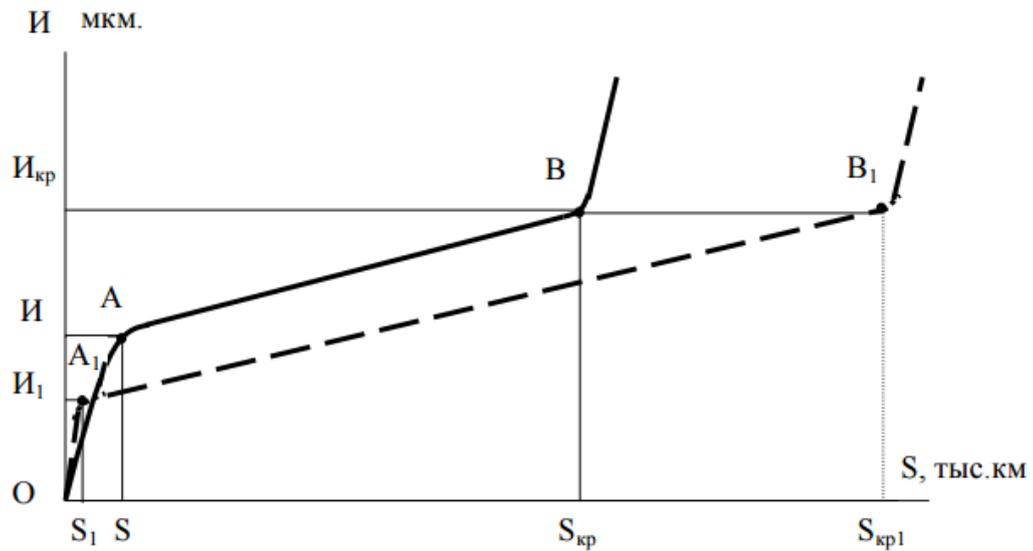


Рисунок 3.4 - График зависимости износа поверхности цилиндра от пробега автомобиля

При анализе цилиндра после длительной эксплуатации двигателя можно сделать вывод, что поверхность имеет платовершинный профиль. То есть ровную поверхность с масляными карманами, тогда как после финишной обработки существуют как впадины, так и выпуклости на поверхности.

3.4 Методика производственного испытания поверхности гильзы блока цилиндров

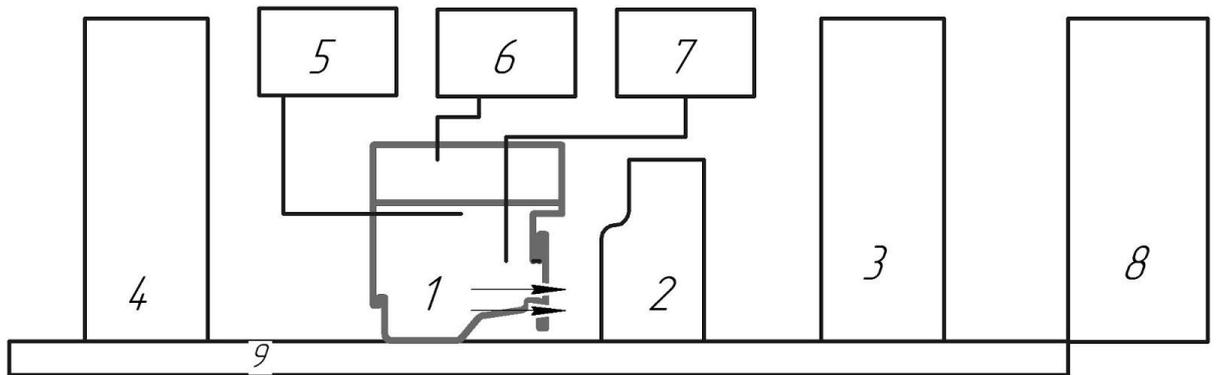


Рисунок 3.5 - Схема стэнда

1. Испытываемый двигатель
2. Приводная группа, осуществляющая нагрузку
3. Электрический шкаф управления стэндом
4. Электрическая система управления двигателем
5. Система подвода топлива

6. Система заполнения маслом

7. Система подвода ОЖ

8. Пульт управления стендом

9. Цепной подвод двигателя

Для воспроизведения реальных условий работы двигателя внутреннего сгорания ВАЗ, была разработана специальная методика испытаний.

Разработанная методика обеспечивает:

- испытание ДВС в режимах, полностью повторяющих режим работы двигателя в реальных условиях;

- оценку микрогеометрии поверхности до и после обработки по следующим параметрам:

- Величина шероховатости по параметру Rpk (мкм);

- Величина шероховатости по параметру Rk (мкм);

- Величина шероховатости по параметру Rvk (мкм);

- полное соответствие испытуемого образца, реальному двигателю (материалы, твердость, технологический процесс изготовления, режимы обработки, инструмент).

Данная методика позволяет производить испытания максимально приближенные к работе двигателя внутреннего сгорания на автомобилях ВАЗ. Методика предназначена для оценки работоспособности и эксплуатационных характеристик гильз блока цилиндров, поверхность которых обработана различными методами.

Объектом испытаний являются поверхности гильз блока цилиндров обработанные различными методами в работе с шатунно-поршневой группой. (Рисунок 3.2)

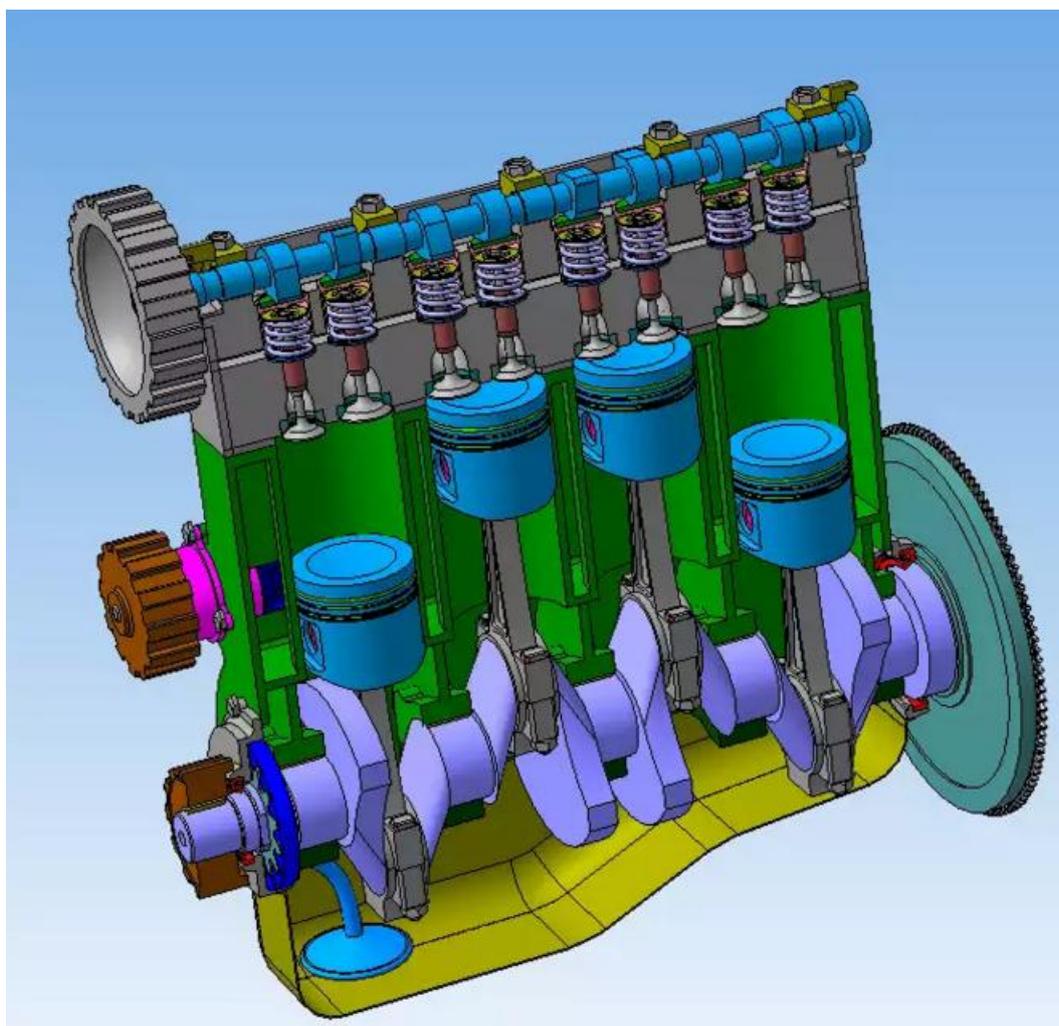


Рисунок 3.6 – 3D модель двигателя 11183 автомобиля семейства «Калина», подвергаемого испытанию

Для испытания были выбраны двигатели, с гильзами серого чугуна СЧ21, обработанными методом платовершинного хонингования.

Проведены производственные испытания на наработку и на соответствие эксплуатационным характеристикам двигателей, с гильзами, обработанными различными способами.

Для проведения исследования были выбраны двигатели, финишная обработка которых производилась с помощью различных методов хонингования.

Стандартным хонингованием, платовершинным хонингованием - отличается от стандартного хонингования тем, что добавляется

дополнительный этап, на котором происходит “затупление” профиля поверхности гильзы. Что позволяет значительно снизить шероховатость без потери способности материала задерживать масло во впадинах поверхности.

3.5 Оборудование, приборы, приспособления, инструменты и материалы.

Описание стенда:

Двигатель позиционируется над испытательным стендом. В результате нажатия на педаль подъемный стол перемещается вверх и нагрузка на транспортировочный каркас при этом снижается. Подъемный стол перемещает двигатель в позицию ввода в стенд. Производится подсоединение адаптеров системы подвода топлива, охлаждающей жидкости, электроадаптеров. Производится нажатие и двигателе перемещается при помощи горизонтального регулировочного устройства в направлении приводного механизма и там гидравлически зажимается. После успешного зажима подъемный стол перемещается примерно на 10 мм вниз в позицию ожидания.

При нажатии кнопки «ПУСК процесса испытания» запускается испытание. Вначале процесса испытания производится контроль подсоединений топливной системы при помощи азота, а системы подвода охлаждающей жидкости – при помощи воздуха. Одновременно осуществляется заполнение двигателя маслом.

Нажатием кнопки «Закончить процесс испытания двигатель останавливается и выполняется продувка воздухом системы подвода топлива и охлаждающей среды. После демонтажа двигатель разжимается. В результате деблокировки транспортной системы двигатель выводится из испытательного стенда.

Системы управления стендом:

Общее:

- станина станка с подъёмным и зажимным приспособлением, привод главного шпинделя, стойка гидравлического блока, пневмосистема, система подвода охлаждающей воды и топлива;

- электрошкаф для энергопитания, подвод мощности и система SPS;

- пульт управления с прибором РС 87;
- измерительный шкаф с вставными блоками управления двигателем, с реле переключения и измерительными устройствами.

Пневматическая система управления:

- сервисный блок сжатого воздуха;
- Блоки клапанов с интерфейсом децентрализованной периферии.

Гидравлическая система управления:

Гидравлическая система управления состоит из гидравлического агрегата в сборе и сборочной соединительной платы.

Агрегат состоит из следующих компонентов:

- емкость рабочей жидкостью 40 литров;
- стабильный насос для гидравлики с подвижным энергоносителем;
- мембранный ресивер емкостью 0,75Л с загрузочным и предохранительным клапаном;
- сливной фильтр с показанием загрязнённости, а также контрольным устройством на 75% и 100%;
- контрольное устройство уровня масла и температуры.

Система подвода охлаждающей жидкости:

Непосредственное снабжение двигателя водой берёт на себя система управления стенда испытания. Система подвода охлаждающей воды состоит из следующих компонентов:

- монтажная плита охлаждающей воды с клапанами, с контрольными и индикаторными приборами;
- адаптерные шланги к подсоединению двигателя для системы подвода и слива охлаждающей жидкости;
- адаптер для герметичного затвора подсоединений для охлаждающей жидкости на двигателе.

Система снабжения бензином:

Непосредственное снабжение двигателя бензином берёт на себя система управления стенда испытания. Система снабжения бензином состоит из следующих компонентов:

- монтажная топливная плита с клапанами, с контрольными и индикаторными приборами;
- адаптерные шланги к подсоединению двигателя для системы подвода и слива топлива;
- бензобак с бензиновым насосом, с устройством для снятия давления и защитой против переливания.

Система заполнения маслом

Система заполнения маслом подсоединена к центральной системе снабжения маслом.

Система заполнения маслом состоит из следующих компонентов:

- Расходомер;
- Распределительная клапанная коробка с вентилем заполнения;
- Шланг для заполнения маслом с измерительным устройством давления и температуры масла.

Электрическая система управления состоит из следующих элементов:

- программируемая система управления;
- панель управления и индикации прибора с интегрированным процессором;
- блок ввода и вывода информации;
- блоки клапанов для системы подвода топлива и охлаждающей воды;
- привод главного шпинделя переменного тока с асинхронным электродвигателем.

Порядок работы стенда:

1. Замер начального момента:

Двигатель проворачивается с низким числом оборотов, в течение 5 сек.

При этом производится замер, занижен ли начальный момент;

2. Проверка давления масла:

Двигатель проворачивается с низким числом оборотов. При этом производится замер, повышается ли минимальное значение давления масла;

3. Проверка регулятора холостого хода:

Двигатель запускается 3 попытки для запуска. После успешного запуска двигатель вращается с числом оборотов на холостом ходу;

4. Разогрев двигателя, первая ступень:

Разогрев начинается с числа оборотов $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ и крутящим моментом 0 Нм ;

5. Разогрев двигателя, вторая ступень:

Разогрев продолжается до $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ с числом оборотов $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ и крутящим моментом 60 Нм ;

6. Разогрев двигателя, третья ступень:

Разогрев продолжается до 80°C с числом оборотов $n = 2250 \text{ мин}^{-1}$ и крутящим моментом 65 Нм ;

7. Разогрев двигателя, четвертая ступень:

Разогрев продолжается до 90°C с числом оборотов $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ и крутящим моментом 70 Нм ;

8. Замер крутящего момента и замер расхода картерных газов (Blow by)

Крутящий момент и Blow By измеряются при полной нагрузке двигателя и при числе оборотов $n = 3000$;

9. Работа двигателя в течение 200 часов.

10. Визуальный контроль двигателя:

После проведения испытания двигатель снимается со стенда и оператор осуществляет визуальный контроль на предмет масляных и других подтеков. После этого осуществляется разборка двигателя и производится контроль зеркала гильзы цилиндра.

Объектом испытаний являлись гильзы блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания, поверхность которых обработана различными методами.

После проведения испытаний производится разборка двигателя, блок транспортируется в лабораторию для оценки поверхности.

- Оценка параметров поверхности с помощью профилометра

С помощью профилометра рисунок 8 можно получить профилограмму, проанализировав которую, оцениваются следующие параметры: Ra, Rz, Rq, Rtm, Rt, R3z, Rmax.



Рисунок 3.7 – Оценка параметров гильзы с помощью профилометра

При помощи профилограммы строится опорная кривая, или “кривая Аббота” (Рисунок 1.2) с помощью этой кривой измеряют следующие характеристики: Rk, Rpk, Rvk.

- Оценка с помощью факс фильм пленки

С помощью данного метода можно проанализировать угол хинингования и качество хонингования. Факс фильм пленка представляет из себя пленку на основании ацетата. Способ использования: пленка придавливается к поверхности гильзы блока цилиндров после нанесения на поверхность ацетона. Далее выдерживается время, ацетон испаряется, пленка удаляется и рассматривается отпечаток на пленке через оптический микроскоп.

3.6 Предполагаемые результаты испытаний

На графике показаны сравнительные результаты теоретических исследований результатов обработки методами хонингования. Приведены сравнительные результаты при платовершинном и стандартным хонингованием.

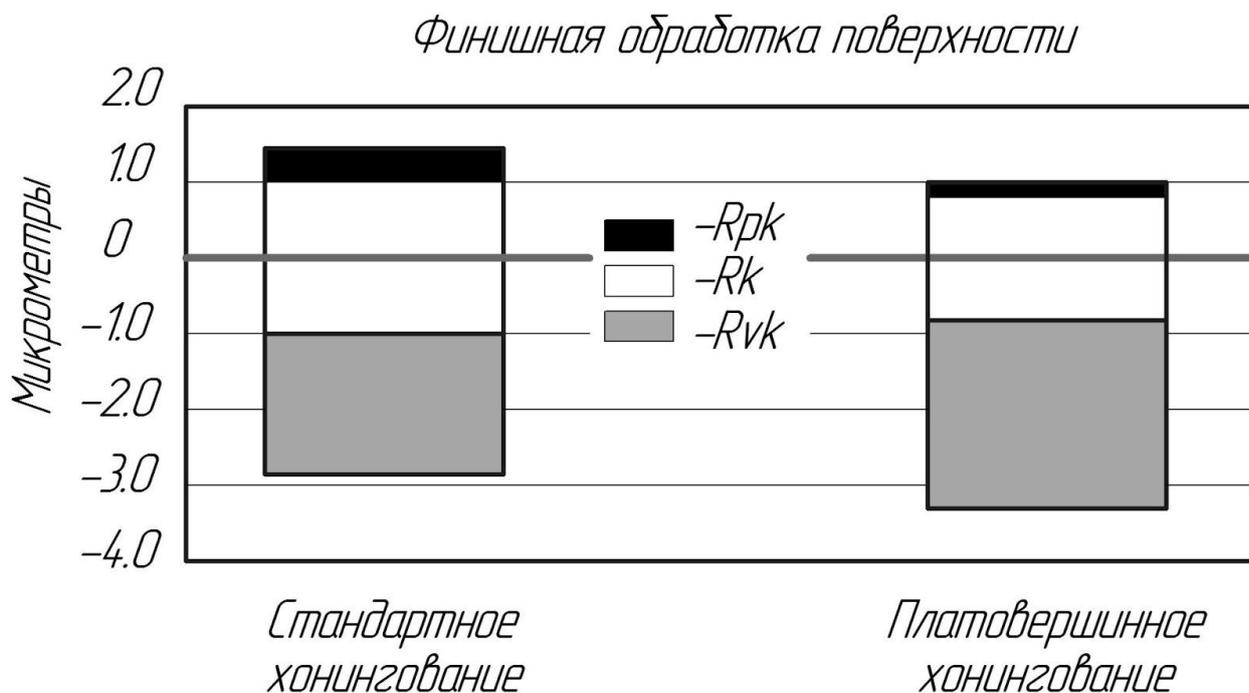


Рисунок 3.8 - Сравнительные результаты теоретических исследований

В стандартных классических параметрах R_a и R_z различий практически не наблюдается. Используя более современные параметры R_k было обнаружено, что параметр R_{pk} принимает меньшее значение относительно стандартного хонингования, а R_{vk} большие.

Это можно объяснить непосредственно назначением этих параметров, рисунок 3.9.

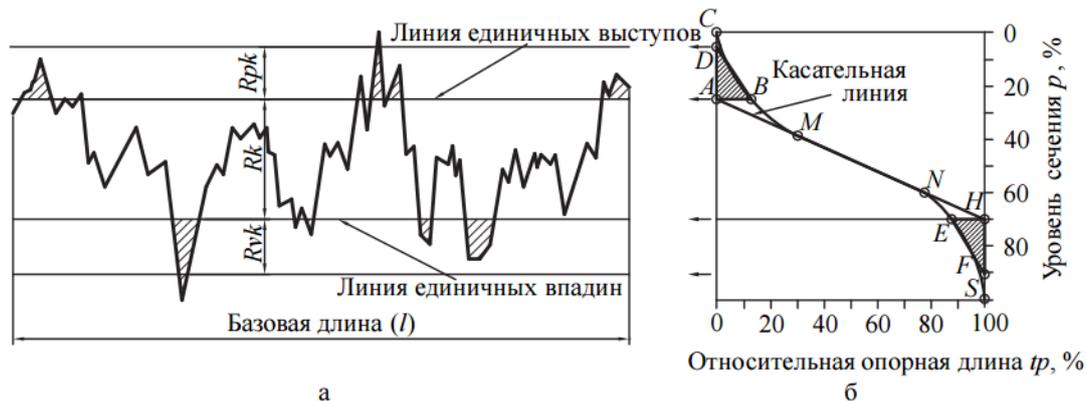


Рисунок 3.9 - Параметры R_{pk} , R_k , R_{vk} относительно опорной кривой:
слева плофилограмма, справа опорная кривая

Таблица 3.2 - Сравнительные показатели параметров поверхности после обработки

Тип обработки (мкм)	Стандартное хонингование	Платовершинное хонингование
R_a	0,8	0,6
R_z	8,0	6,0
R_{pk}	0,5	0,2
R_k	2,0	1,4
R_{vk}	1,7	3,0

R_{pk} - определяется процентным содержанием материала в плоскости средней высоты выступов микрорельефа;

R_k - определяется процентным содержанием материала в плоскости расположенной на глубине, определяющей основу микропрофиля поверхности;

R_{vk} - определяется процентным содержанием материала в плоскости расположенной на средней глубине профиля микрорельефа.

Каждый из параметров определяет функциональное назначение поверхности:

R_{pk} - Показывает поверхность, которую необходимо удалить при финишной обработке материала;

R_k - показывает сечение материала, в котором происходит эксплуатация детали;

R_{pk} - показывает профиль, в котором располагается микрорельеф, который в свою очередь служит для задержки смазывающих элементов и отвода грязи и грязевых отходов при эксплуатации.

4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ШЕЕК ПОД САЛЬНИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ВАЛОВ

Данная методика позволяет в условиях стендовых испытаний воспроизводить работу манжет валов автомобиля. Существующая методика не повторяет поверхности сальниковых шеек валов. Также в данной методике испытания введена методика измерения реального износа сальниковой шейки.

Разрабатываемая методика позволяет:

- Измерять размер, а в следствие и площадь поперечного сечения поверхности износа сальниковой шейки, это позволяет оценить функциональные свойства шейки в зависимости от шероховатости поверхности при эксплуатации.

- Получить поверхность испытываемого объекта полностью повторяющую поверхность реального вала. Все технологические параметры такие как твердость, микрогеометрия поверхности, материал и т.д. совпадают.

Цель создания данной методики - обеспечить максимальное соответствие испытываемого образца реальной детали, используемой в автомобилях.

Методика разрабатывается для испытания деталей обработанных различными методами.

Схема испытания приведена на рисунке 4.1.

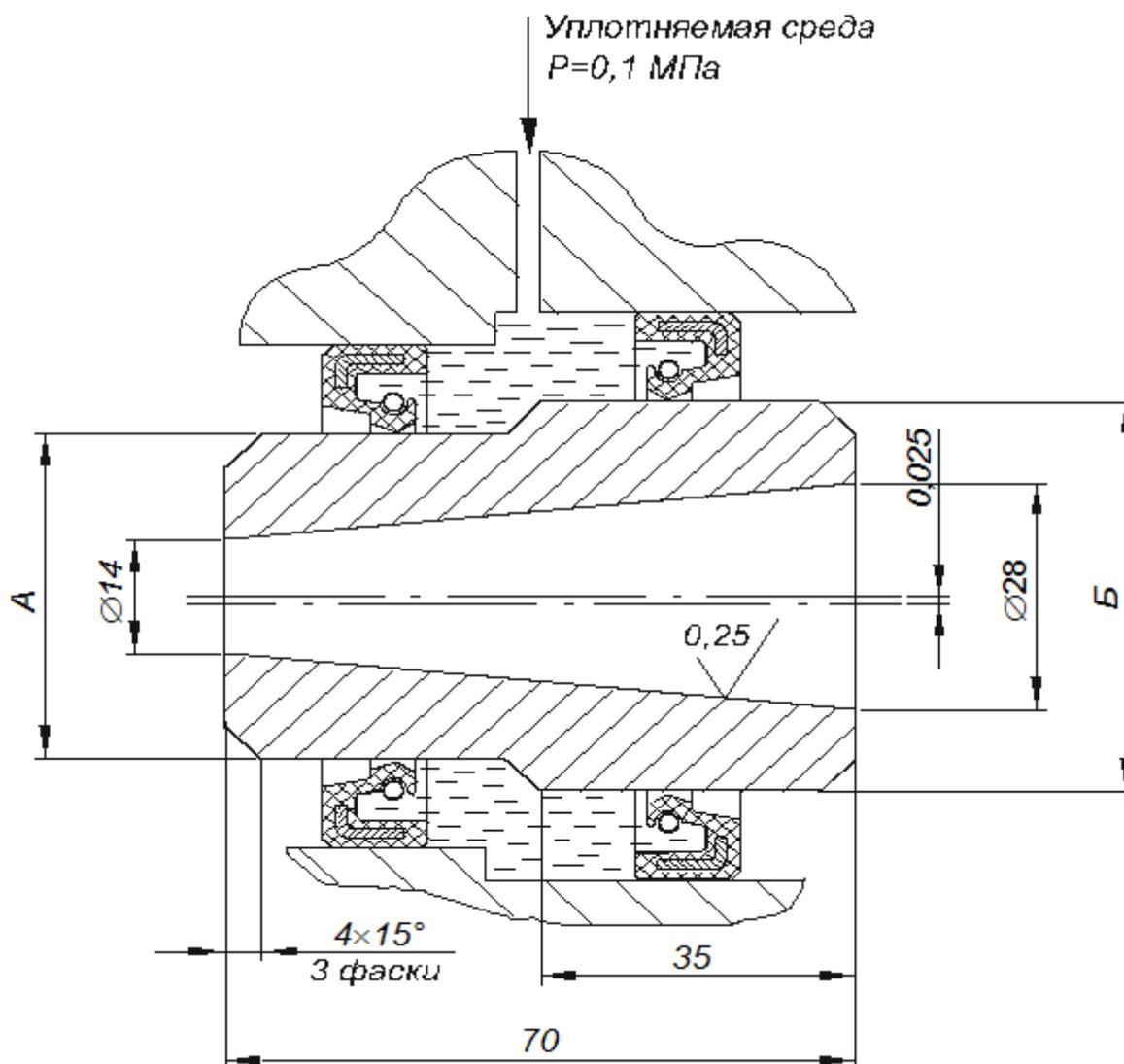


Рисунок 4.1 - Схема испытания

Испытанию подверглись образцы, изготовленные из следующих материалов:

- Сталь 40Х, твердость НВ 180;
- ВЧ 75-50-03 твердость НРС 45.

Каждый образец обрабатывали двумя различными финишными методами:

- обработка шлифовальной лентой 15АМ40;
- Обработка методом поверхностно-пластического деформирования без применения СОЖ.

4.1 Применяемые средства для проведения испытания

На рисунках представлен стенд для проведения испытаний.



Рисунок 4.2 - Вид спереди на стенд



Рисунок 4.3 - Общий вид стенда

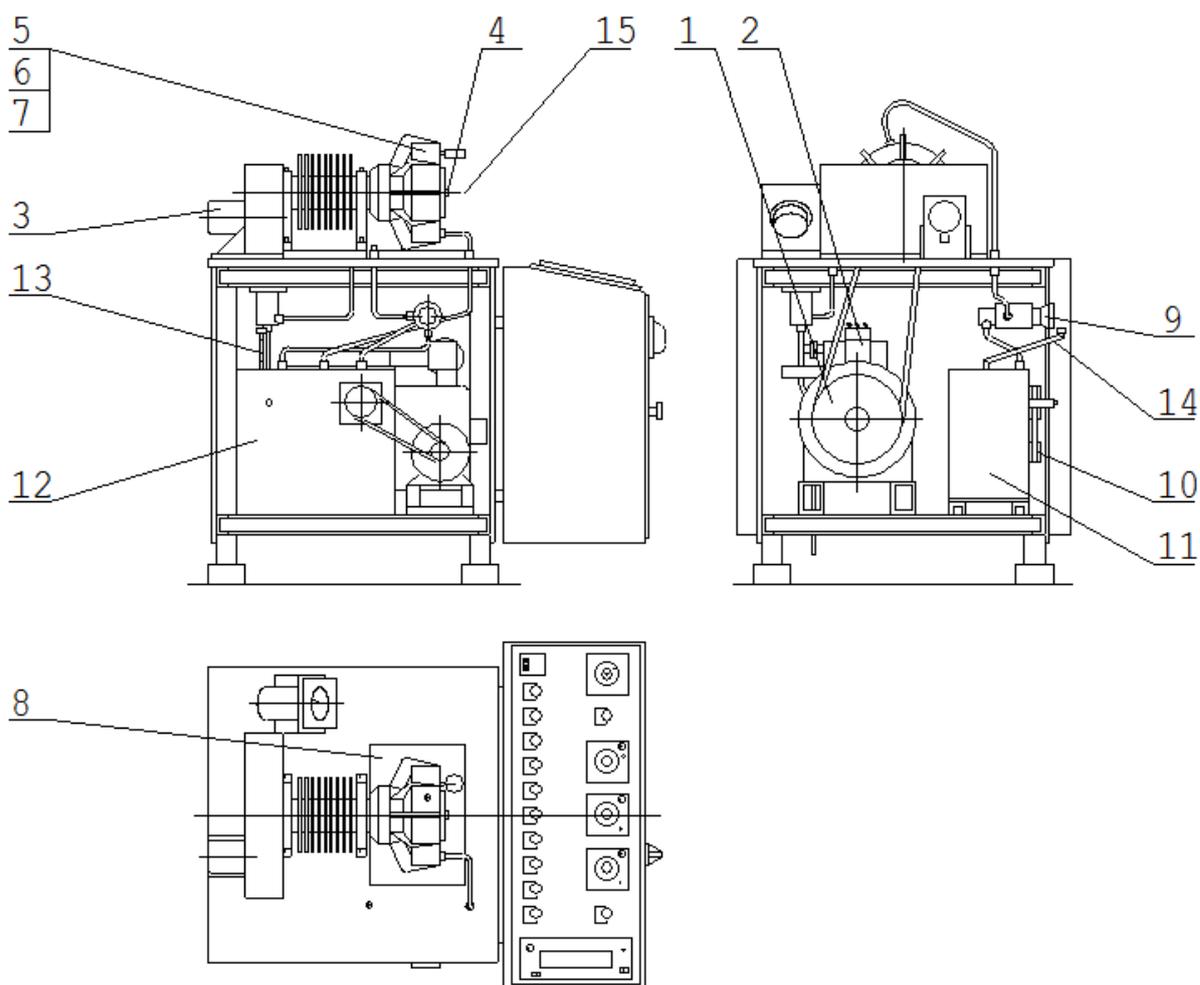


Рисунок 4.4 - Схема стенда

Данный стенд состоит из:

- 1, 2 - Привод, обеспечивающий выбор оборотов;
- 3 - устройство, для создания биения на валу;
- 5, 6, 7, 14 - камера для испытаний
- 8 - устройство для сбора утечек масла;
- 9, 10, 11, 13 - устройства для создания циркуляции масла
- 12 - система нагрева.

Электрическая часть представляет собой программатор для автоматического управления циклами стенда. Пуск, нагрев, заполнение маслом, реверс.

Испытываемая деталь 4 устанавливаются на вал 15. На валы действует колебание воспроизводящее реальные режимы эксплуатации узлов автомобиля.

Между манжетами, служащими для уплотнения образца, представляющего собой эксцентричный вал, установлена втулка (6), она соединяется с системой циркуляции масла.

Система рециркуляции состоит из:

- 10 - насос;
- 11 - питательный бак;
- 9 - клапан для стабилизации уровня масла;
- 13 - стекла для определения уровня масла;
- 14 - дыхательная трубка, она служит для предупреждения и

предотвращения избыточного давления в системе.

На стенде устанавливается система нагрева масла, данная система состоит из электрического нагревателя. Для обеспечения поддержания рабочей температуры нагреватель работает в автоматическом режиме.

Стенд обеспечивает:

- Испытание образца с сальниковыми шейками в количестве одной или двух;
- Так как испытываются детали автомобильной промышленности, то стенд должен воспроизводить режим работы двигателя и вращать образец с частотой до 7500 об/мин;
- Биение вала 150 ± 20 мкм
- Температура масла от 35 до 155 °С во всей камере;
- Атмосферное давление в испытательной камере;
- Повторяемые циклы;

При анализе испытывались образцы, представленные на рисунке 4.5.



Рисунок 4.5 - Испытываемые образцы

Испытывались образцы из стали 40 и чугуна ВЧ75-50-03 обработанные выглаживанием и полированием. Испытания показали, что при обработке вала из стали 40 обработанного выглаживанием получены следующие результаты:

- $R_a = 0,06$ мкм;
- ширина канавки износа 0,936 мм;
- глубина канавки износа 2,16 мкм;
- площадь поперечного сечения канавки износа 1090 мкм^2

При обработке полировальной лентой получены следующие результаты:

- $R_a = 0,28$ мкм;
- ширина канавки износа 1,152 мм;
- глубина канавки износа 4,94 мкм;
- площадь поперечного сечения канавки износа 2848 мкм^2

При обработке чугуна ВЧ75-50-03 шероховатость составила $R_a = 0,25$ мкм.

На рисунке 4.6 представлены профилограммы поверхности после испытаний.

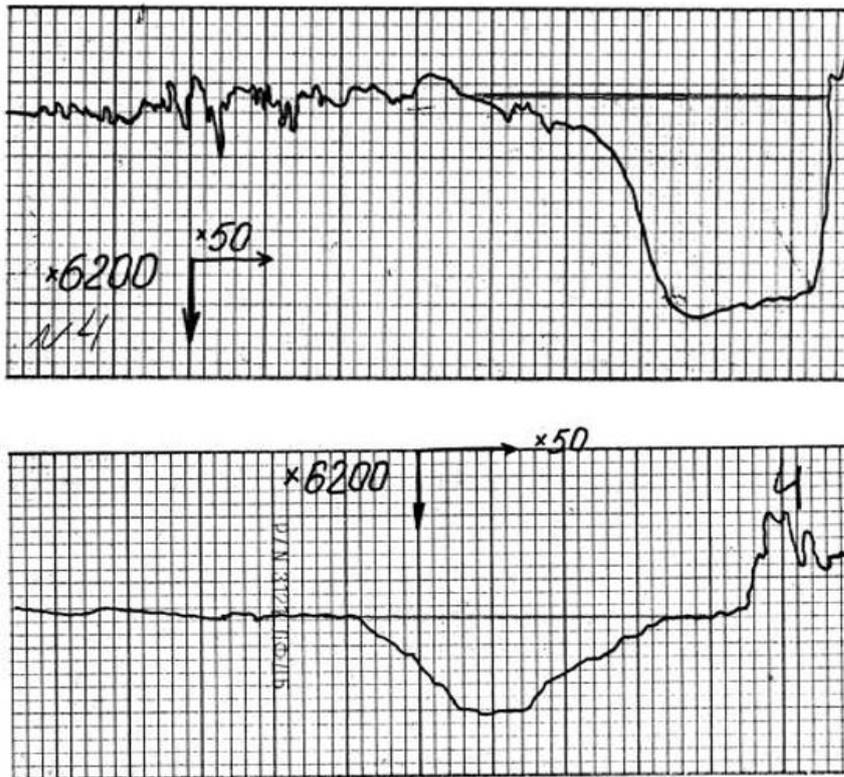


Рисунок 4.6 - Профилограмма поверхности образца из Стали 40 после испытания, после обработки полировальной лентой и методом выглаживания.

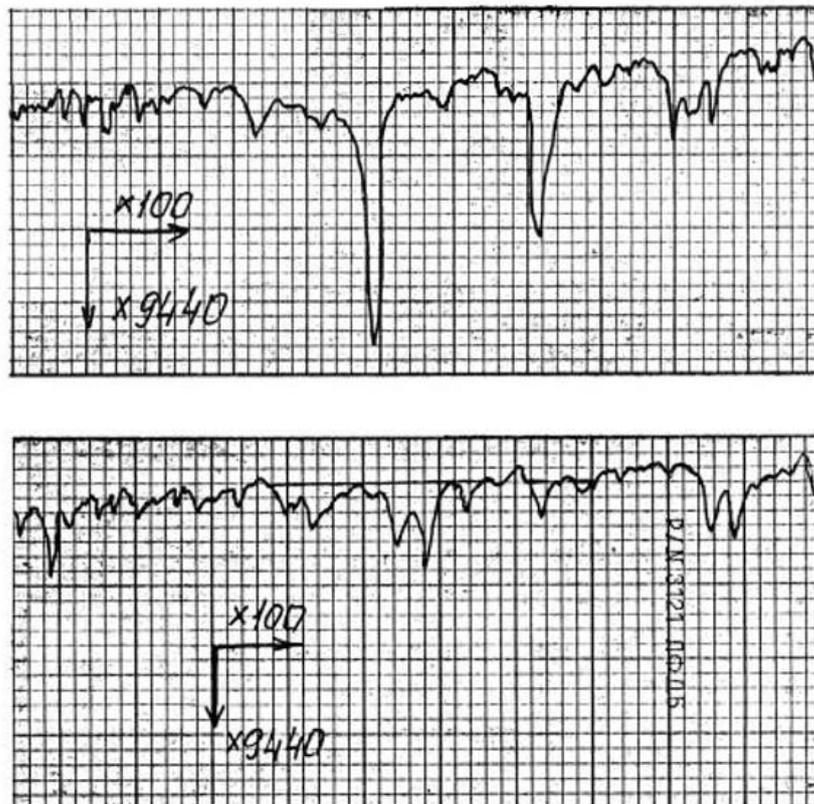


Рисунок 4.7 - Профилограмма после испытания из чугуна ВЧ75-50-03, после обработки полировальной лентой и методом выглаживания.

5. ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Тела вращения занимают 30% от общей массы всех деталей машин. Тела вращения существуют трех типов:

- валы, оси и шпиндели. Отношение длины к наибольшему диаметру больше 1;
- втулки, стаканы, пальцы. Отношение больше 0,5 но меньше 1;
- диски, кольца. Отношение менее 0,5.

Нежесткие валы, отношение длины к диаметру которых более 12. Такие валы имеют податливость превышающую податливость станка и его технологической системы. Такая особенность приводит к большим трудностям при обработке. Так, например, действие радиальной силы резания приводит к “отжиму” заготовки от инструмента и, как следствие к отклонению геометрических параметров при обработке. Кроме того, при обработке мало жестких валов возникают вибрации, вибрации приводят к сокращению жизненного цикла инструмента и дополнительным нагрузкам на оборудование. Также вибрации на финишных операциях могут привести к повреждениям поверхности, а как следствие, к браку. Повышение интенсивности обработки приводит к появлению вибраций, поэтому приходится производить обработку на малоэффективных режимах.

Для решения описанных проблем предложена многоинструментальная финишная обработка, по средствам использования двух выглаживателей жестко закрепленных друг напротив друга.

При проектировании приспособления использовался агрегатно-модульный принцип конструирования. Данный принцип конструирования предполагает создание конструкции на базе отдельных составных частей - модулей. Модуль состоит из стандартизированных простых деталей, каждый из модулей отвечает за отдельные функции устройства.

Принцип агрегатирования позволяет гибко решать поставленные перед изделием задачи, так, например, используя разные модули можно изменить компоновку устройства.

При использовании принципа агрегатирования необходимо применять предпочтительные размеры, стандартизированные, унифицированные и нормализованные составные части, и элементы деталей, а применение оригинальных частей возможно только при обосновании необходимости.

Описываемый принцип позволяет создавать новые узлы машины с помощью компоновки уже существующих модулей, а не создавать вновь конструкцию устройства. Это позволяет создавать новые устройства без дополнительных затрат на проектирование и переналадку оборудования на новую конструкцию.

Принцип агрегатирования в проектировании устройства для выглаживания заключается в том что отдельные модули можно использовать на различном токарном оборудовании разных типоразмеров и для обработки различных тел вращения: валов, колец, втулок.

На основании вышеизложенного, принято решение о проектировании устройства для обработки длинномерных валов классическим выглаживанием на токарном станке в единичном и мелкосерийном производстве. При проектировании необходимо учесть следующие принципы:

- Простота конструкции
- При проектировании нужно соблюдать принцип агрегатирования и применять предпочтительные размеры, стандартизированные, унифицированные и нормализованные составные части и элементы деталей, а применение оригинальных частей возможно только при обосновании необходимости.

- спроектированное приспособление должно быть максимально удобным в эксплуатации, обслуживании и ремонте, а также обеспечивать минимум затрат на данные виды работ.

На сегодняшний день описываемое устройство подвергается ручной наладке, также в разработке находится устройство которое в зависимости от обрабатываемого материала автоматически подбирает необходимое давление в системе смазки и по-средствам управления станка с ЧПУ придает вращательное движение подающему винту и меняет давление. Такая модернизация позволит контролировать обработку и давление в системе.

5.1 Описание приспособления

Устройство предназначено для отделочной обработки на универсальных токарных станках цилиндрических поверхностей деталей методом поверхностно-пластической деформации (ППД) – алмазным выглаживанием. В результате такой обработки может быть достигнута шероховатость поверхности Ra 0,15...0,2 и менее. В устройстве используется два выглаживателя, расположенные напротив друг - друга, за счет такой компоновки повышается производительность обработки и появляется возможность обработки маложестких валов, так как при обработке только одним выглаживателем образуются деформации валов.

В качестве инструмента используются инденторы с рабочей вставкой из натурального или синтетического алмаза и других сверхтвердых материалов. Форма рабочей поверхности индентора может быть сферической, эллипсоидной или цилиндрической.

Обработке могут быть подвергнуты как незакаленные детали из стали, чугуна или цветных сплавов, так и детали, закаленные до высокой твердости.

5.2 Технические характеристики

5.2.1 Способ установки устройства на станке: в штатном резцедержателе.

5.2.2 Расстояние от базовой плоскости резцедержателя до оси центров станка не менее 35 мм;

5.2.3 Диаметр хвостовика индентора, 6;10 мм;

5.2.4 Максимально допустимое осевое усилие на инденторе, 300 Н;

5.2.5 Максимальное давление рабочей жидкости, 1,0 Мпа;

5.2.6 Габариты устройства (длина x ширина x высота) 425x95x181 мм.

5.3 Описание конструкции устройства

Принцип построения конструкции основан на модулях, что позволяет производить разборку, сборку, переналадку устройства без особых усилий и без специального инструмента. Конструкция состоит из 3-х модулей (Рисунок 5.1):

Выглаживающее устройство (2 шт.)

Державка

Выглаживающее устройство 1 прикреплено с помощью винтов 11 и штифтов 20 к державке 2. Державка 2 используется для закрепления устройства в резцедержателе станка. Второй выглаживатель соединен с державкой с помощью винтов 12 и штифтов 20.

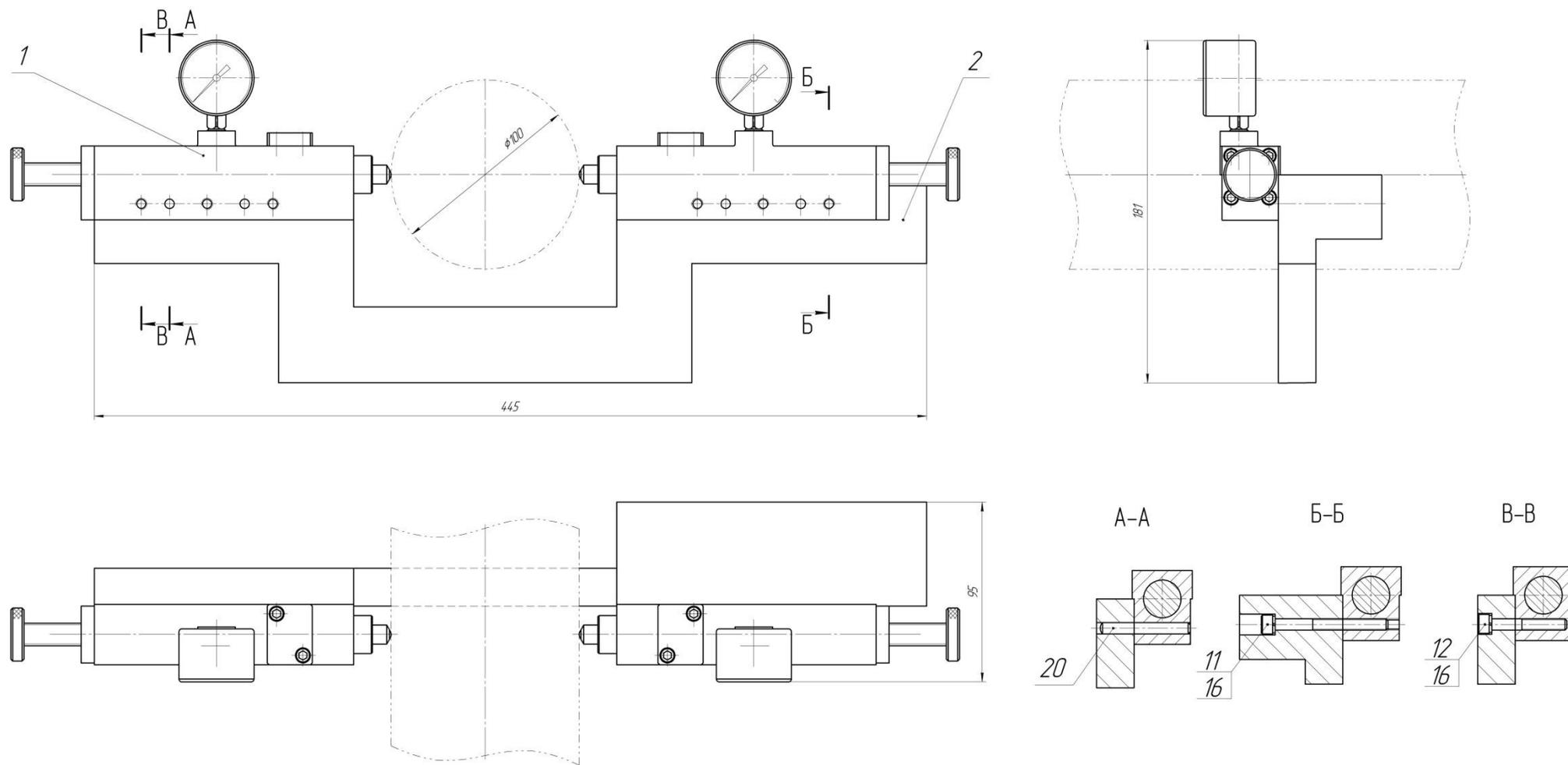


Рисунок 5.1 - Конструктивная схема устройства

Принцип выглаживающего устройства основан на использовании замкнутой гидравлической системы, в которой поршень, создающий давление и рабочий поршень объединены в одном цилиндре, давление создается за счет некоторого уменьшения объема рабочей жидкости, а также деформации упругого элемента контрольного прибора.

Конструктивная схема устройства приведена на рисунке 5.2.

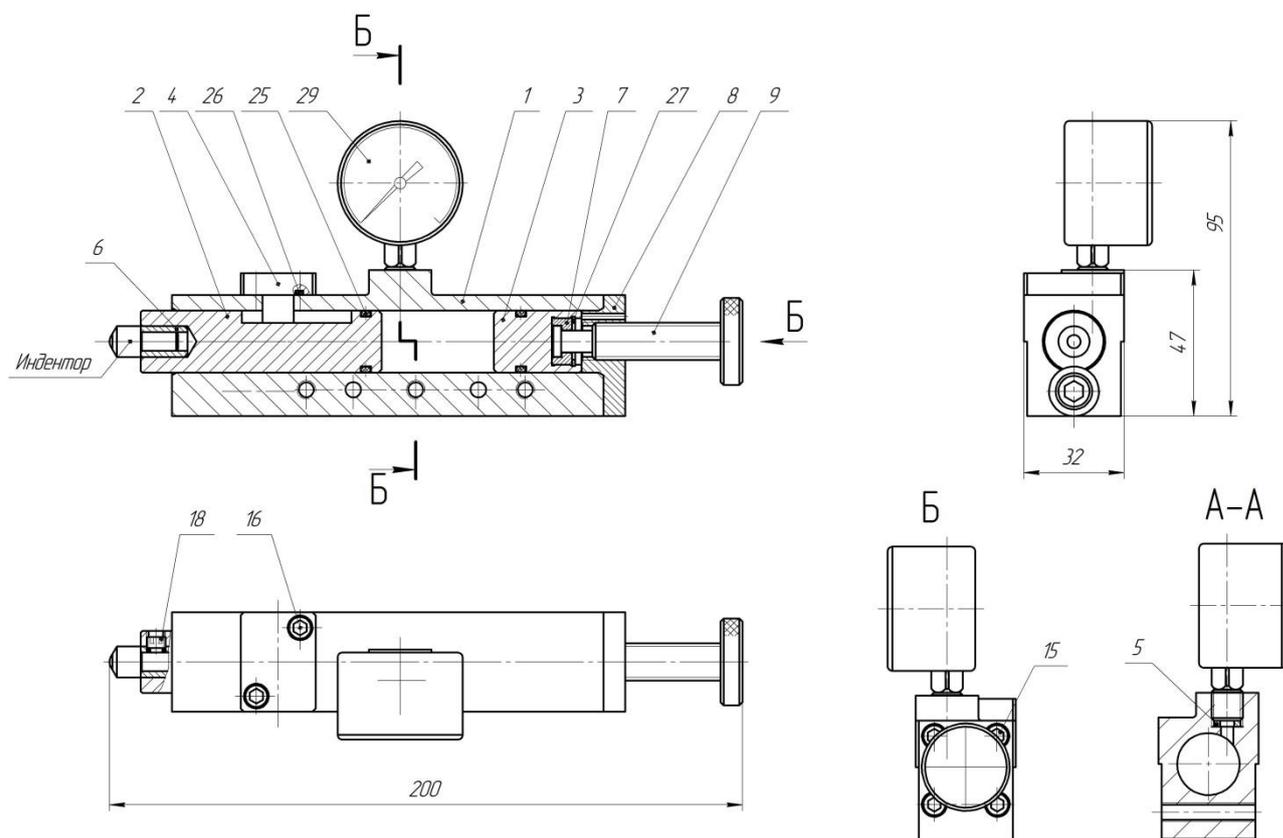


Рисунок 5.2 - Конструктивная схема устройства для выглаживания

В корпусе 1 устройства выполнена цилиндрическая расточка, выполняющая функции гидроцилиндра. В передней и в задней части гидроцилиндра установлены поршни 2 и 3 с уплотнительными кольцами круглого сечения 25. В поршне 2 выполнено осевое отверстие диаметром 10 мм, предназначенное для закрепления хвостовика индентора, в случае использования индентора с хвостовиком d_6 мм в отверстие вставляется втулка. Закрепление индентора осуществляется установочным винтом 18.

С задней стороны полость гидроцилиндра закрыта фланцем 8, закреплен в корпусе четырьмя винтами 15. Во фланец ввернут винт 9,

предназначенный для перемещения поршня 3 и создания предварительного давления в гидроцилиндре.

Передний поршень 2 удерживается от выпадения из цилиндра стопором 4, закрепленным с помощью винтов 16.

Манометр 29 позволяет контролировать давление в гидроцилиндре, а, значит и усилие, с которым индентор прижимается к обрабатываемой поверхности.

Полость гидроцилиндра заполнена минеральным маслом ИГП – 38 по ТУ38 101413-97.

Усилие, действующее на поршень, а, следовательно и на индентор, зависит от давления в гидроцилиндре, которое регистрируется с помощью манометра устройства (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Зависимость рабочего усилия на инденторе от давления в гидроцилиндре

Давление, МПа/атм	1/10	0,8/8	0,6/6	0,5/5	0,4/4	0,3/3
Рабочее усилие, Н	310	250	195	155	125	95

5.4 Установка устройства на станке

Устройство закрепляют в штатном резцедержателе токарного станка, зажимая в резцедержателе державку. Расстояние от базовой поверхности резцедержателя до оси центров станка должно быть не менее 35 мм, чтобы можно было установить ось индентора на оси центров станка. Схема установки и закрепления устройства в резцедержателе показана на рисунке 5.3.

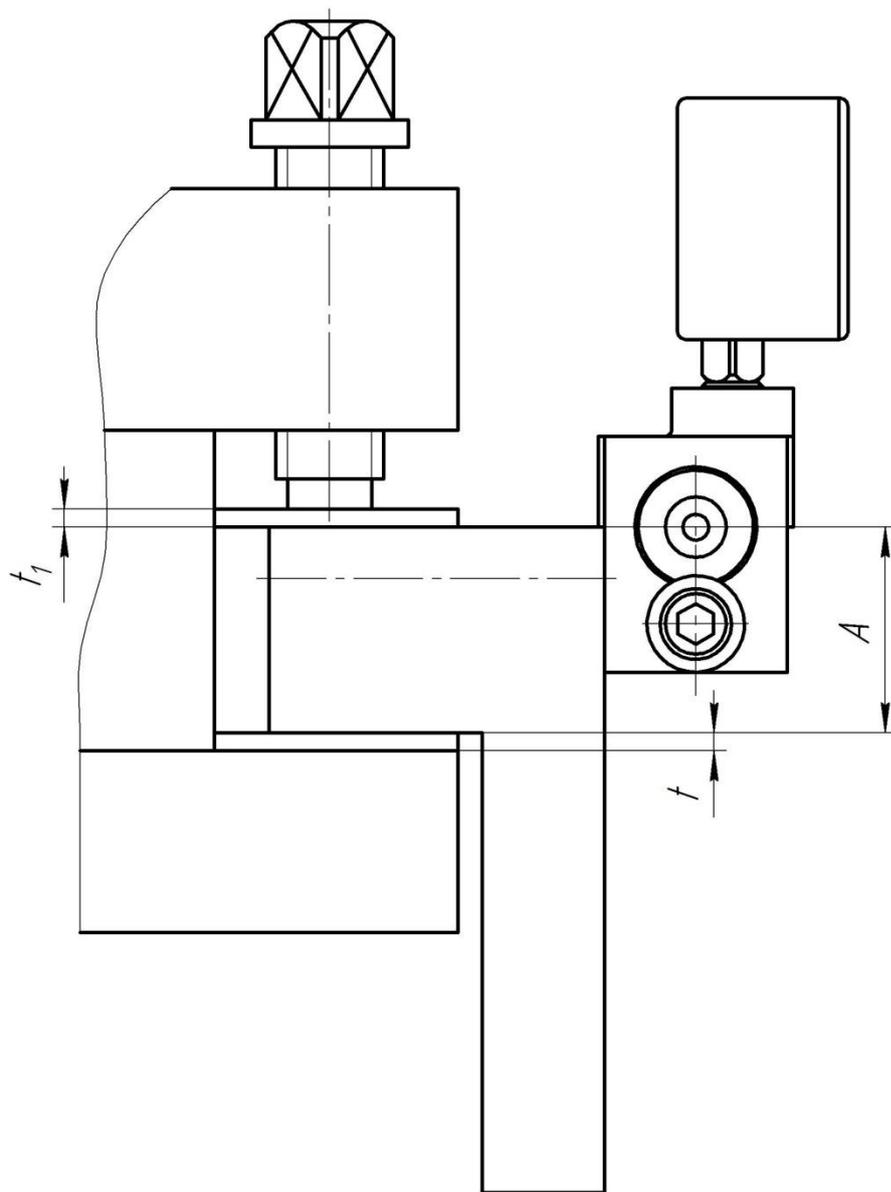


Рисунок 5.3 - Схема установки и закрепления устройства

Под основание державки подкладывают прокладку толщиной t , которая зависит от расстояния A от базовой поверхности до оси центров.

На токарном станке, где будет использовано приспособление расстояние A равно 35 мм. Следовательно, в этом случае следует использовать прокладку толщиной $t=1$ мм.

С верхней стороны державки необходимо также расположить прокладку толщиной t_1 не менее 2 мм, чтобы не портить верхнюю поверхность державки концами зажимных винтов.

Затяжку зажимных винтов резцедержателя осуществляют усилием, достаточным для удержания устройства от смещения под действием силы

при обработке. Эта сила редко превышает 300 Н, поэтому чрезмерный момент при затяжке прикладывать не следует.

5.5 Порядок работы с устройством

Перед началом эксплуатации поршень 2 устройства должен быть выдвинут до упора в стопор 4, а поршень 3 должен находиться в крайнем заднем положении. Полость между поршнями должна быть полностью заполнена маслом.

Устройство устанавливают на станке, закрепляя его в резцедержателе, как показано выше.

Поворачивая регулировочный винт 9, смещают поршень 3 и устанавливают в гидроцилиндре давление приблизительно на 10% меньше, чем необходимо для создания требуемого рабочего усилия. Контроль давления осуществляют по установленному на устройстве манометру.

Затем подводят суппорт с инструментом к обрабатываемой поверхности и упирают индентор в деталь. Поворотом рукоятки поперечного суппорта смещают суппорт вперед на небольшую величину, достаточную для увеличения давления в гидроцилиндре до рабочего значения.

Повторяют операцию для второго выглаживателя.

Далее можно включать вращение изделия и продольную подачу, соблюдая общие рекомендации по применению режимов и смазочно-охлаждающих технологических сред при обработке алмазным выглаживанием.

5.6 Технологические рекомендации

Процесс алмазного выглаживания кинематически аналогичен точению, только вместо резца применяется алмазный выглаживатель, который, пластически деформируя поверхностный слой, выравнивает и упрочняет его.

Шероховатость поверхности заготовки после алмазного выглаживания может быть уменьшена приблизительно в десять раз. Упрочнение проявляется в приросте микротвердости поверхности для незакаленных сталей на 30...50%, для закаленных на 10...30%. В поверхностном слое

формируется благоприятные для эксплуатационных свойств остаточные напряжения сжатия. Таким образом поверхность получается более гладкой, чем при полировании: $Ra_{\text{выглаж}}=0,08\dots0,32$ мкм.

Выглаживание осуществляется за счет пластической деформации обрабатываемой поверхности выглаживателем под действием определенного усилия. Это усилие должно быть оптимальным, так как при недостаточном усилии не будут сглажены гребешки от предшествующей операции, а при чрезмерно большом усилии снижается стойкость инструмента. Ориентировочно усилие при выглаживании можно определять по формуле:

$$P = KHV \sqrt{DR/(D + R)} \quad (5.1)$$

где К – коэффициент, равный 0,013 для закаленных сталей, и 0,008 – для материалов средней и невысокой твердости;

HV – поверхностная твердость обрабатываемой поверхности;

D – диаметр обрабатываемой поверхности;

R – радиус рабочей поверхности выглаживателя.

Таблица 5.2 - Рекомендуемые режимы алмазного выглаживания:

Обрабатываемый материал	Твердость, HV	Шероховатость Ra, мкм		Режимы выглаживания		
		Исходная	После выглаживания	R, мм	S, мм/об	P, Н
Сталь 45	180	0,8	0,1	3,4	0,08	100
12Х18Н9Т	180	1,25	0,1	3,4	0,08	200
Сталь 20	301	2,5	0,63	3,25	0,057	250
2Х13	471	0,4	0,08	1,4	0,057	150
30ХГСНА	485	0,16	0,02	2,0	0,05	220
У12	498	0,63	0,16	1,4	0,57	250
ЭИ643	513	0,1	0,02	2,0	0,05	200
Сталь 45	580	0,63	0,16	1,2	0,03	140
ХВГ	598	0,4	0,16	1,00	0,035	240
Р6М3	695	0,4	0,08	1,0	0,035	240
20Х3МВФА	850	0,32-0,16	0,16-0,08	1,5	0,04	200

где R – радиус рабочей части алмазного выглаживателя, мм;

S – продольная подача инструмента, в процессе обработки, мм/об;

P – сила прижатия инструмента к обрабатываемой поверхности, Н.

Примечание: при подборе режимов следует в первую очередь ориентироваться на твердость обрабатываемой поверхности (столбец 2 в таблице 5.2).

6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Взамен операции финишной обработки сальниковых шеек коленчатого вала двигателей автомобилей Lada Kalina и Lada Priora в 2011 году введена операция обработки методом поверхностно-пластического деформирования - широким выглаживанием.

Введение данной операции обусловлено большим процентом рекламаций в гарантийный период эксплуатации автомобиля по причине течи рабочей жидкости из сальников коленчатого вала.

Проведенные исследования показали, что первостепенной причиной появления протечек рабочей жидкости является износ сальника и сальниковой шейки в области контакта с сальниковой шейкой коленчатого вала.

6.1 Течь из переднего сальника коленчатого вала

Передний сальник находится в непосредственной близости от ремня газораспределительного механизма автомобиля, при появлении протечки масло попадает на ремень, при дальнейшей эксплуатации материал, из которого изготовлен ремень, изнашивается, что в конечном счете приводит к разрыву ремня. Разрыв ремня ГРМ на современных двигателях приводит к тому, что поршни соприкасаются с клапанами и происходит загиб клапанов. Ремонт после загиба клапанов очень дорогостоящий:

- Замена ремня ГРМ;
- Замена клапанов;
- Замена сильно поврежденных поршней;
- Шлифовка бурта головки блока цилиндров, по причине деформации головки при ударе клапанов в поршни;
- Замена прокладки головки блока.

Приведенные последствия течи переднего сальника коленчатого вала являются очень серьезными и трудо - и финансово затратными.

6.2 Течь из заднего сальника коленчатого вала

Течь из заднего сальника коленчатого вала может привести к тому, что рабочая жидкость - масло может попасть в сцепление что приведет к потере фрикционных свойств, что также скажется на эксплуатационных характеристиках автомобиля. Ремонт также очень трудозатратный так как необходимо произвести снятие коробки переключения передач, снятие сцепления, снятие маховика.

Кроме износа сальника возможно подвергается износу и сальниковая шейка вала.

Приведенные выше последствия являются гарантийными случаями в гарантийный период эксплуатации автомобиля и, как следствие, несут большие финансовые затраты для завода - производителя. По причинам появления неисправности был предложен альтернативный метод финишной обработки по средствам поверхностно пластического деформирования.

В целях подтверждения правильности выбора метода финишной обработки поверхности сальниковых шеек коленчатого вала была собрана статистика рекламаций потребителей за последние 5 лет с 2011 по 2015 годы в гарантийный период эксплуатации автомобилей Lada Kalina, Lada Priora по дефектам «течь в передний сальник коленчатого вала», «течь в задний сальник коленчатого вала». Результаты этих исследований приведены в графиках на рисунках 6.1, 6.2, 6.3. Статистика сгруппирована по следующим критериям:

количество обращений потребителей

непосредственное количество клиентов, а соответственно и автомобилей, на которых проявился дефект течи сальников коленчатого вала, в период гарантийной эксплуатации автомобиля.

Согласно сведениям, приведенным в таблице можно сделать вывод, что ежегодно количество рекламаций снижалось

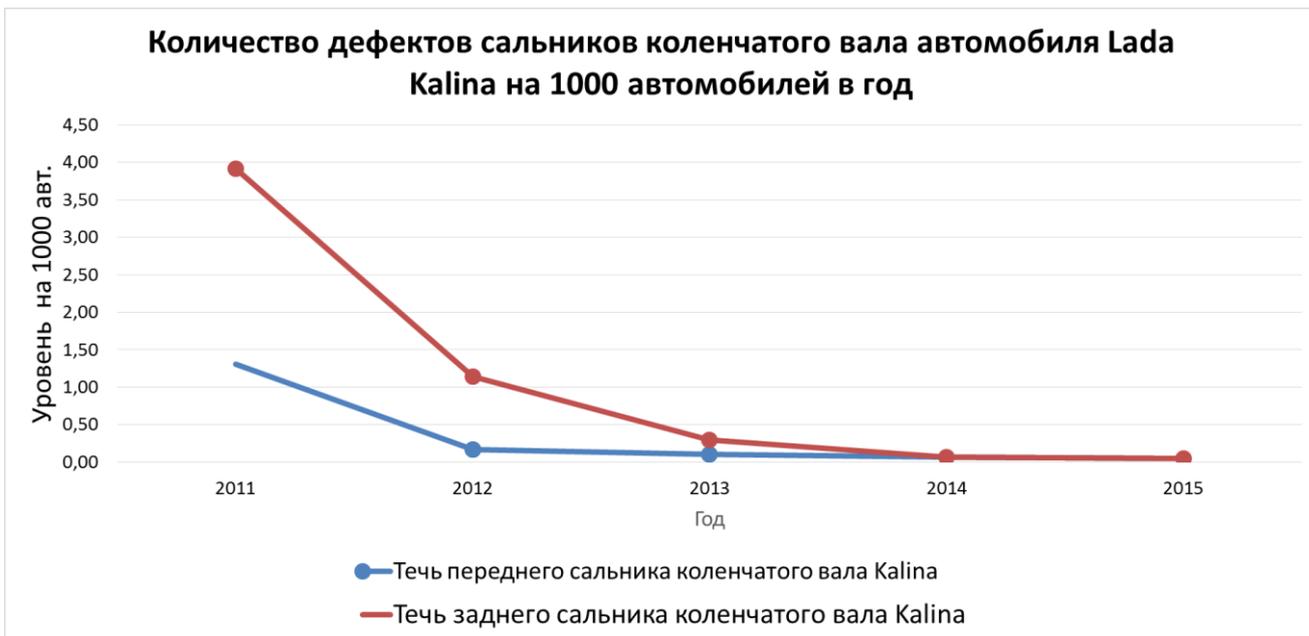


Рисунок 6.1

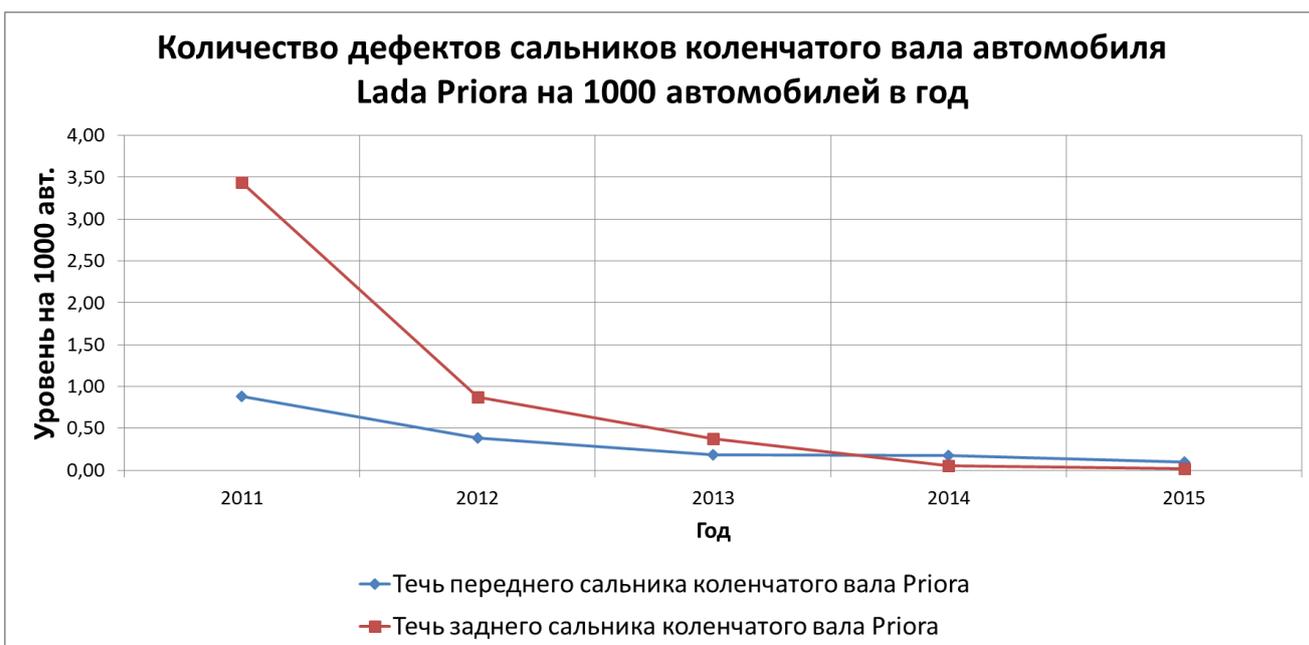


Рисунок 6.2

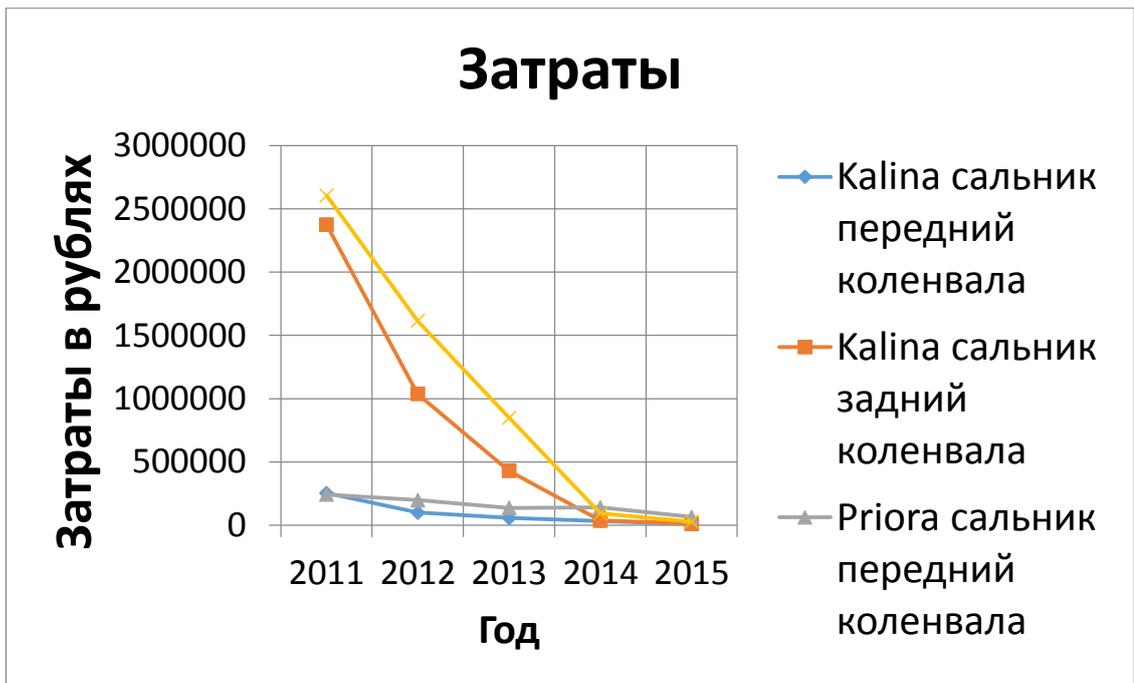


Рисунок 6.3

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были рассмотрены методики производственных испытаний поверхностей после финишной обработки.

1. Предложены методики производственных испытаний поверхностей сальниковых шеек коленчатого вала и поверхностей гильз цилиндров ДВС. Испытание проводилось после финишных обработок современными прогрессивными методами обработки: поверхностно-пластическое деформирование и финишная обработка платовершинным хонингованием.

2. Создано устройство для многоинструментальной обработки длинномерных валов методом поверхностно пластического деформирования.

3. Произведен анализ затрат на устранение дефектов связанных с финишной обработкой сальниковых шеек показывает, что применение метода поверхностно пластического деформирования снизил количество дефектов, а следовательно и затраты на их устранение практически до 0%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gowtham, V.A. Burnishing process on the crank-shaft material using design of experiments / V.A. Gowtham, V.S. Kumar // Chennai. – 2010. – 48p.
2. Kamble, P. S. Experimental study of Roller burnishing process on plain carrier of planetary type gear box / P. S. Kamble¹, V. S. Jadhav // Maharashtra. – India. – 2012. – 52 p.
3. Khalid, S. F. Effect of roller burnishing on the mechanical behavior and surface quality of O₁ alloy steel / S. F. Khalid // Tafila. - India. – 2011. – 65 p.
4. Ghodake, A. P. Effect of burnishing process on behavior of engineering materials / A. P. Ghodake, R.D. Rakhade, A.S. Maheshwari // Nasik. – India. – 2013. – 20p.
5. Gulhane, U. D. Enhancement of surface roughness of 316L stainless steel and Ti-6Al-4V using low plasticity burnishing / U. D. Gulhane¹, S. B. Mishra, P. K. Mishra // Allahabad. – India. – 2011. – 30p.
6. Tomasz, D. Y. The influence of the burnishing on technological quality of elements of part shipping machines / D.Y. Tomasz, D.V. Krzysztof // Gdynia. – Poland. – 2010. – 95p.
7. Бобровский, Н.М. Разработка научных основ процесса обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием без применения смазочно-охлаждающих жидкостей : монография / Н.М. Бобровский. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 144 с.
8. Технологическое обеспечение деформационных параметров при обработке ПДД мультирадиусным инструментом В. Ю. Блюменштейн Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия
9. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт/ А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов; под ред. канд. техн. Наук Н.А. Табанчиковой – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2007.- 136 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Опубликованные работы

**Teoretičeskaâ i prikladnaâ
nauka**

**Theoretical & Applied
Science**

№ 10 (18)

2014

Рисунок А.1 – Обложка сборника

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

Editor-in Chief:

Alexandr Shevtsov (Kazakhstan)

Hirsch index:

h Index RISC = 1 (44)

The Editorial Board:

Prof. Vladimir Kestelman (USA)

h Index Scopus = 1 (30)

Prof. Arne Jönsson (Sweden)

h Index Scopus = 2 (18)

Prof. Sagat Zhunisbekov (Kazakhstan)

Founder : **International Academy of Theoretical & Applied Sciences**

Published since 2013 year.

Issued Monthly.

International scientific journal «Theoretical & Applied Science», registered in France, and indexed more than 15 international scientific bases.

Address of editorial offices: 080000, Kazakhstan, Taraz, Djambyl street, 128.

Phone: +777727-606-81

E-mail: T-Science@mail.ru

<http://www.T-Science.org>

ISSN 2308-4944

Impact Factor ISI = 0.307

based on International Citation Report (ICR)



© Collective of Authors

© «Theoretical & Applied Science»

Рисунок А.2 – Выходные данные сборника

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

MODERN STATUS OF RESEARCH IN THE FIELD OF MICRORELIEF APPLICATION IN RUSSIAN SCIENCE

Abstract: In this paper modern Russian experience in the application of microrelief on the surface of the parts is presented. The main directions of further development of research are determined.

Key words: microrelief, surface plastic deformation, honing.

Language: Russian

Citation: Sevostyanov AS, Lukyanov AA, Bobrovskij IN (2014) MODERN STATUS OF RESEARCH IN THE FIELD OF MICRORELIEF APPLICATION IN RUSSIAN SCIENCE. ISJ Theoretical & Applied Science 10 (18): 82-84. doi: <http://dx.doi.org/10.15863/TAS.2014.10.18.17>

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НАНЕСЕНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКЕ

Аннотация: В работе представлен современный отечественный опыт в области нанесения микрорельефов на поверхности деталей. Определены основные направления дальнейшего развития исследований.

Ключевые слова: микрорельеф, поверхностно-пластическое деформирование, хонингование.

Исследования финишной отделочно-упрочняющей обработки поверхностно-пластическим деформированием (ППД) как метода нанесения микрорельефа активно исследовались в 80ые годы и полученные результаты свидетельствуют о необходимости внедрения данного метода нанесения микрорельефов в промышленность. К сожалению, трудности связанные с переходным периодом в экономике и последующая приостановка производства отечественного обрабатывающего оборудования пропорционально снизили потребность в НИР и ОКР для машиностроения (крайне показательно в данном случае история развития действующего ГОСТ-2789 «Шероховатость поверхности», обновлявшегося в 45,51,59,73 и последний раз в 81 годах), в результате остались не использованными накопленные за годы работы технические компетенции отечественных научных школ [10].

В настоящее время продолжают отдельные исследования в области нанесения микрорельефа, направленные на различные задачи. Невозможно оценить текущий уровень

внедрения технологий нанесения микрорельефа методом выглаживания, т.к. данные сведения отсутствуют в открытом доступе, однако примечательно, что сам принцип формирования микрорельефа на поверхности деталей машин широко применяется [2, 4].

Например, несмотря на проведенный основоположником данного направления исследований Ю.Г. Шнейдером успешный эксперимент [11] по нанесению микрорельефа на гильзу цилиндра двигателя с помощью вибрационного выглаживания, в настоящее время для формирования микрорельефа используется иная технология – платовершинное хонингование, и на ключевых предприятиях нашей страны (ОАО «АВТОВАЗ») применяются не отечественные разработки, а дорогостоящие импортные станки для обработки хонингованием.

Работа выполненная Барацем Я.И. и др. в 2007 году [9] при поддержке гранта РФФИ №10-08-00669-а позволила заложить основы высокопроизводительной технологии нанесения микрорельефа, была проведена апробация данной технологии на примере обработки внутренней

поверхности блока цилиндров дизельных двигателей. Суть эксперимента состояла в исследовании влияния изменения угла наклона канавок и относительной площади канавок на износ обработанной поверхности, при этом

обработка с нанесением микрорельефа с углом равным 44 градусам показала наименьший износ канавок (по сравнению с хонингованием – меньший в 3 раза, рис 1).

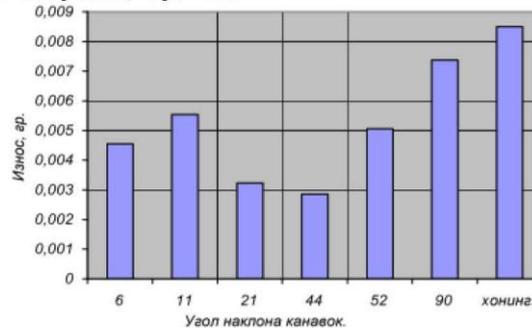


Рисунок 1 - Влияние угла наклона канавок на интенсивность износа [9].

Однако, обработка по данной технологии потребовала дополнительной притирки поверхности для исключения из микрорельефа наплывов, являющихся следствием пластической деформации металла. Данная работа вновь продемонстрировала перспективность применения нанесения микрорельефа с помощью ШПД на детали машин.

Для обеспечения реализации процессов нанесения микрорельефа на современном оборудовании с ЧПУ в Санкт-Петербургском государственном университете информационных технологий [7], механики и оптики были формализованы механизмы формирования микрорельефа на поверхности деталей машин в виде ряда зависимостей, связывающих

технологические параметры процесса и параметры получаемой микрогеометрии. Полученные зависимости были апробированы с помощью ПО имитирующего ЧПУ промышленного станка – WinNCSINUMERIK 840D MILL.55. Разработанный алгоритм позволяет увидеть все рабочие перемещения и проконтролировать возможность столкновения установочно-зажимного приспособления и заготовки. Отмечено, что наибольшее влияние на характер микрорельефа оказывает параметр – отражающий смещение второй кривой микрорельефа относительно первой, т.е. отражающий степень их взаимного пересечения (рис. 2).

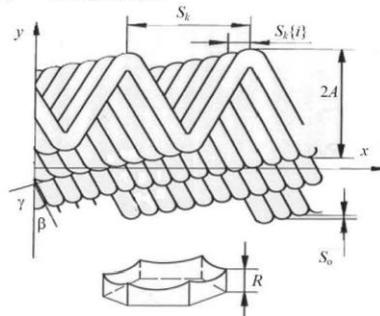


Рисунок 2 – Параметры регулярного микрорельефа [6].

Данная работа авторов отражена в статье [6]. Авторами была разработана программа ASCORMP позволяющая по заданным технологическим параметрам рассчитать параметры микрорельефа

обработанной поверхности на основе накопленных за годы работы последователями Ю.Г. Шнейдера данными. Реализация полученных данных осуществляется формированием после

внесения исходных данных – амплитуды осциллирующего движения инструмента, осевого шага неровности, ширины канавок, отношения числа оборотов заготовки к числу двойного хода инструмента, txt-файла содержащего команды воспринимаемые большинством современных станков с ЧПУ. Однако авторы отмечают, что предстоит большая работа по созданию метрологического обеспечения для производственного использования результатов работы.

В статье группы исследователей под руководством Кузнецова В.П. из Курганского государственного университета [8] определено влияние различных типов микрорельфов на маслоемкость и сопряженные с ней функциональные параметры – прирабатываемость, сопротивление износу, задир и т.д. При этом выступы выделенного металла высотой соизмеримой с Rz не уничтожались, т.к. авторы отмечают, что известные способы обработки с нанесением микрорельфа позволяют нанести только выпуклый или вогнутый микрорельф и невозможно получить функциональные свойства поверхности как после обработки

плосковершинным хонингованием. Обработку выполняли в два перехода за один установ: хонбрусом и цилиндрическим выглаживающим инструментом специальной конструкции [5]. Данный способ позволяет совместить достоинства обработки хонингованием и ППД, когда после обработки ППД остается микрорельф с операции хонингования, но сглаживаются «острые» (с достаточно малым углом при вершине) выступы микрорельфа. В заключении статьи отмечено, что предложенная технология является новаторской и в большей степени представляет собой ноу-хау.

Проведенный анализ подтверждает, что методы ППД могут быть не только альтернативой методам хонингования, но и позволяют более полно контролировать процесс формирования микрогеометрии обработанных деталей [1, 3] (по критерию количества регулируемых параметров, которые возможно задавать априорно), а учитывая сформированный научный задел отечественных научных школ дальнейшее развитие данных работ с привлечением заинтересованных промышленных партнеров позволит повысить конкурентоспособность и энергоэффективность работы узлов машин, изготавливаемых в Российской Федерации.

References:

1. Bobrovskij NM, Mel'nikov PA, Ezehev AV, Bobrovskij IN (2012) Ustrojstvo dlya giperproizvoditel'noj finishnoj obrabotki poverhnošej detalej vyglazhivaniem. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj Akademii Nauk. Vol.14, no.6 (part 1). pp. 93-96. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_6_93_96.pdf (accessed: 29.10.2014).
2. Brzhozovskij BM, Zaharov OV (2010) Obespechenie tehnologicheskoj nadezhnosti pri bescentrovoj abrazivnoj obrabotke. Saratov, Saratovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 216.
3. Gorshkov BM (2005) Povyshenie točnosti tehnologičeskij obrabotvayusčijh sistem s sostavnymi staninami metodom avtomatičeskoj kompensacii ih deformacij: avtoref. diss. Ph.d. Samara: Samarskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet, 35.
4. Ezehev AV, Bobrovskij IN, Lukyanov AA (2012) Analiz sposobov obrabotki poverhnostno-plastičeskim deformirovaniem. Fundamental'nye issledovaniya. No 6 (part 3). pp. 642-646. URL: <http://elibrary.ru/download/36394326.pdf> (access date: 29.10.2014).
5. (2008) Vyglazhivatel' dlyamnogoooperacionnyhtokarno-frezernyhcentrov: patent Russian Federation napoleznuyu model' No.70178 U1,IPC B24B 39/02. Il'ichev SA, Kuznecov VP, Gubanov VF, Gorgoc VG; Opubl.B.I. 2008. No.2.
6. Golubchikov MA, Kuz'min YP (2010) Modelirovanie processa vibronakatyvaniya. Izvestiya vysshijh uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. Vol. 53, no 8, pp. 26-29.
7. Golubchikov MA, Kuz'min YP (2012) Obrazovanie reguljarnogo mikrorel'efa na stanke s chislovym programmnyh upravleniem. Izvestiya vysshijh uchebnyh zavedenij. Priborostroenie. Vol. 55, no 9, pp. 34-38.
8. Kuznecov VP, Gorgoc VG, Dmitrieva OV (2009) Inzheneriya ploskovershinnogo reguljarnogo mikrorel'efa poverhnosti pri mnogocелеvoj obrabotke detalej. Vestnik UGATU. Ufa: UGATU. Vol. 12, no 4(33). pp. 113-115.
9. Milovanova LR (2007) Uluchshenie jekspluacionnyh svojstv poverhnošej otverstij metodom poverhnostno-plastičeskogo deformirovaniya s obrazovaniem reguljarnogo mikrorel'efa. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. No 2(25), issue 2. pp. 60-64.
10. (1981) Sherohovatosť poverhnosti. Parametry, harakteristiki i oboznacheniya: GOST 2789-73. Vveden 1975-01-01, izmenen 1981-01-01. Moscow: Izdatel'stvo standartov, pp. 1-7.
11. Shnejder YG (1982) Jekspluacionnye svojstva detalej s reguljarnym mikrorel'efom. Leningrad: Mashinostroenie: 248

Рисунок А.5 – Третий лист статьи

15.	Tulenbayev MS, Beglerova ST, Zhulyeva LV, Makovetskaya AA ADAPTIVE WAVELET TECHNOLOGIES OF CHEMICAL AND ANALYTICAL INFORMATION SYSTEMS OF ECOMONITORING.....	59-67
16.	Shevtsov AN, Kaliyeva G SOME ASPECTS OF MODELING THE STRANGE ATTRACTORS OF LORENZ IN DELPHI.....	68-81
17.	Sevostyanov AS, Lukyanov AA, Bobrovskij IN MODERN STATUS OF RESEARCH IN THE FIELD OF MICRORELIEF APPLICATION IN RUSSIAN SCIENCE.....	82-84
18.	Kononenko AP THE WAYS OF THE TRANSLATION OF THE SHORTENINGS FROM A FOREIGN LANGUAGE INTO RUSSIAN.....	85-87
19.	Bizhanova GK SYSTEMS OF EDUCATION IBRAI ALTYSARIN.....	88-90
20.	Shamarova SI ETYMOLOGY AND MYTHOLOGY OF THE CONCEPT GOD.....	91-95

Рисунок А.6 – Четвертый лист статьи

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Опубликованные работы

*Материалы IV международной научно-практической
конференции*

**Академическая наука -
проблемы и достижения**

7-8 июля 2014 г.

North Charleston, USA

Том 2

Рисунок Б.1 – Обложка сборника

ISBN 978-1-50051-703-8



CreateSpace
4900 LaCross Road,
North Charleston, SC, USA 29406
2014

Рисунок Б.2 – Выходные данные сборника

УДК 621.793

Семенченко Н.В.², Гуляев В.А.¹, Севостьянов А.С.²

¹к.т.н., доцент, ²студент, Тольяттинский государственный университет, кафедра: оборудование и технологии машиностроительного производства

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЛАКИРОВАНИЯ ГИБКИМ ИНСТРУМЕНТОМ ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Получение качественного поверхностного слоя, причем с минимальными затратами времени и средств, всегда будет одним из приоритетных направлений развития отрасли машиностроения. В последнее время количество финишных способов обработки поверхности (будь то только упрочняющая обработка или обработка с нанесением покрытия) серьезно возросло. Среди многообразия различных финишных операций заметно выделяется способ деформационного плакирования, представляющий собой процесс термомеханического формирования поверхностного слоя, основанный на явлениях схватывания и направленного переноса материала покрытия при трении.

Для автоматизации процессов обработки (разработки систем управления) необходимо наличие математической модели, описывающей процесс и обладающей достаточной точностью определения параметров обработки. Теория гибких упругих стержней [1], основанная на точном решении уравнения упругой линии, позволяет наиболее точно описать процесс изгиба вorsa проволочного инструмента. На ее основе разработана математическая модель [2], связывающая между собой основные параметры зоны контакта механической щетки и обрабатываемой поверхности детали.

Использование в качестве выходной координаты процесса деформационного плакирования силы, возникающей при контакте гибкого элемента с обрабатываемым изделием наиболее предпочтительно для построения адаптивных систем управления, т.к. контактная сила в достаточной мере характеризует процесс плакирования плоских поверхностей деталей. Однако измерение силы в зоне контакта при плакировании является достаточно сложной задачей и осуществляется большей частью в экспериментально-исследовательских целях на станочном оборудовании, специально приспособленном для таких испытаний [3].

В этой связи для разработчиков САУ представляет интерес использование энергетических параметров обработки, которые, как и силы, возникающие в зоне контакта проволочного инструмента с поверхностью обрабатываемого изделия, дают комплексную информацию о процессе плакирования, характеризую и материал детали, и параметры гибкого инструмента, и производительность обработки.

Для моделирования энергосиловых параметров на участке скольжения сжато-изогнутого ворса по плоской поверхности детали воспользуемся математической моделью [2].

Контактная сила определяется в каждой точке площади зоны контакта:

$$P_i = \beta_i^2 \frac{EJ}{l_H^2} g^4, \quad (1)$$

где β_i - силовой коэффициент подобия; E - модуль упругости, Па; J - осевой момент инерции площади поперечного сечения, мм⁴; l_H - длина изгибающейся части проволочки, мм; g - коэффициент, учитывающий динамику вращения проволочного инструмента.

Суммарный вращающий момент в зоне контакта, определяется как сумма моментов i -тых элементов:

$$M = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\omega_i}{\beta_i} \cdot P_i \cdot l_H \right) \cdot \frac{B}{d_B}, \quad (2)$$

где ω_i - моментный коэффициент подобия; B - ширина гибкого инструмента, мм; d_B - диаметр ворса, мм.

Мощность двигателя инструмента, расходуемая в процессе плакирования:

$$N_{дв} = N_{пл} + N_{ЭМП}, \quad (3)$$

где $N_{пл} = M \cdot V_{ок} / R_{щ}$ - мощность двигателя, расходуемая в зоне плакирования, Вт; $N_{ЭМП}$ - мощность двигателя, расходуемая в зоне контакта с элементом материала покрытия, Вт [4].

Во время плакирования изделий величина контактной силы изменяется вследствие различных внешних факторов, что приводит к изменению условий обработки и негативно сказывается на качестве нанесенного покрытия. Поддержание силы на строго определенном уровне в процессе обработки требует больших вычислительных мощностей, вследствие сложности алгоритма ее расчета. Применение микропроцессорной техники и появление мощных однокристалльных микро-ЭВМ значительно расширило вычислительные возможности систем управления и открыло хорошие перспективы для использования энергетических параметров в адаптивных циклах [3].

Здесь заслуживает внимания способ управления деформационным плакированием гибким инструментом, который позволяет в числе других возмущающих факторов, имеющих функциональную составляющую, компенсировать частично и температурные погрешности от нагрева детали в процессе обработки [5]. Его реализация в представлена на рис. 1.

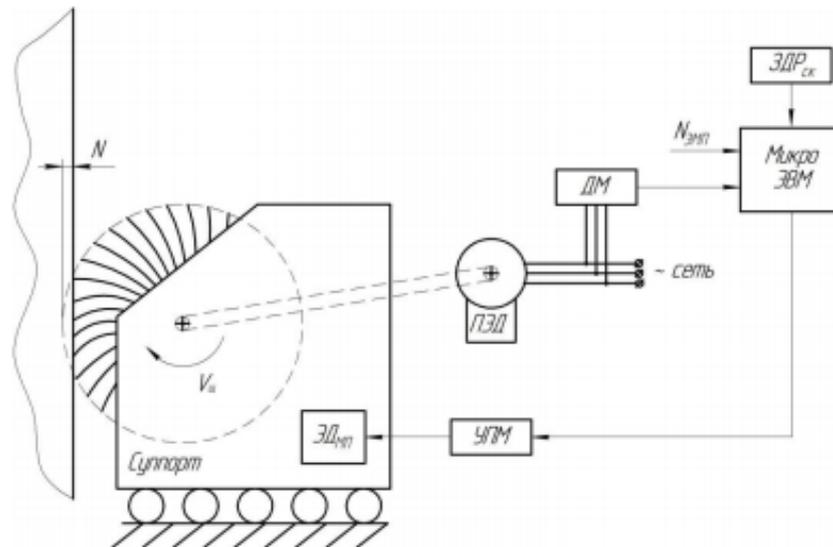


Рис. 1. Блок-схема адаптивной системы управления процессом плакирования

Управление суппортом, осуществляющим обработку детали, производится с помощью электродвигателя микроперемещений $ЭД_{МП}$ и управляемого преобразователя мощности $УПМ$. Измерение мощности, потребляемой приводным электродвигателем $ПЭД$ от питающей сети, производится с помощью датчика активной мощности $ДМ$. Обработка измерительной информации производится в вычислительном блоке *Микро-ЭВМ*, куда вводится информация о необходимой величине контактной силы задатчиком $ЗДР_{СК}$ и мощности, расходуемой на процесс трения щетки о поверхность элемента материала покрытия $N_{ЭМП}$.

На рис. 2 представлена функциональная схема системы управления процессом плакирования.

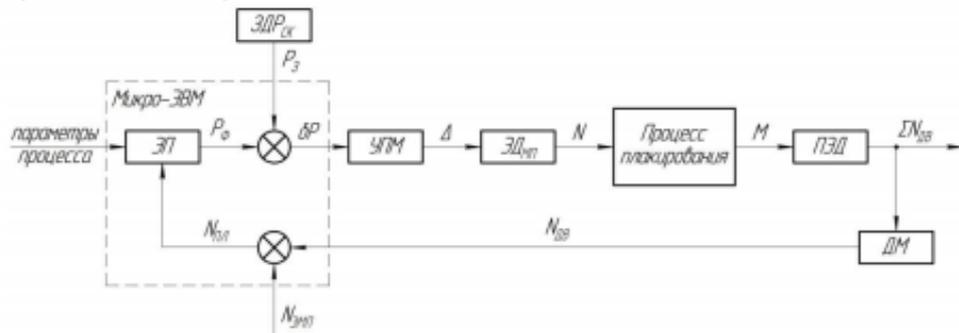


Рис. 2. Функциональная схема САУ процессом плакирования: $ЭП$ – электронный преобразователь; $ЗДР_{СК}$ – задатчик величины контактной силы; $УПМ$ – управляемый преобразователь мощности; $ЭД_{МП}$ –

электродвигатель микроперемещений; ПЭД – приводной электродвигатель;
ДМ – датчик активной мощности

В системе управления можно выделить прямой канал регулирования – от параметров процесса до общей мощности, потребляемой ПЭД, $\Sigma N_{дв}$ и канал обратной связи – от $\Sigma N_{дв}$ до мощности, расходуемой в зоне плакирования, $N_{пл}$. Система сравнивает реальную и заданную контактную силу (1) и с помощью ЭДМП корректирует натяг при их несоответствии.

Установив такую систему, появляется возможность компенсации динамических и температурных погрешностей обработки, поддержания необходимой контактной силы, и как следствие повышение качества обработки. Предлагаемая модель адаптивной системы управления является основой для дальнейшей разработки более сложных, гибких систем управления, охватывающих большее количество параметров процесса плакирования. Данные системы, оперирующие огромными массивами данных, для обеспечения высокой производительности заставляют обращаться к разработке новых принципов и средств обработки информации. Среди которых, особое внимание привлекают оптические методы или точнее методы электронно-оптической обработки информации с применением ЭВМ [6].

Список литературы:

1. Попов Е. П. Теория и расчет гибких упругих стержней. М.: Наука, 1986. 296 с.
2. Зотов, А.В. Математическое моделирование расчета геометрических и энергосиловых параметров при деформационном плакировании / А.В. Зотов, О.И. Драчев // Перспективные технологии XXI века. В 2 книгах. К. 2: монография / В. Н. Ардачев, Ю.В. Бахтина, П.П. Бескид и др. - Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2013. - Разд. 2.4. - С. 79-94.
3. Решетов А. Г. Автоматизация шлифования и размерного контроля деталей. СПб.: Политехника, 2003. 193 с.
4. Анцупов В. П. Теория и практика плакирования изделий гибким инструментом. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 1999. 241 с.
5. Зотов А.В., Семенченко Н.В. Стабилизация энергосиловых параметров при плакировании гибким инструментом // Механика XXI века. XII Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием: сборник докладов. – Братск: Изд-во БрГУ, 2013. – С. 126-128.
6. Солдатов А. А., Гуляев В. А., Жилин А. А., Белоус Д. В. Разработка автоматизированной системы бесконтактного контроля геометрических параметров кузова автомобиля // Известия Волгоградского государственного университета : межвуз. Сб. науч. Ст. №1 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2004. – С. 46-48.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Опубликованные работы

**Teoretičeskaâ i prikladnaâ
nauka**

**Theoretical & Applied
Science**

№ 8 (16)

2014

Рисунок В.1 – Обложка сборника

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

Editor-in Chief:

Alexandr Shevtsov (Kazakhstan)

Hirsch index:

h Index RISC = 1 (44)

The Editorial Board:

Prof. Vladimir Kestelman (USA)

h Index Scopus = 1 (30)

Prof. Arne Jönsson (Sweden)

h Index Scopus = 2 (18)

Prof. Sagat Zhunisbekov (Kazakhstan)

Founder : **International Academy of Theoretical & Applied Sciences**

Published since 2013 year.

Issued Monthly.

International scientific journal «Theoretical & Applied Science», registered in France, and indexed more than 10 international scientific bases.

Address of editorial offices: 080000, Kazakhstan, Taraz, Djambyl street, 128.

Phone: +777727-606-81

E-mail: T-Science@mail.ru

<http://www.T-Science.org>

Impact Factor ISRA = 1.344
Impact Factor ISI = 0.307
based on International Citation Report (ICR)
Impact Factor GIF = 0.356

ISSN 2308-4944



© Collective of Authors

© «Theoretical & Applied Science»

Рисунок В.2 – Выходные данные сборника

SECTION 7. Mechanics and machine construction.

Aleksey Sergeevich Sevostyanov
Undergraduate student
Togliatti State University, Russia
sevalexev@yandex.ru

Igor Nikolaevich Bobrovskij
Ph.D., chief of laboratory
Togliatti State University, Russia
bobri@yandex.ru

Aleksey Aleksandrovich Lukyanov
Undergraduate student
Togliatti State University, Russia
a.lukyanov@tehnomasch.ru

RESEARCH OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSING METHODS IN RUSSIA

Abstract: *In this paper russian experience of machine parts processing technology with surface plastic deformation methods is presented. The main directions of further development of the technology are determined.*

Key words: *surface plastic deformation, roughness, oil absorption, lubricoolant.*

Citation: Sevostyanov AS, Bobrovskij IN, Lukyanov AA (2014) RESEARCH OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSING METHODS IN RUSSIA. ISJ Theoretical & Applied Science 8 (16): 24-29.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ В РОССИИ

Аннотация: *В работе представлен российский опыт технологии обработки поверхностей деталей машин методами поверхностно-пластического деформирования. Определены основные направления дальнейшего развития технологии.*

Ключевые слова: *поверхностно-пластическое деформирование, шероховатость, маслосмочность, смазочно-охлаждающее технологическое средство.*

Исследованиям в области обработки деталей поверхностно-пластическим деформированием (ППД) посвящены многие работы отечественных и зарубежных ученых [1, 2]. Преимущество ППД в сравнении с другими методами финишной обработки заключается в значительном снижении шероховатости (до Ra 0,04 мкм) и упрочнении приповерхностных слоев деталей, тем самым увеличивается долговечность всего изделия [3].

В основном процессы ППД внедряются на операциях по обработке ответственных деталей в мелкосерийном и единичном производстве, однако имеется опыт внедрения широкого выглаживания в массовое производство [4]. Целью данной статьи является обзор отечественного опыта применения технологии обработки ППД для финишной обработки деталей.

В Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева В.Ю. Блюменштейн исследовал технологическое обеспечение деформационных параметров при обработке ППД мультирадиусным инструментом [5].



Рисунок 1 - Постановка задачи конечно-элементного моделирования обработки роликом специального профиля третьего типа [5].

Деформирующий элемент, первым входящий в контакт с поверхностным слоем, имел профильный радиус $R = 1$ мм и двигался относительно поверхности с действительным натягом $h = 0,02$ мм. Второй деформирующий элемент также имел профильный радиус $R = 1$ мм и имел смещение относительно 1-ого элемента в радиальном направлении на величину $0,03$ мм. Таким образом, действительный натяг 2-го элемента относительно поверхности составил $d h = 0,05$ мм.

Анализ картины напряженного состояния показал наличие существенного взаимного влияния деформирующих элементов друг на друга: поля напряжений деформирующих элементов пересекаются, образуя объединенный очаг деформации. При этом в зоне задней контактной поверхности первого деформирующего элемента осевые и окружные растягивающие напряжения, свойственные этой зоне, вообще не успевают возникнуть вследствие влияния второго близкорасположенного деформирующего элемента. Наибольшие растягивающие напряжения возникают в осевом направлении в зоне задней контактной и внеконтактной поверхностей 2-го деформирующего элемента. Картина распределения касательных напряжений по мере продвижения вдоль очага деформации представлена несколькими зонами.

Наибольший перепад всех компонент напряжений наблюдается в зонах при вершинах деформирующих элементов. Здесь высокие значения сжимающих напряжений в районе передних контактных поверхностей переходят в околонулевые или растягивающие напряжения в районе задних контактных поверхностей.

Относительная деформация в основном локализована в области передних контактных и внеконтактных поверхностей деформирующих элементов.

Анализ показал, что при обработке специальным роликом с профилем 3-его типа имеется 5 участков квазимонотонной деформации, в то время как при обработке традиционным ППД обнаруживается лишь 3 участка.

Накопление деформации и исчерпание запаса пластичности носит двухступенчатый характер. При этом накапливаются значительные степени деформации сдвига 3..3,2 при докритических значениях степени исчерпания запаса пластичности $0,6..0,7$ (рисунок 2). Рост накопленных параметров практически прекращается в районе вершины второго деформирующего элемента.

Установлено, что при обработке роликом специального профиля третьего типа программа нагружения также имеет две выраженных ступени, обусловленные наличием 2х деформирующих элементов (рисунок 3).

Накопление деформаций происходит в условиях сложного изменяющего напряженного состояния. Так, показатель схемы напряженного состояния изменяется от -0,577 до -2,7 и далее до -0,5 для первого профиля; далее закономерности изменения повторяются.

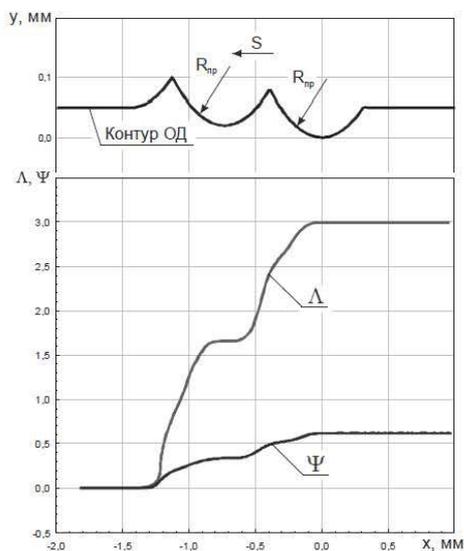


Рисунок 2 - Распределение накопленных значений степени деформации сдвига и степени исчерпания запаса пластичности [5].

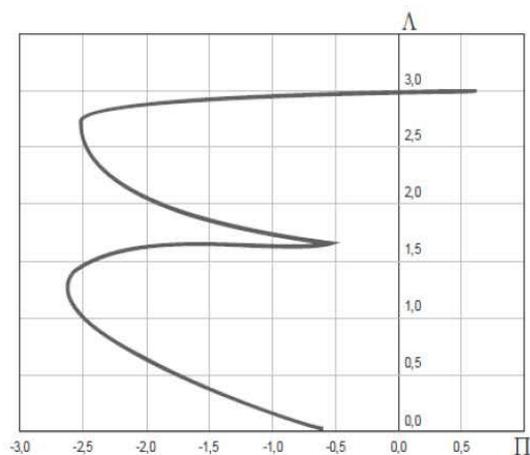


Рисунок 3 - Зависимость накопленной степени деформации от показателя схемы напряженного состояния Π (программа нагружения) [5].

Очевидно, что применение мультирадиусного профиля позволяет создать оригинальную схему выглаживания с более мощным очагом деформации.

В Курганском государственном университете коллектив под руководством В.П. Кузнецова исследовал моделирование и формирование плосковершинного микрорельефа поверхностей трения со смазочными микрокарманами при многоцелевой обработке деталей [6].

Для обеспечения плосковершинного микрорельефа поверхности заготовки со смазочными микрокарманами разработаны способ и технология многопереходной обработки поверхностей трения, состоящая из следующих этапов:

1. Предварительное формирование микропрофиля поверхности трения высокоточной детали чистовым точением и выравнивающим выглаживанием.
2. Деформирующее профилирование смазочных микрокарманов на поверхности трения мультиинденторным инструментом.
3. Формирование плосковершинного микропрофиля поверхности со смазочными микрокарманами финишным полирующим выглаживанием.

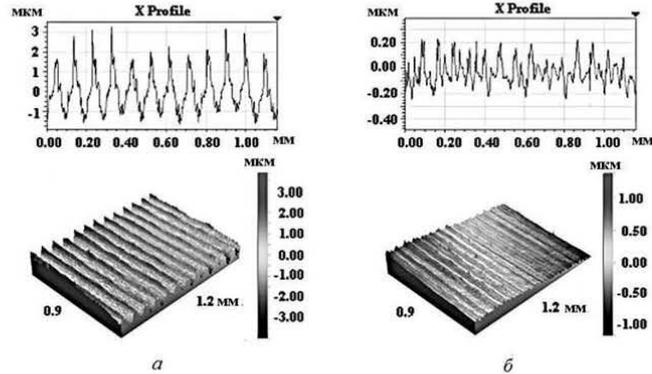


Рисунок 4 - 2D профилограммы и 3D топография поверхности трения детали: а) после точения; б) предварительного выглаживания [6].

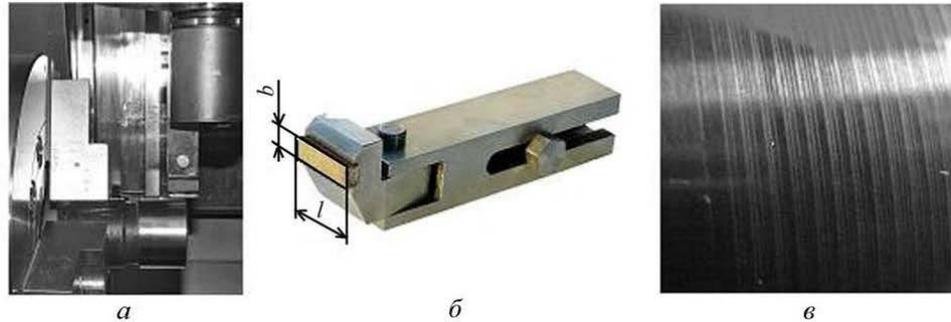


Рисунок 5 - Формирование смазочных микрокарманов винтового типа мультиинденторным инструментом: а) обработка тестовой детали; б) мультиинденторный формирователь смазочных микрокарманов; в) фрагмент поверхности тестовой детали после обработки [6]

В рассматриваемой статье представлены результаты исследования фактической маслостойкости поверхности после каждого из финишных переходов многоцелевой обработки, проведенные с помощью электронного сканирующего микроскопа Tescan MIRA 3 LMU (табл. 1).

Таблица 1

Обработка	Объем смазочных микроканалов	
	Средний объем смазочных микроканалов	
	Абсолютное значение, мкм ³	Удельный объем мкм ³ /мкм ²
Точение	207299,6	1,433
Предварительное выглаживание	43192,6	0,818
Деформирующее профлирование	357684,2	2,473
Финишное выглаживание	188685,4	1,305

Применение в высокотехнологичном машиностроении прецизионных токарно-фрезерных центров с ЧПУ позволяет изготавливать сложные и ответственные детали за один установ, эффективно сочетая различные виды механической обработки с финишной обработкой поверхностей выглаживанием [7]. Однако практика выглаживания функциональных поверхностей деталей на многоцелевых станках инструментом с упругим демпфером показала, что выработанные практические рекомендации по режимам обработки не позволяют эффективно управлять качеством поверхностей деталей из коррозионностойких сталей.

Одной из основных проблем при формировании выглаживанием субмикрощероховатых поверхностей деталей со средним арифметическим отклонением профиля $Ra < 100$ нм является необоснованное назначение усилия обработки [8]. Существующие расчетные зависимости силы выглаживания основаны, как правило, на закономерностях, полученных при статическом вдавлении индентора в поверхность заготовки, и не учитывают комплексное влияние шероховатости обрабатываемой поверхности и подачи [9].

Выводы

Текущие отечественные исследования обработки методами ППД сосредоточены на применении инструментов различной формы для перераспределения напряжений при обработке, как предложено в статье В.Ю. Блюменштейна [5]. Это позволяет получить поверхность лучшего качества. Многоинструментальная обработка, с использованием совмещенной лезвийной обработки и обработки методом ППД позволяет обеспечить необходимую маслостойкость поверхности, данное исследование приведено в статье В.П. Кузнецова [6].

Кроме этих способов исследуется возможность использования гибридной обработки с различными методами воздействия на зону обработки для снижения сил трения [10]. При снижении сил трения температура зоны обработки не будет превышать предельно допустимого значения, что, в последствии, позволит отказаться от использования смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) при финишной обработке. Таким образом, отказ от СОТС позволит значительно сократить затраты на производство изделия, позволит повысить безопасность труда и экологичность производственного цикла.

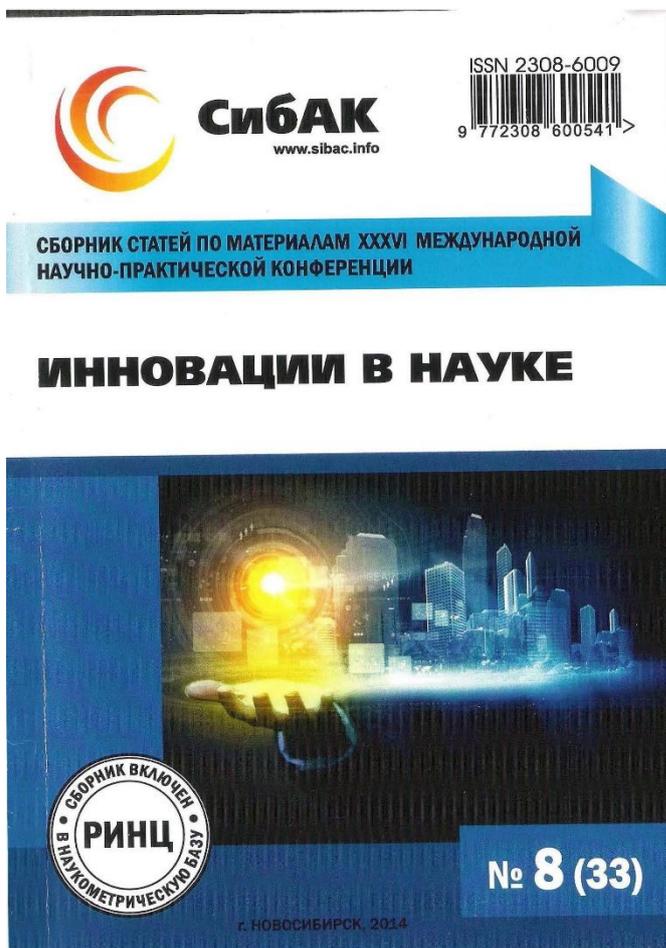
Проведение научно-исследовательской работы осуществляется при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6076.2013.8.

References:

1. Bobrovskiy NM, Bobrovskiy IN, Ezhelev AV, Mel'nikov PA (2012) Tehnologiya obrabotki detaley poverhnostno-plasticheskim deformirovaniem bez primeneniya smazyvayusche-

- ohlazhdayuschih tehnologicheskikh sredstv. Samarskiy nauchnyy centr RAN, Samara, ISBN 987-5-93424-598-7, pp. 142.
2. Bobrovskiy NM (2008) Razrabotka nauchnyh osnov processa obrabotki detaley poverhnostno-plasticheskim deformirovaniem bez primeneniya smazochno-ohlazhdayuschih zhidkostey. Tol'yatti: Tol'yattinskiy gosudarstvennyy universitet, pp. 170.
 3. Bobrovskiy IN, Mel'nikov PA, Bobrovskiy NM, Luk'yanov AA, Ezhelev AV (2012) Tehnologicheskoe obespechenie tribologicheskikh svoystv sal'nikovykh sheek detaley mashin. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy Akademii Nauk, t.14, No1(2), pp. 340-343. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_340_343.pdf (date of access: 29.08.2014).
 4. Mel'nikov PA (2008) Povyshenie ieffektivnosti tehnologii vyglazhivaniya shirokim samoustanavlivayuschimsya instrumentom bez smazochno-ohlazhdayushey zhidkosti. avtoref. dis. kand. tehn. nauk. Samara: Samarskiy gosudarstvennyy tehnicheskiy universitet, pp. 20.
 5. Blyumenshteyn VY (2012) Tehnologicheskoe obespechenie deformacionnykh parametrov pri obrabotke PDD multiradiusnym instrumentom. Polzunovskiy al'manah, No 1. pp. 142-144.
 6. Kuznecov VP, Dmitrieva OV (2011) Modelirovanie i issledovanie formirovaniya ploskovershinnogo mikrorel'efa poverhnostey treniya so smazochnymi mikrokarmanami pri mnogocelevoy obrabotke detaley. Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta, t.319, No 2, pp. 35-40.
 7. Luk'yanov AA, Bobrovskiy NM, Bobrovskiy IN, Mel'nikov PA, Ezhelev AV (2013) Napravleniya razvitiya poverhnostno-plasticheskogo deformirovaniya detaley mashin. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye napravleniya teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy 2013», Odessa: KUPRIENKO, t.3, No1, pp. 56-68.
 8. Ezhelev AV, Bobrovskiy IN, Luk'yanov AA (2012) Analiz sposobov obrabotki poverhnostno-plasticheskim deformirovaniem. Fundamental'nye issledovaniya, No6 (chast' 3), pp. 642-646. URL: <http://elibrary.ru/download/99416024.pdf> (date of access: 29.08.2014).
 9. Bobrovskiy NM, Ezhelev AV, Mel'nikov PA, Bobrovskiy IN (2012) Ustroystvo dlya giperproizvoditel'noy finishnoy obrabotki poverhnostey detaley vyglazhivaniem. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk, t.14, No 6-1, pp. 93-96.
 10. Bobrovskiy NM, Mel'nikov PA, Bobrovskiy IN, Ezhelev AV, Luk'yanov AA (2013) Issledovaniya vliyaniya «zelenoy» proizvodstvennoy tehnologii obrabotki vyglazhivaniem na pozharobezopasnost', iekologiyu i zdorov'e cheloveka. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy Akademii Nauk, t.15, No3-6, pp.1731-1733. URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_1731_1733.pdf (date of access: 29.08.2014).

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
Опубликованные работы



ИННОВАЦИИ В НАУКЕ

*Сборник статей по материалам
XXXVI международной научно-практической конференции*

№ 8 (33)
Ноябрь 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск
2014

Рисунок Г.1 – Обложка сборника, выходные параметры

УДК 08
ББК 94
И 66

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редколлегии: д-р психол. наук, канд. мед. наук **Дмитрива Наталья Витальевна**.

Редакционная коллегия:

канд. юрид. наук **Л.А. Андреева**,
канд. техн. наук **Р.М. Ахмеднабиев**,
д-р техн. наук, проф. **С.М. Ахметов**,
канд. тех. наук, д-р философии
по искусствоведению, ст. науч. сотр.
В.Ю. Барштейн,
канд. филол. наук **А.Г. Бердникова**,
канд. мед. наук **В.П. Волков**,
канд. пед. наук **М.Е. Виговская**,
канд. тех. наук, д-р пед. наук
О.В. Виштак,
канд. филос. наук **Т.А. Гужавина**,
д-р геогр. наук **И.В. Гукалова**,
д-р филол. наук **Е.В. Грудева**,
канд. техн. наук **Д.В. Елисеев**,
канд. физ.-мат. наук **Т.Е. Зеленская**,
канд. пед. наук **С.Ю. Иванова**,
канд. ист. наук **К.В. Куиченко**,
канд. филос. наук **В.Е. Карпенко**,
канд. техн. наук **А.Ф. Копылов**,
д-р хим. наук **В.О. Козьминных**,
канд. искусствоведения
И.М. Кривошей

д-р психол. наук **В.С. Карапетян**,
канд. мед. наук **Е.А. Лебединцева**,
канд. пед. наук **Т.Н. Ле-ван**,
канд. экон. наук **Г.В. Леонидова**,
д-р мед. наук **О.Ю. Милушкина**,
бизнес-конс. **Д.И. Наконечный**,
канд. филол. наук **Т.В. Павловец**,
канд. ист. наук **Д.В. Прошина**,
канд. техн. наук **А.А. Романова**,
канд. физ.-мат. наук **И.П. Рымкевич**,
канд. ист. наук **И.С. Соловченко**,
канд. ист. наук **А.Н. Сорочкин**,
д-р филос. наук, канд. хим. наук
Е.М. Сүлеймен,
д-р мед. наук, проф. **П.М. Стратулат**,
д-р экон. наук **Л.А. Толстолесова**,
канд. биол. наук **В.Е. Харченко**,
д-р пед. наук, проф. **Н.П. Ходакова**,
канд. ист. наук **В.Р. Шахметова**,
канд. с.-х. наук **Т.Ф. Яковичила**,
канд. пед. наук **С.Я. Якушева**.

И66 Инновации в науке / Сб. ст. по материалам XXXVI междунар. науч.-практ. конф. № 8 (33). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 102 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Инновации в науке» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

ISSN 2308-6009

© НП «СибАК», 2014

Оглавление

Секция 1. Биологические науки	5
ГЕНОТИПИРОВАНИЕ DROSOPHILA MELANOGASTER Мелащенко Елена Сергеевна	5
ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ МЕТИОНИНА, ФУРОЛАНА И ИХ КОМПОЗИЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОРОСТКОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ К ГЕРБИЦИДАМ ГРУППЫ 2,4-Д И ПОРАЖЕНИЮ ФИТОПАТОГЕНАМИ Яблонская Елена Карленовна	9
Секция 2. Технические науки	14
ПОСТРОЕНИЕ АПРОКСИМИРУЮЩЕЙ НЕЧЕТКОЙ ЗАВИСИМОСТИ, ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КЛАССИФИКАЦИИ АНОМАЛИЙ Копытчук Николай Борисович Тишин Петр Метталинович Копытчук Игорь Николаевич Милейко Игорь Генрикович	14
ОБЗОР РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ Луцьянов Алексей Александрович Бобровский Игорь Николаевич Севостьянов Алексей Сергеевич	23
ПОИСК ОТВЕТОВ НА ВОПРОСЫ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ Симанков Владимир Сергеевич Толкачев Демид Максимович	28
АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ С НЕЧЕТКО ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ Шапорина Елена Леонидовна Тишин Петр Метталинович Милейко Игорь Генрикович Шапорин Руслан Олегович	36
Секция 3. Сельскохозяйственные науки	47
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ЯБЛОНИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА Мережко Ольга Евгеньевна	47

Рисунок Г.2 – Первый лист статьи

Секция 4. Гуманитарные науки	53
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ НАЧАЛЬНОГО И СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЗВЕНА В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНОГО РЕГИОНА РЕСПУБЛИКИ ЮЖНАЯ ОСЕТИЯ Козаева Гульнара Ролландовна	53
МОТИВАЦИЯ ВЫБОРА «ЛЮБИМЫЙ-НЕЛЮБИМЫЙ УЧЕБНЫЙ ПРЕДМЕТ» У ОТЛИЧНИКОВ И СЛАБОУСПЕВАЮЩИХ ШКОЛЬНИКОВ Лаврик Оксана Викторовна	58
ЭКСКУРСИЯ КАК ОДНА ИЗ ЭФФЕКТИВНЫХ ФОРМ ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ С ОБУЧАЮЩИМИСЯ Роут Олеся Анатольевна	64
ПСИХОЛОГИЯ АНТИВИТАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКОВ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ В 2011—2013 ГОДАХ Сагалакова Ольга Анатольевна Труевцев Дмитрий Владимирович	68
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ IT-СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ТРУДА Тагиров Владислав Камильевич Насейкина Лилия Фаритовна	78
Секция 5. Медицинские науки	85
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ В-КЛЕТОК ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ АНТИПСИХОТИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ Волков Владимир Петрович	85
Секция 6. Науки о земле	93
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОБОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ ОТХОДОВ Жабриков Станислав Юрьевич	93

**СЕКЦИЯ 1.
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ DROSOPHILA MELANOGASTER

Мелащенко Елена Сергеевна

*лаборант лаборатории молекулярно-генетических технологий
инновационного парка БФУ им. И. Канта,
студентка Балтийского Федерального Университета им. И. Канта,
РФ, г. Калининград
E-mail: shesterka94@mail.ru*

GENOTYPING OF DROSOPHILA MELANOGASTER

Melashchenko Elena

*lab technician laboratory of molecular- genetic technologies
innovation park BFU, student of Baltic Federal University,
Russia, Kaliningrad*

АННОТАЦИЯ

Целью работы являлось генотипирование *Drosophila melanogaster* основанное на различии генотипов ее бактерии *Wolbachia*. Для достижения цели использовались методы: выделение ДНК, ПЦР и электрофорез. Был определен генотип *Wolbachia*, а так же выявлена видовая принадлежность дрозофил.

ABSTRACT

The main work objective was *Drosophila melanogaster* genotyping based on the distinction between genotypes of its bacterium *Wolbachia*. With that end in view, such methods were used: DNA extraction, PCR and electrophoresis. The genotype of *Wolbachia* was defined as well as species of drosophilas was identified.

Ключевые слова: генотип; *Drosophila melanogaster*; *Wolbachia*; выделение ДНК; ПЦР; электрофорез.

Рисунок Г.3 – Второй лист статьи

где через $D_{S(m),j}$ обозначен j -ый отчет в стандартное представление $D_{S(m)}$.

Таким образом, в данной работе предлагается метод построения аппроксимирующих нечетких зависимостей, позволяющий определять параметры классификации набора временных рядов, получаемых в процессе взвешивания. В построении данных зависимостей учитываются наборы обучающих данных и экспертные знания. Решение данной задачи позволяет строить алгоритмы оценки временных рядов в задачах поиска в них аномалий.

Список литературы:

1. Батыршин И.З. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика // И.З. Батыршин, А.О. Недосекин, А.А. Стешко и др. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 208 с.
2. Копытчук И.Н., Копытчук Н.Б., Тишин П.М., Милейко И.Г. Построение аппроксимирующей нечеткой зависимости для определения параметров классификации аномалий тензометрических сигналов // Тр. Одесского политехн. ун-та. Одесса, 2014. — С. 68—69.
3. Копытчук Н.Б., Шендрик Е.В. Использование метода наименьших квадратов для оценки параметров сигнала с периодической помехой при ограниченном времени наблюдения // Тр. Одесского политехн. ун-та. Одесса, — 1999. — Вып. 3(9). — С. 167—169.
4. Копытчук Н.Б., Шендрик Е.В. Повышение точности метода наименьших квадратов посредством введения весовой функции // Тр. Одес. политехн. ун-та. Одесса, — 2001. — Вып. 2(14). — С. 110—112.
5. Копытчук Н.Б., Шендрик Е.В. Исследование эффективности алгоритма метода наименьших квадратов с предварительным преобразованием исследуемых данных // Праці УНДІРТ. Одеса, — 2001. — № 3 (27). — С. 72—74.
6. Копытчук Н.Б., Тишин П.М., Ботнар К.В. Решение оптимизационных задач для систем массового обслуживания с отказами в условиях неопределенности. // «Проблеми програмування» Київ: Інститут програмних систем НАН України. — 2011. — № 4. — С. 108—117.
7. Копытчук Н.Б., Тишин П.М., Цюрупа М.В. Анализ вычислительных сетей с помощью многоуровневой онтологии оценки рисков с применением методологии CORAS. // «Електротехнічні системи і комп'ютерні системи» Одеса: ОНПУ, — 2013. — № 10(86). — С. 120—126.
8. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB // Телеком. 2007. — С. 288.

ОБЗОР РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Лукьянов Алексей Александрович

*магистрант,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru*

Бобровский Игорь Николаевич

*канд. техн. наук, начальник лаборатории,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: bobri@yandex.ru*

Севостьянов Алексей Сергеевич

*магистрант,
Тольяттинский государственный университет,
РФ, г. Тольятти
E-mail: sevalexy@yandex.ru*

REVIEW OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSING MODES OF METALS

Aleksey Lukyanov

*undergraduate student, Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Bobrovskij Igor

*Ph.D., chief of laboratory, Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Sevostyanov Aleksey

*undergraduate student, Togliatti State University,
Russia, Togliatti*

Рисунок Г.4 – Третий лист статьи

Проведение научно-исследовательской работы осуществляется при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6076.2013.8.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен зарубежный опыт применения технологии обработки поверхностно-пластическим деформированием. Рассмотрены оптимальные режимы обработки. Приведены рекомендации по обработке деталей методами выглаживания и обкатывания.

ABSTRACT

In this paper, the foreign experience of application of surface plastic deformation processing technology is considered. The optimal processing modes are considered. The recommended processing modes for treatment of parts by surface plastic deformation and ball burnishing methods are given.

Ключевые слова: оптимальный режим обработки; выглаживание; шероховатость; упрочнение.

Keywords: optimal processing mode; burnishing; roughness; hardening.

Качество поверхности является важным фактором, который влияет на сборку, и в целом работу механизма, эстетические показатели механизма и материала. Наиболее важным фактором, влияющим на качество поверхности, является шероховатость [1]. В машиностроении используются различные методы обработки для снижения шероховатости поверхности, такие как: шлифование, хонингование, супер-финиширование и другие методы отделки направленные на снижения шероховатости поверхности [2]. Целью данной статьи является обзор зарубежного опыта применения технологии обработки поверхностно-пластическим деформированием (ППД) для обработки различных сплавов.

Методы ППД имеют сильное влияние на шероховатость поверхности. ППД — это метод холодной обработки, при котором поверхностные неровности уменьшаются под действием силы за пределами текучести материала.

В своей работе автор В.А. Гонгхам рассматривает обработку ППД легированной стали En-9 (сталь 55) [4].

На практике были установлены корреляции между следующими параметрами: шероховатость поверхности, микротвердость поверхности,

частота вращения заготовки, время обработки и сила прижатия инструмента.

Так, при силе обработки в 300 Н при увеличении времени обработки с 2 до 4 минут шероховатость поверхности увеличивается, тогда как твердость уменьшается. Однако при времени обработки равном 2 минуты при возрастании силы от 300 Н до 400 Н шероховатость и твердость поверхности увеличиваются.

Автором был экспериментально определен оптимальный режим обработки стали En9: частота вращения заготовки: 500 об/мин; сила выглаживания 300 Н; время обработки 3 мин. При этом шероховатость обработанной поверхности составляет 1,718 мкм, твердость 264,3 Нv.

Авторы П.С. Камбл, В.С. Ядхав рассматривают обработку обкатыванием легированной стали En-8 [6].

Экспериментально было установлено следующие зависимости:

- При увеличении количества проходов увеличивается микротвердость, но ухудшается шероховатость;

- Максимальная твердость достигается при подаче в 0,04 мм/об;

- Твердость увеличивается с увеличением частоты вращения.

Максимальная твердость достигается при частоте вращения 1125 об/мин;

- Твердость уменьшается с увеличением числа проходов.

Максимальная твердость достигается при одном проходе.

Следовательно, оптимальный режим обработки ППД стали En9: частота вращения: 1125 об/мин; сила выглаживания 350 Н; время обработки: 2 мин; подача 0,04 мм/об.

При этом режиме шероховатость поверхности составляет Ra0,13 мкм, твердость увеличивается с 337 до 528 Нv.

Автор Халид С.Ф. исследовал влияние роликового обкатывания на механические свойства и качество поверхности легированной стали [7]. Результаты экспериментов показали, что напряжение материала было увеличено примерно на 150 МПа. Также роликовое выглаживание имеет положительное влияние на шероховатость поверхности легированной стали.

Авторами А.П. Гходаке, Р.Д. Раххаде, А.С. Махешвари [3] выполнены исследования по обработке алюминия АД33 методом обкатывания.

На основе их работы сделан вывод, что оптимальные параметры обработки алюминия АД33: частота вращения 250—420 об/мин для ширины ролика 1 мм.

Сила выглаживания свыше 220 Н способна уменьшить шероховатость поверхности на 35 %. Ниже этого значения

Рисунок Г.5 – Четвертый лист статьи

шероховатость не улучшается пластически. Частота вращения 110 об/мин дает самый высокий результат увеличения твердости поверхности до 30 %. Однако увеличение силы выглаживания имеет негативное влияние на износостойкость алюминия.

Обкатывание титана Ti-6Al-4V и стали 316L (03X16H15M3) рассмотрено в работе авторов U.D. Gulhanel, S.B. Mishra, P.K. Mishra [5].

Материал Ti-6Al-4V: получена шероховатость Ra0,24 мкм с режимами выглаживания: Частота вращения 900 об/мин, Сила давления 1,9 МПа, диаметр шарика 12 мм, количество проходов — 2.

Материал 316L: получена шероховатость Ra0,25 мкм с режимами выглаживания: Частота вращения 900 об/мин, Сила давления 1,9 МПа, диаметр шарика 8 мм, количество проходов — 2.

Шероховатость поверхности была значительно снижена, однако после обработки методом ИПД титана обнаружены острые кромки, оставшиеся после лезвийной обработки. Это обуславливается высокой твердостью вкраплений в материал.

Авторы Томас Д., Крзыстоф Д. [8] исследовали влияние параметров обкатывания на твердость нержавеющей стали X5CrNiMo17-12-2.

По результатам исследований можно сделать вывод, что твердость поверхностного слоя увеличивается с каждым проходом инструмента, хотя наибольшее увеличение твердости происходит после первого прохода. Начальная твердость материала составляла 240 HV а максимальная твердость была получена после третьего прохода роликом с радиусом при вершине 3 мм и составила 337 HV. Увеличение твердости составило 42,2 %. Наиболее эффективное упрочнение происходит у ролика с радиусом при вершине 3 мм. Это обуславливается тем, что у такого ролика наименьшая площадь контакта с поверхностью материала, следовательно, наибольшая сила давления на материал.

После анализа всех вышеперечисленных источников, полученные результаты были обобщены в таблицу оптимальных режимов обработки методами ИПД (табл. 1).

На основании рассмотренных исследований можно оценить изменения в поверхностном слое в процессе выглаживания наружных цилиндрических поверхностей. Таким образом, для наилучшего эффекта упрочнения следует использовать низкую частоту вращения заготовки и радиус скругления при вершине инструмента не более 3 мм.

Таблица 1.

Свойства детали после обработки методами ИПД и оптимальные режимы обработки

Материал	Предел прочности при растяжении (МПа)	Предел текучести (МПа)	Твердость HB	Вид обработки	Шероховатость Ra (мкм)	Прирост твердости (%)	Частота вращения заготовки (об/мин)	Сила (Н)	Кол-во рабочих ходов инструмента
Сталь 55	570	315	167	Выглаживание	1,718	54	500	300	2
Легированная сталь EN8	380	245	270	Обкатывание	0,13	57	1125	350	1
Алюминий АД33	140	80	80	Обкатывание	0,3	30	400	220	1
Титан Ti-6Al-4V	835	380	310	Обкатывание	0,24	17	900	420	2
Сталь 316 L	500	380	179	Обкатывание	0,25	37	900	380	2
Сталь X5CrNiMo	650	430	223	Обкатывание	0,34	42	560	330	3

Список литературы:

1. Бобровский И.И., Мельников П.А., Бобровский Н.М., Лукьянов А.А., Ежелев А.В. Технологическое обеспечение трибологических свойств сальниковых шеек деталей машин // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. — 2012. — Т. 14, — № 1(2). — С. 340—343. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_340_343.pdf (дата обращения: 25.08.2014).
2. Ежелев А.В., Бобровский И.И., Лукьянов А.А. Анализ способов обработки поверхностно-пластическим деформированием // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 6 (часть 3). — С. 642—646. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://elibrary.ru/download/99416024.pdf> (дата обращения: 25.08.2014).
3. Ghodake A.P. Effect of burnishing process on behavior of engineering materials / A.P. Ghodake, R.D. Rakhade, A.S. Maheshwari // Nasik. India. 2013. — 20 p.
4. Gowtham V.A. Burnishing process on the crank-shaft material using design of experiments / V.A. Gowtham, V.S. Kumar // Chennai. 2010. — 48 p.
5. Gulhanel U.D. Enhancement of surface roughness of 316L stainless steel and Ti-6Al-4V using low plasticity burnishing / U.D. Gulhanel, S.B. Mishra, P.K. Mishra // Allahabad. India. 2011. — 30 p.

Рисунок Г.6 – Пятый лист статьи

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
Опубликованные работы



ИННОВАЦИИ В НАУКЕ

*Сборник статей по материалам
XXXVI международной научно-практической конференции*

№ 8 (33)
Ноябрь 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск
2014

Рисунок Д.1 – Обложка сборника

**ОБЗОР РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ПОВЕРХНОСТНО-
ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

Лукьянов Алексей Александрович
магистрант, Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти
E-mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

Бобровский Игорь Николаевич
канд. техн. наук, начальник лаборатории, Тольяттинский государственный
университет, РФ, г. Тольятти
E-mail: bobri@yandex.ru

Севостьянов Алексей Сергеевич
магистрант, Тольяттинский государственный университет, РФ, г. Тольятти
E-mail: sevalexy@yandex.ru

**REVIEW OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSING MODES
OF METALS**

Aleksey Lukyanov
undergraduate student, Togliatty State University, Russia, Togliatti
Bobrovskij Igor
Ph.D., chief of laboratory, Togliatty State University, Russia, Togliatti
Sevostyanov Aleksey undergraduate student, Togliatty State
University, Russia, Togliatti

*Проведение научно-исследовательской работы осуществляется при
поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6076.2013.8.*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен зарубежный опыт применения технологии обработки
поверхностно-пластическим деформированием. Рассмотрены оптимальные
режимы обработки. Приведены рекомендации по обработке деталей методами
выглаживания и обкатывания.

ABSTRACT

In this paper, the foreign experience of application of surface plastic deformation
processing technology is considered. The optimal processing modes are considered.
The recommended processing modes for treatment of parts by surface plastic
deformation and ball burnishing methods are given.

Ключевые слова: оптимальный режим обработки; выглаживание; шероховатость; упрочнение.

Keywords: optimal processing mode; burnishing; roughness; hardening.

Качество поверхности является важным фактором, который влияет на сборку, и в целом работу механизма, эстетические показатели механизма и материала. Наиболее важным фактором, влияющим на качество поверхности, является шероховатость [1]. В машиностроении используются различные методы обработки для снижения шероховатости поверхности, такие как: шлифование, хонингование, супер-финиширование и другие методы отделки направленные на снижения шероховатости поверхности [2]. Целью данной статьи является обзор зарубежного опыта применения технологии обработки поверхностно-пластическим деформированием (ППД) для обработки различных сплавов.

Методы ППД имеют сильное влияние на шероховатость поверхности. ППД — это метод холодной обработки, при котором поверхностные неровности уменьшаются под действием силы за пределами текучести материала.

В своей работе автор В.А. Говтхам рассматривает обработку ППД легированной стали En-9 (сталь 55) [4].

На практике были установлены корреляции между следующими параметрами: шероховатость поверхности, микротвердость поверхности, частота вращения заготовки, время обработки и сила прижатия инструмента.

Так, при силе обработки в 300 Н при увеличении времени обработки с 2 до 4 минут шероховатость поверхности увеличивается, тогда как твердость уменьшается. Однако при времени обработки равном 2 минуты при возрастании силы от 300 Н до 400 Н шероховатость и твердость поверхности увеличиваются.

Автором был экспериментально определен оптимальный режим обработки стали En9: частота вращения заготовки: 500 об/мин; силы выглаживания 300 Н;

время обработки 3 мин. При этом шероховатость обработанной поверхности составляет 1,718 мкм, твердость 264,3 Нв.

Авторы П.С. Камбл, В.С. Ядхав рассматривают обработку обкатыванием легированной стали En-8 [6].

Экспериментально было установлено следующие зависимости:

- При увеличении количества проходов увеличивается микротвердость, но ухудшается шероховатость;

- Максимальная твердость достигается при подаче в 0,04 мм/об;

- Твердость увеличивается с увеличением частоты вращения.

Максимальная твердость достигается при частоте вращения 1125 об/мин;

- Твердость уменьшается с увеличением числа проходов. Максимальная твердость достигается при одном проходе.

Следовательно, оптимальный режим обработки ППД стали En9: частота вращения: 1125 об/мин; сила выглаживания 350 Н; время обработки: 2 мин; подача 0,04 мм/об.

При этом режиме шероховатость поверхности составляет Ra0,13 мкм, твердость увеличивается с 337 до 528 Нв.

Автор Кхалид С.Ф. исследовал влияние роликового обкатывания на механические свойства и качество поверхности легированной стали [7]. Результаты экспериментов показали, что напряжение материала было увеличено примерно на 150 МПа. Также роликовое выглаживание имеет положительное влияние на шероховатость поверхности легированной стали.

Авторами А.П. Гходаке, Р.Д. Ракхаде, А.С. Махешвари [3] выполнены исследования по обработке алюминия АД33 методом обкатывания.

На основе их работы сделан вывод, что оптимальные параметры обработки алюминия АД33: частота вращения 250—420 об/мин для ширины ролика 1 мм.

Сила выглаживания свыше 220 Н способна уменьшить шероховатость поверхности на 35 %. Ниже этого значения шероховатость не улучшается пластически. Частота вращения 110 об/мин дает самый высокий результат

увеличения твердости поверхности до 30 %. Однако увеличение силы выглаживания имеет негативное влияние на износостойкость алюминия.

Обкатывание титана Ti-6Al-4V и стали 316L (03X16H15M3) рассмотрено в работе авторов U.D. Gulhane¹, S.B. Mishra, P.K. Mishra [5].

Материал Ti-6Al-4V: получена шероховатость Ra_{0,24} мкм с режимами выглаживания: Частота вращения 900 об/мин, Сила давления 1,9 МПа, диаметр шарика 12 мм, количество проходов — 2.

Материал 316L: получена шероховатость Ra_{0,25} мкм с режимами выглаживания: Частота вращения 900 об/мин, Сила давления 1,9 МПа, диаметр шарика 8мм, количество проходов — 2.

Шероховатость поверхности была значительно снижена, однако после обработки методом ППД титана обнаружены острые кромки, оставшиеся после лезвийной обработки. Это обуславливается высокой твердостью вкраплений в материал.

Авторы Томас Д., Крзыстоф Д. [8] исследовали влияние параметров обкатывания на твердость нержавеющей стали X5CrNiMo17-12-2.

По результатам исследований можно сделать вывод, что твердость поверхностного слоя увеличивается с каждым проходом инструмента, хотя наибольшее увеличение твердости происходит после первого прохода. Начальная твердость материала составляла 240 HV а максимальная твердость была получена после третьего прохода роликом с радиусом при вершине 3 мм и составила 337 HV. Увеличение твердости составило 42,2 %. Наиболее эффективное упрочнение происходит у ролика с радиусом при вершине 3 мм. Это обуславливается тем, что у такого ролика наименьшая площадь контакта с поверхностью материала, следовательно, наибольшая сила давления на материал.

После анализа всех вышеперечисленных источников, полученные результаты были обобщены в таблицу оптимальных режимов обработки методами ППД (табл. 1).

На основании рассмотренных исследований можно оценить изменения в поверхностном слое в процессе выглаживания наружных цилиндрических поверхностей. Таким образом, для наилучшего эффекта упрочнения следует использовать низкую частоту вращения заготовки и радиус скругления при вершине инструмента не более 3 мм.

Таблица 1.

Свойства детали после обработки методами ППД и оптимальные режимы

Материал	Предел прочности пр растяжении (МПа)	Предел текучести (МПа)	Твердость НВ	Ви обработки	Шероховатость Ra (мк)	Прирост твердост %	Частота вращения заготовки ω /мин)	Сила F)	Ко -в рабочих ходов	инструмента
Сталь 55	570	315	167	Выглаживание	1,718	54	500	300	2	
Легированная сталь En8	380	245	270	Обкатывание	0,13	57	1125	350	1	
Алюминий АД33	140	80	80	Обкатывание	0,3	30	400	220	1	
Титан Ti- 6Al4V	835	380	310	Обкатывание	0,24	17	900	420	2	
Сталь 316 L	500	380	179	Обкатывание	0,25	37	900	380	2	
Сталь X5CrNiMo	650	430	223	Обкатывание	0,34	42	560	330	3	

обработки

Список литературы:

1. Бобровский И.Н., Мельников П.А., Бобровский Н.М., Лукьянов А.А., Ежелев А.В. Технологическое обеспечение трибологических свойств сальниковых шеек деталей машин // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. — 2012. — Т. 14, — № 1(2). — С. 340—343.
[Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:

http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_340_343.pdf (дата обращения: 25.08.2014).

2. Ежелев А.В., Бобровский И.Н., Лукьянов А.А. Анализ способов обработки поверхностно-пластическим деформированием // *Фундаментальные исследования*. — 2012. — № 6 (часть 3). — С. 642—646. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://elibrary.ru/download/99416024.pdf> (дата обращения: 25.08.2014).
3. Ghodake A.P. Effect of burnishing process on behavior of engineering materials / A.P. Ghodake, R.D. Rakhade, A.S. Maheshwari // Nasik. India. 2013. — 20 p.
4. Gowtham V.A. Burnishing process on the crank-shaftmaterial using design of experiments / V.A. Gowtham, V.S. Kumar // Chennai. 2010. — 48 p.
5. Gulhanel U.D. Enhancement of surface roughness of 316L stainless steel and Ti-6Al-4V using low plasticity burnishing / U.D. Gulhane1, S.B. Mishra, P.K. Mishra // Allahabad. India. 2011. — 30 p.
6. Kamble P.S. Experimental study of Roller burnishing process on plain carrier of planetary type gear box / P.S. Kamble1, V.S. Jadhav // Maharashtra. India. 2012. — 52 p.
7. Khalid S.F. Effect of roller burnishing on the mechanical behavior and surface quality of O₁ alloy steel / S.F. Khalid // Tafila. India. 2011. — 65 p.
8. Tomasz D.Y. The influence of the burnishing on technological quality of elements of part shipping machines / D.Y. Tomasz, D.V. Krzysztof // Gdynia. Poland. 2010. — 95 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
Опубликованные работы

ЦЕНТР РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ
ПОТЕНЦИАЛ XXI ВЕКА:
СТУПЕНИ ПОЗНАНИЯ**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XXIII Молодежной международной научно-практической конференции

Новосибирск, 5 сентября 2014 г.

Под общей редакцией
кандидата экономических наук С.С. Чернова



НОВОСИБИРСК
2014

Рисунок Е.1 –Обложка сборника

УДК 378.046(063)
ББК 74.580.268я431
И 73

Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания: сборник И 73 материалов XXIII Молодежной международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. – 200 с.

ISBN 978-5-00068-136-7

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Зуб А.Т.**, профессор кафедры Теории и технологий управления Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (г. Москва), доктор философских наук, заслуженный профессор МГУ – *председатель*.
- Чернов С.С.**, заведующий кафедрой Систем управления и экономики энергетики Новосибирского государственного технического университета (г. Новосибирск), руководитель ЦРНС, кандидат экономических наук, доцент – *заместитель председателя*.
- Хечоян Т.Б.**, проректор по международным связям Академии государственного управления Республики Армения (г. Ереван).
- Шервашидзе В.В.**, профессор кафедры Русской и зарубежной литературы Российского университета дружбы народов (г. Москва), доктор филологических наук, профессор.
- Дулесов А.С.**, заведующий кафедрой Информационных технологий и систем Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан), доктор технических наук, доцент.
- Старшинова Н.Н.**, начальник отдела магистратуры, профессор кафедры Педагогического и специального образования Сургутского государственного педагогического университета (г. Сургут), доктор педагогических наук, доцент.
- Широков А.И.**, ректор Северо-Восточного государственного университета (г. Магадан), доктор исторических наук, доцент.
- Буймов А.Г.**, декан Экономического факультета, заведующий кафедрой Экономики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (г. Томск), доктор технических наук, профессор.
- Мингазова Н.М.**, заведующий лабораторией Водных экосистем факультета Географии и экологии, профессор кафедры Прикладной экологии Казанского государственного университета (г. Казань), доктор биологических наук, профессор.
- Шигуров В.В.**, заведующий кафедрой Русского языка Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева (г. Саранск), доктор филологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Республики Мордовия.
- Фатеева Н.М.**, профессор кафедры Медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности Тюменского государственного университета (г. Тюмень), доктор биологических наук, профессор.
- Наумова В.И.**, профессор кафедры «Архитектура и дизайн» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева (г. Усть-Каменогорск), кандидат архитектуры, доцент.
- Гончарова З.Ю.**, доцент кафедры Гуманитарных и социально-экономических дисциплин Военного авиационного инженерного университета (г. Воронеж), кандидат политических наук.

В сборник вошли материалы секций: «Архитектура», «Биологические науки», «Географические науки», «Журналистика», «Искусствоведение», «Исторические науки», «Культурология», «Литература», «Медицинские науки», «Педагогические науки», «Политические науки», «Социологические науки», «Технические науки», «Физико-математические науки», «Экономические науки», «Юридические науки».

Все материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 378.046(063)
ББК 74.580.268я431

ISBN 978-5-00068-136-7

© Коллектив авторов, 2014

Рисунок Е.2 – Выходные данные сборника

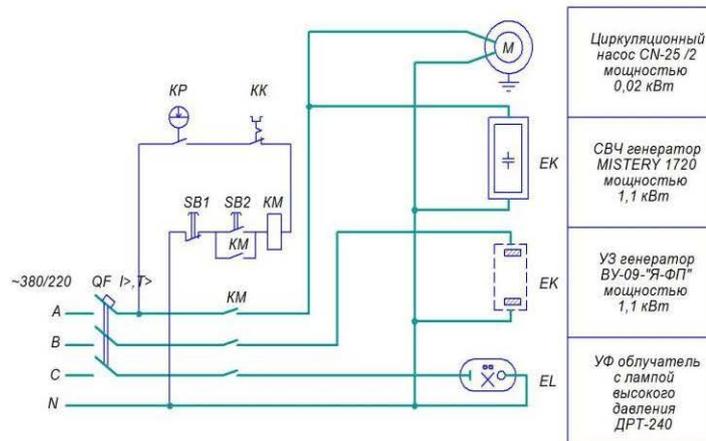


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема управления установкой для обеззараживания молока

Список литературы:

1. Родионова А.В. Технология пастеризации молока комбинированным воздействием электромагнитных излучений разных длин волн / А.В. Родионова, М.В. Белова, Г.А. Александрова, О.В. Михайлова // Вестник ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева». – Чебоксары: ЧГПУ, 2013. – № 2 (78). – С. 122-125.
2. Родионова А.В. Обоснование режимов работы установки для обеззараживания молока / А.В. Родионова, Г.В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2013. – № 4 (80). – С. 46-48.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ШИРОКИМ ПОВЕРХНОСТНО-ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ¹

© Севостьянов А.С.*, Лукьянов А.А.*, Бобровский И.Н.♥

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

В работе выполнено моделирование процесса обработки широким поверхностно-пластическим деформированием в программном ком-

¹ Проведение научно-исследовательской работы осуществляется при поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-6076.2013.8.

* Магистрант.

♥ Магистрант.

♥ Начальник лаборатории, кандидат технических наук.

Рисунок Е.3 – Первый лист статьи

плексе ANSYS на примере коленчатого вала автомобиля Lada Kalina. На основании проведенных исследований было выявлено положительное влияние на микротвердость поверхностного слоя при обработке широким выглаживанием.

Ключевые слова: моделирование, поверхностно-пластическое деформирование, деформация.

В настоящее время численные методы моделирования процессов являются одними из основных инструментов познания в научных и практических исследованиях. Такие модели предназначены для получения новых знаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения систем, слишком сложных для аналитического исследования.

В машиностроении область обработки металлов давлением методами поверхностно-пластического деформирования (ППД) является одной из перспективных областей для внедрения компьютерного моделирования. Обработка методом ППД состоит в силовом контактом взаимодействии деформирующего инструмента на поверхность заготовки в условиях их относительного движения и осуществляется без снятия стружки путем деформирования микронеровностей и прилегающих к поверхности слоев материала [1, 2, 3].

В процессе обработки в поверхностных слоях заготовки возникают напряжения сжатия, образующие остаточные деформации. Степень деформаций зависит от усилия прижима инструмента и радиуса обрабатывающего инструмента. При этом, деформации не должны превышать предельно допустимых значений. Неправильно рассчитанные деформации способствуют снижению прочностных свойств детали и могут привести к ее дальнейшей поломке.

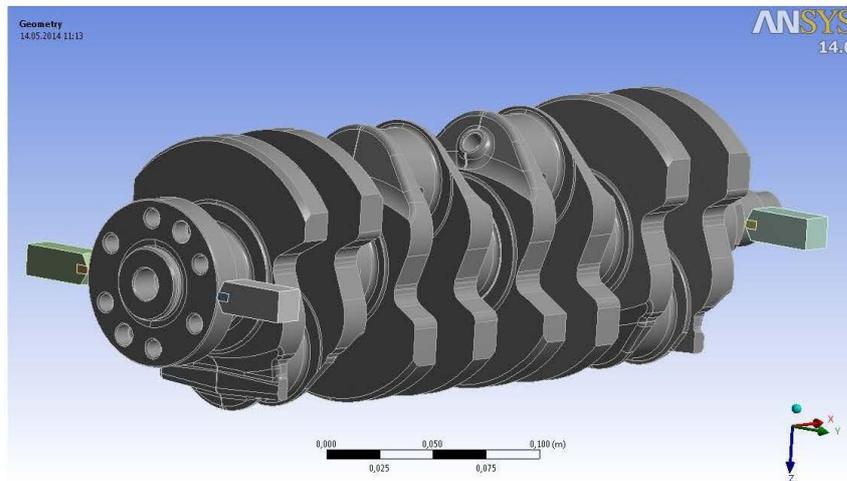


Рис. 1. 3D сборка коленчатого вала с инструментами

Рисунок Е.4 – Второй лист статьи

На предприятии ОАО «АВТОВАЗ» на операции по обработке детали вал коленчатый автомобиля LADA Kalina внедрена обработка методом широкого ППД [4]. Прикладываемые к инструментам усилия составляют 5000 Н, что в 20 раз превышает усилия при классическом выглаживании, поэтому для достижения оптимальных деформаций в металле было выполнено компьютерное моделирование обработки.

Для моделирования использовался программный комплекс ANSYS Workbench. Была создана 3D сборка коленчатого вала с инструментами в программе «Компас 3D» (рис. 1).

Для того чтобы импортировать в ANSYS модель обрабатываемой детали был произведен экспорт модели в формате .STP. ANSYS обладает также собственным графическим редактором, с помощью которого импортируется модель, созданная ранее.

Программа ANSYS работает по методу конечных элементов. Суть метода заключается в разбиении модели на множество элементов с конечными размерами. Исходная модель вала и инструмента была разбита на сетку конечных элементов тетраэдральной формы (рис. 2).

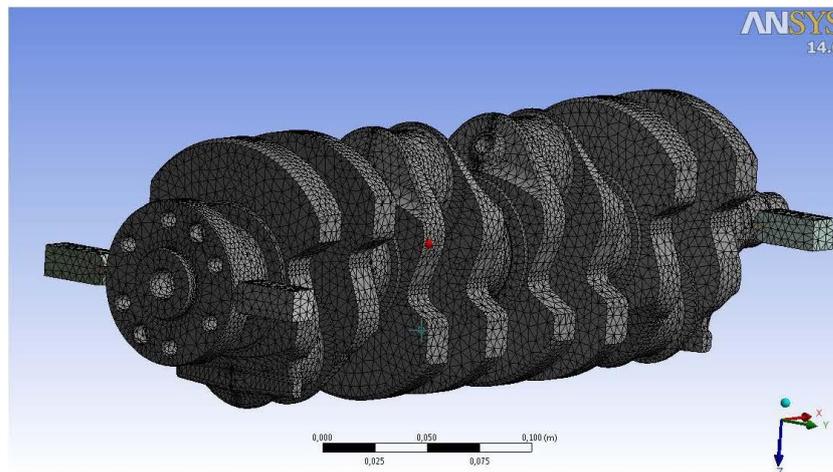


Рис. 2. Разбиение на конечные элементы модели коленчатого вала

Далее были заданы свойства материалов. Материал заготовки – чугун ВЧ75-50-03. Для выполнения моделирования необходимо задание граничных условий. Так как во время выглаживания вал закреплен в центрах и вращается с помощью поводкового патрона, на поверхности центровых отверстий накладываем ограничение движения по осям X, Y, Z, не ограничивая только вращение вала. Инструмент, во время обработки, совершает только движение подачи, следовательно, на него накладываются ограниче-

Рисунок Е.5 – Третий лист статьи

ния движения и вращения по всем осям, кроме оси, вдоль которой совершается подача.

Заключительным этапом является задание усилия при обработке. При выглаживании к инструменту прилагается сила, направленная вдоль оси подачи величиной 5000 Н.

При моделировании была получена картина распределения деформации вала при выглаживании (рис. 3). По требованиям деформация резьбовых отверстий на шейке d80 не должна превышать 0,02 мм. При моделировании обработки деформация составила 0,002, что значительно меньше чем допустимая деформация.

На основании проведенных исследований было выявлено положительное влияние на шероховатость и микротвердость поверхностного слоя при обработке «широким выглаживанием».

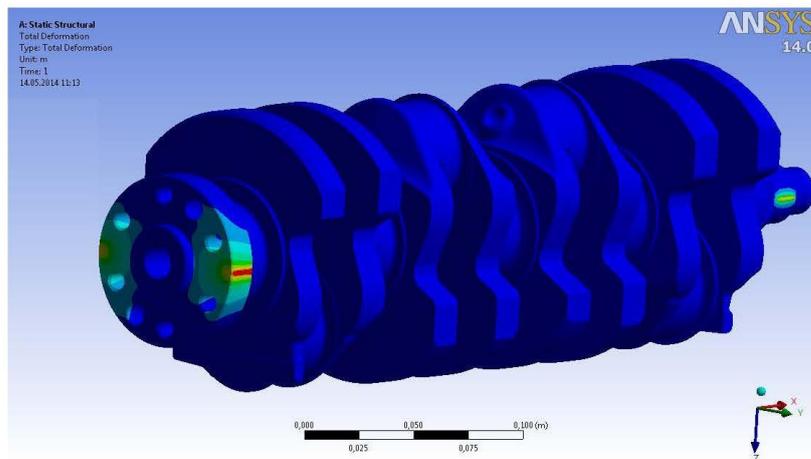


Рис. 3. Картина распределения деформаций при обработке

Список литературы:

1. Бобровский Н.М. Разработка и освоение технологии выглаживания без применения смазочно-охлаждающих технических сред // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2008. – № 10. – С. 236-242.
2. Захаров О.В. Стабильность силового замыкания контакта при бесцентровом шлифовании на неподвижных опорах // СТИН. – 2011. – № 7. – С. 8-10.
3. Бобровский Н.М., Мельников П.А., Бобровский И.Н., Ежелев А.В., Лукьянов А.А. Исследования влияния «зеленой» производственной технологии обработки выглаживанием на пожаробезопасность, экологию и здоровье человека [Электронный ресурс] // Известия Самарского научного цен-

Рисунок Е.6 – Четвертый лист статьи

тра Российской Академии Наук. – 2013. – Т. 15, № 3-6. – С. 1731-1733. – Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_1731_1733.pdf (дата обращения: 04.09.2014).

4. Бобровский И.Н., Мельников П.А., Бобровский Н.М., Лукьянов А.А., Ежелев А.В. Технологическое обеспечение трибологических свойств салыниковых шеек деталей машин [Электронный ресурс] // Известия Самарского научного центра Российской Академии Наук. – 2012. – Т. 14, № 1 (2). – С. 340-343. – Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2012/2012_1_340_343.pdf (дата обращения: 04.09.2014).

Рисунок Е.7 – Пятый лист статьи