

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(наименование кафедры)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения

(профиль)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

На тему: Платовершинное хонингование гильз блока цилиндров двигателя
внутреннего сгорания

| | | | |
|-------------------------|--|-------|------------------|
| Студент | <u>А.В. Савельев</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Научный руководитель | <u>Н.М. Бобровский</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |
| Консультанты | <u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия) | _____ | (личная подпись) |

Руководитель программы д.т.н., доцент Н.М. Бобровский
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)

« _____ » _____ 20 ____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) _____
(личная подпись)

« _____ » _____ 20 ____ г.

Тольятти 2019

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 Анализ состояния вопроса. Платовершинное хонингование гильз блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания..... | 11 |
| 1.1 Спецификация компонентов ДВС и технологии платовершинного хонингования..... | 11 |
| 1.2 Описание технологического процесса платовершинного хонингования..... | 14 |
| 1.3 Критерии качества процесса хонингования..... | 20 |
| 1.4 Образование борозд при хонинговании..... | 21 |
| 1.5 Ориентация борозд при хонинговании..... | 22 |
| 1.6 Угол хонингования..... | 23 |
| 1.7 Качество поверхности..... | 24 |
| 1.8 Исследование качества поверхности цилиндра ДВС под растровым электронным микроскопом и методом световой микроскопии..... | 25 |
| 1.9 Построение операций хонингования..... | 34 |
| 1.10 Краткая характеристика блока цилиндров ДВС..... | 35 |
| 1.11 Улучшение процесса трения цилиндра ДВС..... | 36 |
| 2 Оборудование платовершинного хонингования..... | 39 |
| 2.1 Характеристика оборудования платовершинного хонингования..... | 39 |
| 2.2 Тенденция развития хонинговальных станков за рубежом..... | 42 |
| 3 Краткая характеристика инструмента платовершинного хонингования..... | 46 |
| 3.1 Абразивные бруски..... | 46 |
| 3.2 Абразивный материал..... | 46 |
| 3.3 Зернистость..... | 48 |
| 3.4 Вид связки..... | 50 |
| 3.5 Алмазные бруски..... | 52 |
| 3.6 Зернистость алмазных порошков..... | 54 |
| 3.7 Концентрация алмазов..... | 57 |
| 3.8 Связка..... | 57 |

| | |
|---|----|
| 4 Контрольно измерительного оборудования параметров платовершинного хонингования | 59 |
| 4.1 Характеристика контрольно измерительного оборудования параметров платовершинного хонингования | 59 |
| 4.2 Кривая Аббота..... | 60 |
| 5 Расчет зависимости перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров от усилия, приложенного к штоку в программе САТІА | 62 |
| 5.1 Описание конструкции | 62 |
| 6 Исследование микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС, анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости | 69 |
| 6.1 Материалы и методы | 69 |
| 6.2 Влияние износостойкости инструмента на стандартные параметры шероховатости..... | 70 |
| 6.3 Замеры шероховатости и анализ микрогеометрии в трех точках высоты Н1, Н2, Н3 | 71 |
| 6.4 Анализ влияния износостойкости керамического инструмента с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 на стандартные параметры шероховатости..... | 73 |
| 6.5 Анализ влияния износостойкости керамического инструмента с характеристиками 63СМ28 М9 V на стандартные параметры шероховатости..... | 75 |
| 6.6 Методика оценки и применяемое оборудование..... | 77 |
| 6.7 Оценка параметров шероховатости зеркала цилиндров с использованием керамических брусков различных производителей | 80 |
| 6.8 Сравнении характеристик инструмента двух производителей..... | 81 |
| 6.9 Экономический эффект | 81 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 86 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 88 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 93 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Платовершинное хонингование является одним из быстроразвивающихся и актуальных методов механической обработки. Применяется для окончательной обработки цилиндрических отверстий и режущих поверхностей. Высокопроизводительно и экономически изучено, однако одним из варьируемых факторов в процессе обработки является износ инструмента. Тематика исследования путей повышения износостойкости инструмента, или способов снижения расхода инструмента является актуальной для области ресурсосбережения и в особенности для массового производства, так же актуально и повышение качества изделий машиностроения, которое сопровождается возрастающими требованиями к совершенствованию технологии их изготовления.

Важная роль в решении задач технологического обеспечения качества деталей и изделий принадлежит финишным методам абразивно-алмазной обработки – шлифованию, хонингованию, и др. Среди упомянутых методов обработки широкое применение имеет хонингование преимущественно для окончательной обработки цилиндрических отверстий [1 с. 18].

Привлекательность хонингования объясняется высокой производительностью и технико-экономическими показателями, достаточно обстоятельной его изученностью и опытом применения в технологии металлообработки, наличием соответствующего технологического оснащения – оборудования, инструмента, состава технологических жидкостей. Представляет интерес разработка новых, более совершенных конструкций инструментов хонинговальных головок, абразивных брусков, с более привлекательными характеристиками, в том числе с использованием новых материалов абразивных зёрен, их формой и ориентацией в бруске, новых видов связующих, абразивных брусков [2 с. 25].

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом выполнено значительное количество работ, в которых достаточно полно представлены

различные аспекты исследуемого процесса. Значительный вклад в развитие и изучения метода обработки платовершинного хонингования внесли работы российских ученых С.И. Куликова, Ф.Ф. Ривзанова, В.А. Романчука, С.В. Ковалевского, Н.М. Бобровского, И.Н.Бобровского, А.Н. Табенкина, В.А. Жукова, А.П. Бабичева, Ю.Н. Полянчикова, А.В. Славина, В.М. Шумячера, М.Ю. Полянчикова, Л.В. Гусакова, Волоценко, А.Л. Воронова, С.Г. Бабаева, С.Н. Степанова, А.Н., С.Б. Тарасова, В.М. Давыдова, Ф.В. Новикова, В.Г. Шкурупия, В.Л. Баранова, В.Н. Лаврухина, Н.В. Третьякова, И.Х. Чеповецкого, В.Л.Стрижакова, А.В. Бараболя, а так же зарубежных ученых Ф.Кабанетес (F. Cabanettes), З.Димковского (Z. Dimkovski), Б.Г.Росена (B.-G. Rosén), М. Юсфи (M. Yousfi), С. Мезгани (S. Mezghani), И. Демирси (I. Demirci), М.Е. Мансори (M. El Mansori).

В работах Ф.Кабанетес (F. Cabanettes), З.Димковский (Z. Dimkovski), приведена теория влияния износа инструмента на топографию поверхности и представлены результаты практических исследований, которые проводились на блоке цилиндров ДВС автомобиля Volvo (5 цилиндров). Изучение каждого параметра привело к последующим наблюдениям: средняя ширина и высота канавок остаются неизменными по мере износа инструмента для хонингования. Однако параметр высоты достаточно неустойчив. Плато-хонингование влияет только на верхнюю часть поверхностей. Процесс базового хонингования, отвечающий за форму канавок, является более постоянным в течение изучаемого периода времени. Кроме того, важно заметить, что заданный параметр, представляющий глубину канавок более устойчив, чем эквивалентный стандартный параметр шероховатости S_{vk} . В конечном итоге, по мере износа инструмента, плато-покрытие слегка уменьшается.

Данное наблюдение показывает, что плато имеют больше дефектных неровностей на своей поверхности, например, таких как углубления. Оно также подтверждает наблюдаемые тенденции исходя из анализа стандартных параметров. По мере изнашивания инструмента, абразивные зерна

округляются и во время процесса резки появляются весьма заметные эффекты пропахивания. Только лишь несколько параметров шероховатости могут описывать изменения топографии из-за износа хонинговального инструмента. Наиболее интересные параметры для привязки процесса производства и характеристик - это S_{pk} , S_k . Все они описывают верхнюю зону поверхности. Расположение замеров, по-видимому, не влияет на результаты корреляции между параметрами шероховатости и износом инструмента. По мере износа хонинговального инструмента: интенсивная шероховатость плато и пик (S_k , S_{pk}) указывает на пропахивание, неровности становятся более острыми (S_{sc}). Канавки поддаются незначительному влиянию (S_{vk} и средняя ширина канавки W).

Однако в настоящее время не в полной мере решены вопросы периодичности замены инструмента, и как износ инструмента влияет на параметры шероховатости внутренней поверхности гильзы блока цилиндра, так же отсутствуют практические рекомендации по рациональному использованию инструмента при платовершинном хонинговании (ПВХ), эта проблема представляется малоизученной, требующей дальнейших обстоятельных исследований. Подготовка систематизированного материала по хонингованию является весьма полезным. Это будет способствовать дальнейшему освоению процессов хонингования и внедрению в производство прогрессивных режимов, высокопроизводительных инструментов, оборудования и приспособлений.

Цель работы. Повышение эффективности технологии платовершинного хонингования путем снижения затрат и разработки системы рационального использования инструмента.

Цель будет достигнута при помощи методики оценки параметров шероховатости по кривым Аббота. В результате измерений, при помощи профилографа, будут получены параметры микрогеометрии хонингованной поверхности зеркала цилиндра ДВС в трех координатах каждого цилиндра Н1, Н2, Н3 с привязкой к дате замены инструмента.

Затем, получив результаты, необходимо построить поле фактических значений параметров микрогеометрии. Данное поле будет ограничено верхней и нижней границей кривых Аббота. Получив данную область, станет возможным говорить о влиянии износа инструмента на параметры шероховатости.

Задачи исследований.

1. Провести анализ, выполнить классификацию оборудования, инструмента платовершинного хонингования.
2. Проанализировать зависимость параметров шероховатости от стойкости, периодичности замены инструмента.
3. Выполнить сравнение полученных параметров шероховатости, стойкости и затратам на инструмент при использовании керамических брусков на финишной операции платовершинного хонингования различных производителей.
4. Провести сравнение состава керамических брусков двух производителей.

Объект исследования являются модели и методы платовершинного хонингования, фактические замеры параметров шероховатости со сборочной линии ДВС ПАО «АВТОВАЗ» с привязкой к дате замены инструмента, изображения графической и текстовой информации.

Предмет исследования являются графические модели, анализ влияния износа инструмента двух производителей на параметры шероховатости с момента начала его установки и до момента его отработки, сравнение характеристик инструмента и затраты на 10 000 деталей.

Научная новизна работы: Планируется разработать рекомендации по совершенствованию технологии хонингования в одном из аспектов: технологическом или инструментальном.

Методы и методология проведения исследования.

При диссертационном исследовании использовался метод изучения работ по платовершинному хонингованию российских и зарубежных ученых,

так же проведено наблюдение за параметрами шероховатости в действующем производстве. Именно при наблюдении в действующем производстве, можно сделать практическое исследование, на основе полученных замеров параметров шероховатости и стойкости инструмента, можно выявить преимущества и недостатки метода обработки и используемого материала, и снизить затраты на производство продукции.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту.

1. Сравнительный анализ двух производителей керамического инструмента и зависимость влияния на параметры шероховатости от стойкости, периодичности замены инструмента.

2. Сравнение стойкости и затратам на инструмент на 10 000 деталей, при использовании керамических брусков на финишной операции платовершинного хонингования различных производителей.

3. Сравнение состава керамических брусков двух производителей.

Структура и объем магистерской диссертации.

Диссертация состоит из содержания, введения, шести глав, заключения и списка используемых источников. Основная часть исследования изложена на 114 страницах, содержащих 41 рисунок, 21 таблицу.

В основной части магистерской диссертации приводят данные, отражающие сущность, методику и основные результаты выполненной магистерской диссертации.

Апробация полученных результатов. Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались в рамках следующих конференций: Международная научно-практическая конференция «Методы прогнозирования в технике и технологиях», 20 февраля 2018, г. Тюмень, на Международной научно-практической конференции «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники», 25 февраля 2018, г. Пермь., на Международной научно-практической конференции «Проблемы внедрения результатов инновационных

разработок», 7 февраля 2018, г. Оренбург, на Международной научно-практической конференция «Вопросы современных научных исследований», 3 сентября 2018, г. Омск., на Международной научно-технической конференции «Пайка - 2018» (11-14 сентября 2018, г. Тольятти)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ в ведущих учебных и научных изданиях и издательствах, 1 акт внедрения результатов работы от организации «Аэрокосмические материалы и технологии».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Данная работа посвящена изучению влияния износа инструмента на параметры шероховатости при платовершинном хонинговании.

Магистерская диссертация является комплексной работой и состоит из 6 разделов:

1. Анализ состояния вопроса платовершинное хонингование гильз блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания;
2. Оборудование платовершинного хонингования;
3. Инструмент платовершинного хонингования;
3. Контрольно-измерительное оборудование платовершинного хонингования;
5. Расчет зависимости перемещения хон брусков в хонингуемую поверхность гильзы блока цилиндров от усилия приложенного к штоку с помощью компьютерных технологий сделанный в программе САТІА.
6. Исследование микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС, анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости.

В первом разделе представлен обзор методов получения микрогеометрии зеркала цилиндра. Рассмотрены критерии качества получаемой поверхности, продемонстрированы возможные дефекты поверхностного слоя возникающие при обработке, а так же рассмотрены характеристики блоков цилиндров.

Во втором разделе будет рассмотрено оборудование платовершинного хонингования, тенденция развития хонинговальных станков за рубежом.

В третьем разделе рассмотрен инструмент платовершинного хонингования, виды инструмента, их спецификация и обозначения.

В четвертом разделе рассмотрено контрольно–измерительное оборудование для измерения параметров платовершинного хонингования, а так же сами параметры шероховатости.

В пятом разделе рассчитана зависимость перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров от усилия приложенного к штоку в программе САТІА.

В шестом разделе исследованы параметры микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС, проведен анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости, так же сделан сравнительный анализ керамического инструмента с финишной операции платовершинного хонингования различных производителей по стойкости и затратам на единицу произведенной продукции.

1 Анализ состояния вопроса. Платовершинное хонингование гильз блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания

1.1 Спецификация компонентов ДВС и технологии платовершинного хонингования

Хонингование является процессом финишной обработки, обеспечивающей получение высокой точности размеров, геометрической формы и малой шероховатости обработанной поверхности [3].

Большинство исследований по изменениям шероховатости в производстве строго регламентируются требованиями заказчика и законодательства. Действительно, по влиянию параметров процесса хонингования, таких как: инженеры нацелены на производство двигателей с более низким расходом топлива с поддержанием низкого уровня выбросов. Гильза цилиндра является одним из компонентов двигателя с реальным потенциалом для снижения трения: недавнее исследование Холмберга и др. показали, что поршневая сборка отвечает за 45% потерь на трение в двигателе легковых автомобилей. Одним из решений по снижению трения является улучшение и контроль шероховатости поверхности (например, параметры кривой Аббота) гильз.

Процесс хонингования обычно применяется для получения поверхностей с хорошими функциональными возможностями для контакта кольца/ гильзы (сетчатая модель и тонкие поверхности).

Инструмент для хонингования состоит из ряда хонинговальных брусков, прижимаемых радиально с наружной части. Инструмент создает сетчатую модель путем одновременного вращения и хода внутри гильзы цилиндра для хонингования.

Несмотря на достаточно изученный и контролируемый процесс хонингования, распространения шероховатости по поверхности невозможно

избежать, топографические разбросы все же существуют в глобальных масштабах (разница между блоками цилиндров) и в локальных масштабах (верхняя мертвая точка, средний ход, нижняя мертвая точка гильз).

В большинстве исследований по изменениям шероховатости в производстве основное внимание уделяется влиянию параметров процесса хонингования, таких как:

- время хонингования и давление [7];
- скорости расширения бруска [7];
- размер зернистости [8];
- абразивный тип [20].

В ряде исследований основное внимание уделяется изменениям шероховатости внутри гильзы цилиндров, влияние износа инструмента хонингования исследуется редко, поскольку оно требует серийного производства гильз, что возможно лишь на действующих производственных линиях, когда происходит наблюдение за долгосрочным эффектом.

В литературе наблюдения за шероховатостями гильз цилиндра проводятся на блоках цилиндра производственных линий, образцов, изготовленных лабораторными хонинговальными машинами или на упрощенных хонинговальных испытательных стендах.

Стандартные способы получения нескольких профилей с измерением стилуса в верхней мертвой точке. Проблемы с такими замерах связаны с репрезентативностью результатов.

Возможно проведение наблюдений путем получения изображений при помощи растрового электронного микроскопа, который показан на рисунке 1.1, или замеров 3D-интерферометра (см. рис. 1.2) с целью исследования различных расположений внутри гильз. Однако они требуют резки блоков цилиндра двигателя.

Наблюдения с помощью получения контрольных изображений с помощью камер CCD со сверх чувствительной матрицей все же проводятся

и позволяют обойти деструктивные эксперименты, но стандартная оценка поверхностей не проводится.



Рисунок 1.1 – Растровый электронный микроскоп РЭМ JEOL JSM 6430F



Рисунок 1.2 Лазерный 3D сканер Nicon

Поэтому статистически подробные исследования ограничены. Предлагается сопоставить изменения шероховатости гильз цилиндров из-за износа хонинговального инструмента. Применяется неразрушающий метод скоростного захвата для цели получения 3D-топографий с блоков цилиндров, отобранных с действующей производственной линии.

Конфокальное измерительное оборудование способно сканировать любой участок гильзы цилиндра легковых автомобилей, означая наличие возможности получения статистически достоверных данных для наблюдения за эффектом износа хонинговального инструмента на топографии поверхности гильзы цилиндров [4 с. 5-6].

1.2 Описание технологического процесса платовершинного хонингования

В автомобильной промышленности производство малотоксичных двигателей с оптимизированными характеристиками представляет главную цель.

Текстура поверхности цилиндра значительно способствует функциональным характеристикам двигателя (трение, расход масла, износ и т. д.). Данная текстура разрабатывается тремя фазами суперфинишного процесса хонингования (прецизионное растачивание, черновое хонингование и чистовое хонингование) [5].

Для достижения необходимой структуры и равномерного качества поверхности автоматическое платовершинное хонингование включает в себя две ступени обработки:

- операция прецизионного растачивания;
- последующие операции хонингования.

Обработка производится в три этапа:

1 этап - прецизионное тонкое растачивание.

Задачей этапа является предварительная обработка цилиндров, обеспечение параметров макрогеометрии с целью создания высотных параметров на дальнейших этапах.

Обработка осуществляется режущими пластинами из керамики (стойкость 160 – 190 отверстий).

Величина снимаемого припуска – 0,15 – 0,25 мм.

Скорость резания – 600 м/мин

Время обработки – 10 – 12 сек

Качество поверхностного слоя – $R_z = 4-20$ мкм

2 этап – черновое хонингование.

Задачей этапа является обеспечение равномерности значений R_z и сведение разброса до интервала 12-15 мкм, создание предпосылок для

качественных показателей на операциях получистового и чистового хонингования.

На данном этапе образуются одинаково направленные глубокие следы хонингования, которые уже образуют сетку зеркала цилиндра.

Обработка осуществляется крупнозернистыми керамическими брусками с размером зерен 100-160 мкм.

Величина снимаемого припуска не оказывает существенного влияния на конечный результат и может варьироваться от 0,05 – 0,15 мм.

Скорость резания – 50 м/мин

Время обработки – 25 – 30 сек

Качество поверхностного слоя – $R_z = 12-15$ мкм 11

3 этап – чистовое хонингование.

Задачей этапа является формообразование плато (опорной поверхности) – осуществляется удаление пиков (выглаживание выступов) хонингованной поверхности.

Плато хонингуется в 2 стадии (предварительная и чистовая обработка):

1 стадия - крупнозернистым, мягким хонинговочным бруском с направлением вращения шпинделя вправо.

Скорость резания – 30 м/мин

Время обработки – 15 – 20 сек

Величина снимаемого припуска – 0,015 – 0,025 мм.

Качество поверхностного слоя – $R_z = 10-12$ мкм

2 стадия - мелкозернистым хонинговальным бруском, направление вращения шпинделя обратное (влево).

Обработка осуществляется алмазными хонинговальными брусками с зернистостью до 30 мкм либо керамическими брусками с размером зерен до 320 мкм. При той же скорости резания - время обработки 5-8 сек. (примерно 5-6 рабочих ходов).

Величина снимаемого припуска – 0,005 мм.

Качество поверхностного слоя – $R_z = 7-10$ мкм

С целью достижения наилучшего результата обработки и стабильности качества микрогеометрии профиля отхонингованной поверхности направление вращения шпинделя на всех операциях формообразования поверхности зеркала цилиндра меняется на обратное, что позволяет обеспечить достижение доли открытия графитовых зерен:

- при растачивании до 10-15 %;
- при черновом хонинговании 16-18%;
- при получистовом хонинговании 20-22%;
- при чистовом платохонинговании до 27%.

При применении керамического материала брусков эти показатели могут быть выше при получистовом хонинговании на 35-40%, при чистовом платохонинговании до 50% [6].

Также немаловажную роль для достижения качества применяются системы двойной подачи, когда обе хонинговальные операции, включая изменение направления вращения шпинделя производятся в непрерывной последовательности в одну позицию.

При чистовом хонинговании узкими крупнозернистыми алмазными хонинговальными брусками, например, с размером зерна Д 150 и низкой концентрацией или керамическими хонинговальными брусками, образуются равномерные одинаково направленные хонинговальные следы. При этом снимаемый материал составляет максимально 0,015...0,025 мм.

Во время второй стадии операции убираются пики поверхности после получистового хонингования мелкозернистыми хонинговальными брусками или алмазными брусками с зерном Д 30 за 3—4 рабочих хода с максимальным временем хонингования 5...8 сек. На этой операции образуется профиль "плато".

С целью достижения лучшего эффекта обработки, а также для того, чтобы за счет изменения ориентации графитовых пластин уменьшить отслоения, которые возникают, в частности, при алмазном хонинговании с

высоким давлением прижима, изменяется направление вращения хонинговальных шпинделей в каждой последующей ступени операции.

Из-за неодинакового времени получистового и чистового хонингования целесообразно проводить эти операции друг за другом в одной позиции обработки. Для этого разработаны хонинговальные инструменты с двойной системой подачи, при помощи которой обе хонинговальные операции, включая изменение направления вращения, могут проводиться в неразрывной последовательности. Возможность проводить обе операции за одно зажатие следует рассматривать как дополнительное преимущество данного метода.

С такими системами двойной подачи в настоящее время на хонинговальных станках, рассчитанных соответствующим образом, проводятся экономично другие хонинговальные операции, отличающиеся от "плато"-хонингования [7, с. 113].

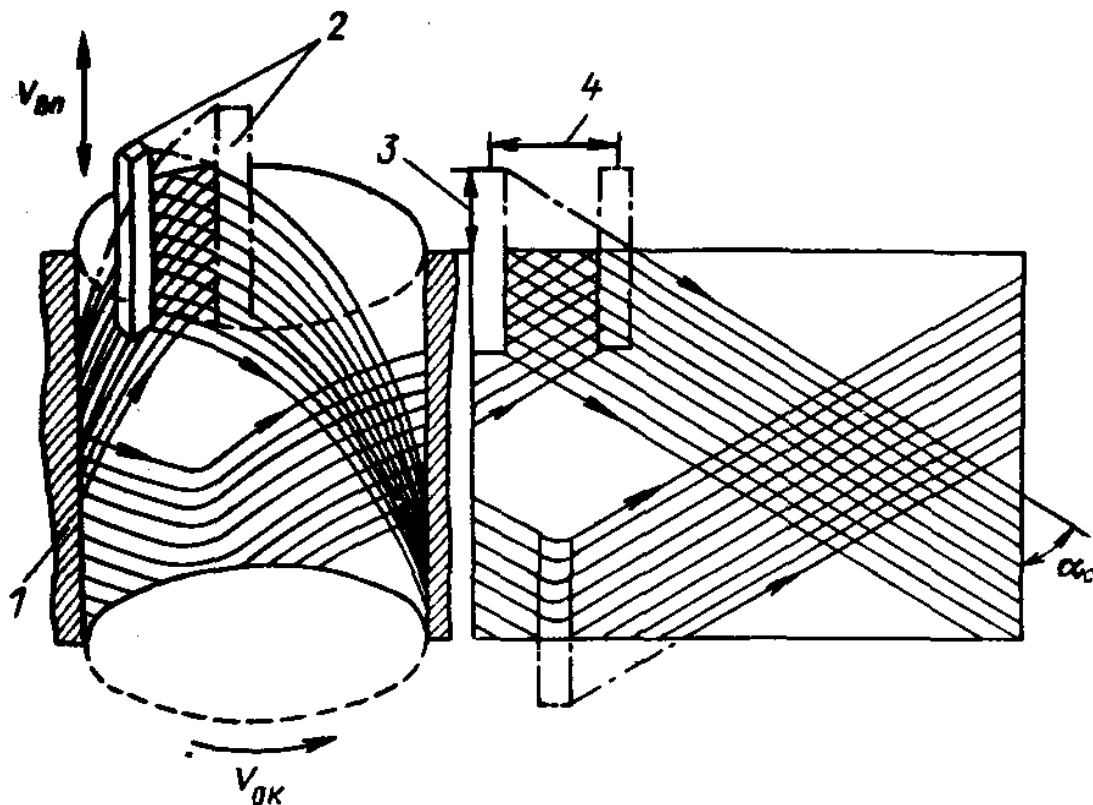
Для достижения точности по размерам с помощью автоматических измерительных устройств момент переключения с получистового плато-хонингования на чистовое плато-хонингование выбирается таким образом, что при достижении нижней границы заданного допуска на обработку включается вторая система подачи.

Чистовое "плато"-хонингование производится в таком случае по автоматике регулировки времени или по счетчику ходов.

Сам процесс переключения происходит в доли секунды, таким образом хонинговальный инструмент постоянно находится в движении в отверстии и при этом не возникает неконтролируемой фазы в процессе хонингования.

На рисунке 1.3 показано «развитие» шероховатости поверхности зеркала цилиндра в процессе отдельных операций обработки.

производится либо непрерывно, под воздействием постоянного усилия, либо периодически, на каждый двойной ход хонинговальной головки [8, с.59].



1 - деталь; 2 - брусок; 3 - перебег; 4 - перекрытие ($V_{ок}$ - окружная скорость, $V_{вп}$ - скорость возвратно-поступательного движения, α_c - угол сетки)

Рисунок 1.4 – Схема рабочего движения хона [8, с. 59].

В отличие от шлифования, при котором контактная поверхность составляет незначительную часть рабочей поверхности круга, при хонинговании брусок постоянно соприкасается с деталью по всей рабочей поверхности, причем в начальный момент времени брусок прирабатывается к обрабатываемой поверхности. Такой контакт пары брусок — заготовка способствует повышению производительности обработки и точности формы деталей. Давление при хонинговании на поверхности контакта бруска с деталью составляет 0,1—1 МПа, что в 10—100 раз меньше, чем давление при шлифовании. Скорость резания при обработке брусками 10—100 м/мин, т. е.

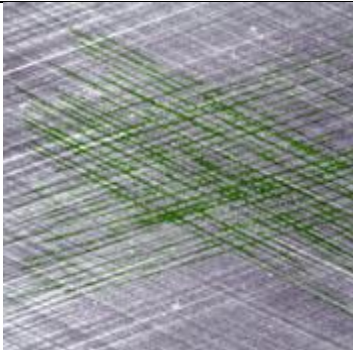

в 15–100 раз ниже, чем при шлифовании. В результате при хонинговании тепловыделение в зоне обработки значительно ниже, чем при шлифовании, а контактная температура не превышает 150—200° С. Таким образом, отсутствуют физические причины образования в поверхностном слое микротрещин и прижогов, а также остаточных напряжений растяжения» [8, с. 60].

1.3 Критерии качества процесса хонингования

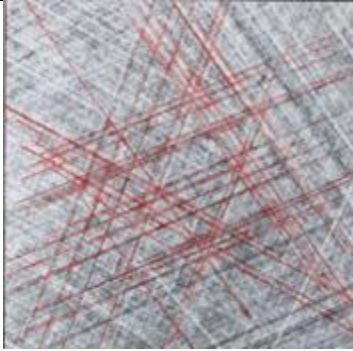
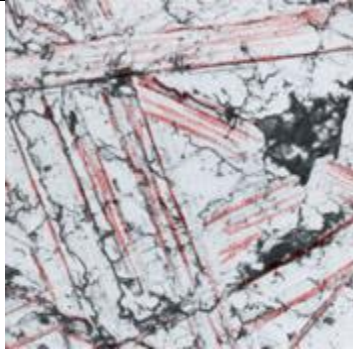
К обработанной поверхности зеркала цилиндра блока ДВС в соответствии с функциональным назначением предъявляется ряд технологических требований:

- для поверхности зеркала цилиндра допуск цилиндричности 1 мкм, волнистость менее 0,2 мкм, нецилиндричность и непрямолинейность образующей менее 2—5 мкм, соблюдение угла хонингования 40° – 80°. Отсутствие дефектного слоя металла (структурно-фазовых изменений, напряжений растяжения, микротрещин), определенные значения параметров формы микронеровностей и опорной поверхности все это оказывает влияние на всю дальнейшую работу двигателя внутреннего сгорания, равномерность хонингования и основные виды и причины дефектов показаны в таблице 1.1 [8].

Таблица 1.1 – Равномерность хонингования и основные виды и причины дефектов

| | | |
|---|---|--|
| Внешний вид поверхности должен быть отчетливым, однородным, и чистым. |  <p data-bbox="738 1935 967 1966">Увеличение 15:1</p> |  <p data-bbox="1165 1935 1393 1966">Увеличение 80:1</p> |
|---|---|--|

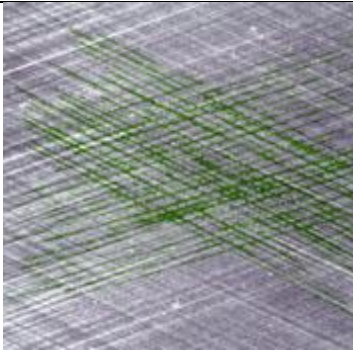
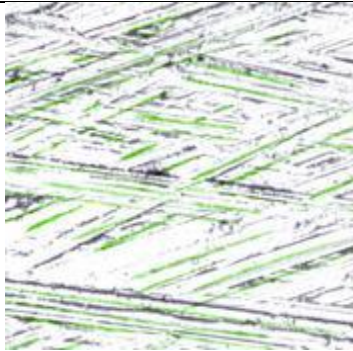
Продолжение таблицы 1.1

| | | |
|--|--|---|
| <p>Дефекты: Неодинаковый угол хонингования, неравное расстояние между бороздками; матовая внешняя поверхность</p> |  <p>Увеличение 15:1</p> |  <p>Увеличение 100:1</p> |
| <p>Возможные причины дефектов</p> | <p>-Несоответствующее состояние инструмента -недостаточно закреплена деталь -многократное повторение процесса хонингования различными брусками и с разной скоростью.</p> | |
| <p>Следствие выявленных дефектов</p> | <p>Недостаточное распределение смазки, вибрирование колец - плохая смазка, быстрый износ колец.</p> | |


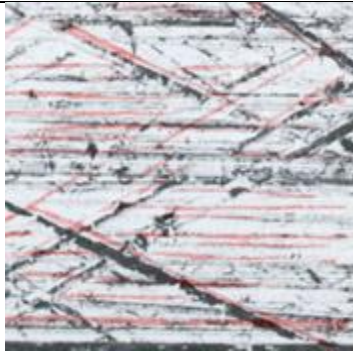
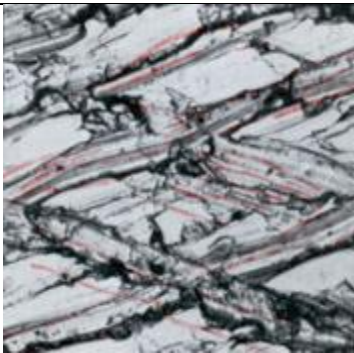
1.4 Образование борозд при хонинговании

В таблице 1.2 показано образование борозд при хонинговании при соответствии всем требованиям, а также основные виды дефектов и их причины.

Таблица 1.2 – Образование борозд при хонинговании

| | | |
|---|---|---|
| <p>Края борозд должны быть чистыми и четкими, ширина борозд должна быть одинаковой, не слишком большой (максимум - 0,1 мм).</p> |  <p>Увеличение 15:1</p> |  <p>Вид под наклонным освещением Увеличение 80:1</p> |
|---|---|---|

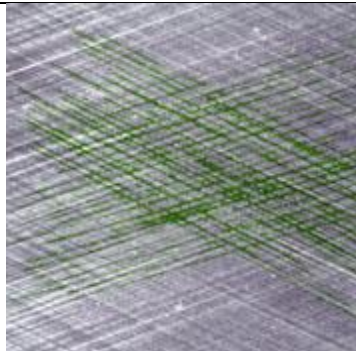

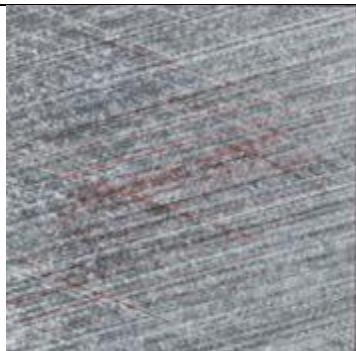
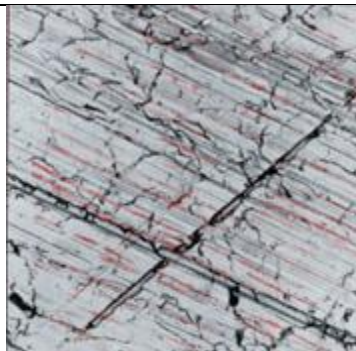
Продолжение таблицы 1.2

| | | |
|--|---|---|
| <p>Дефекты: Слишком густая или слишком редкая перекрестная штриховая сетка; очень тонкие или недостаточно глубокие, нечеткие бороздки.</p> |  <p>Увеличение 15:1</p> |  <p>Увеличение 100:1</p> |
| <p>Возможные причины дефектов</p> | <p>Недостаточная толщина заготовки для хонингования -давление бруска слишком мало, образуется низкая зернистость поверхности -слишком жесткая связка при шлифовании -местами напряженные зоны.</p> | |
| <p>Следствие выявленных дефектов</p> | <p>Необходима обкатка, кольца вибрируют или сцепляются, распределение смазки недостаточно, быстрый износ колец и кольцевых выемок, опасность появления дорожек, склонность к истиранию</p> | |
| <p>Дефекты: бороздки слишком широки и волнисты, что влечет за собой избыточную смазку, края борозд загнуты и загрязнены.</p> |  <p>Увеличение 100:1</p> | |
| <p>Возможные причины дефектов</p> | <p>Хонинговальный брусок с кубическими мягкими гранулами, которые очень быстро изнашиваются, отделяются, брусок затупляется, скорее давит, чем режет; смазка при этом загрязняется.</p> | |
| <p>Следствие выявленных дефектов</p> | <p>Быстрый абразивный износ рабочей поверхности колец и цилиндра; плохая смазка (неиспользованное масло вытекает); большой перерасход масла, недостаточная смазка, склонность к появлению дорожек и образованию коррозии.</p> | |

1.5 Ориентация борозд при хонинговании

В таблице 1.3 показано ориентация борозд при хонинговании при соответствии всем требованиям, а также основные виды дефектов и их причины.

Таблица 1.3 – Ориентация борозд при хонинговании

| | | |
|---|---|---|
| <p>Равномерная нарезка на протяжении всего хода бруска вверх и вниз.</p> |  |  |
| <p>Дефекты: Отсутствие эффекта перекрестной сетки, неравномерное расстояние между бороздками.</p> |  |  |
| <p>Возможные причины дефектов</p> | <p>Плохое качество инструмента неправильное центрирование бруска, изношенность соединений станка, плохо закреплена деталь, неодинаковый ход при неоднократном хонинговании.</p> | |
| <p>Следствие выявленных дефектов</p> | <p>Необходима обкатка, недостаточная смазка, кольца очень сильно вращаются, быстрый износ колец и кольцевых выемок, перерасход масла и т.д.</p> | |

1.6 Угол хонингования

Соблюдение угла хонингования при обработке поверхности зеркала цилиндров имеет очень важное значение для дальнейшей работы ДВС. В соответствии с различными методиками оценки качества угол может варьироваться от 40 до 80 градусов.

- слишком большой угол более 60° возникает при неправильном соотношении между скоростью поступательного движения вдоль оси и угловой скоростью вращения, брусок движется слишком быстро, шпиндель вращается слишком медленно, вследствие чего потребуются длительная обкатка, из-за насосного эффекта будет наблюдаться перерасход масла в то

время как будет осуществляться плохая смазка, на поршневых кольцах будет наблюдаться образование дорожек;

- слишком малый угол, менее 30° будет наблюдаться в том случае если брусок движется слишком медленно, а шпиндель вращается слишком быстро. Следствием этому при работе ДВС будет наблюдаться вибрация поршневых колец, соответственно их быстрый износ, износ их посадочных мест, плохое распределение масла - недостаточная смазка [9].

1.7 Качество поверхности

Микрогеометрические критерии шероховатости поверхности определяются на основе кривой Аббота – длина опорной поверхности; показатель несущей способности.

Отклонения качества поверхности, которые могут оставаться и после финишной операции:

- задиры металла, области наклепа или отслоения, которые представляют собой поверхностный наклеп, вызванный, главным образом, плохим резом чистовых резцов;

- качество рисок для маслоудержания, которые могут быть перекрещивающимися или однонаправленными;

- плосковершинные риски, которые могут присутствовать или отсутствовать;

- наличие посторонних рисок;

- выхваты материала, возникшие по причине пор, усадочных раковин, пластинчатого графита или вызванные не правильным режимом резания чистовыми резцами.

Угол, сформированный двумя секущимися рисками, должен быть $50^\circ \pm 5^\circ$, Риски должны быть симметричными относительно оси, перпендикулярной цилиндру (рисунок 1.5) [10;11].

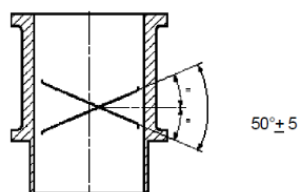


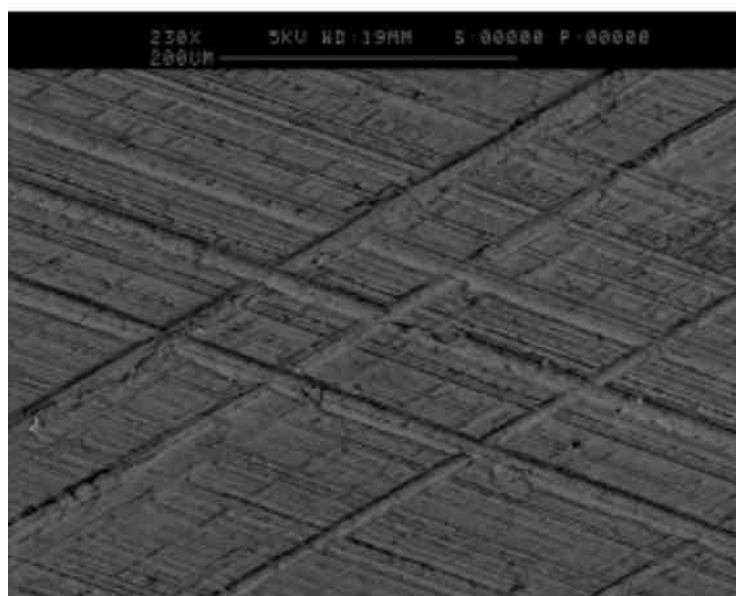
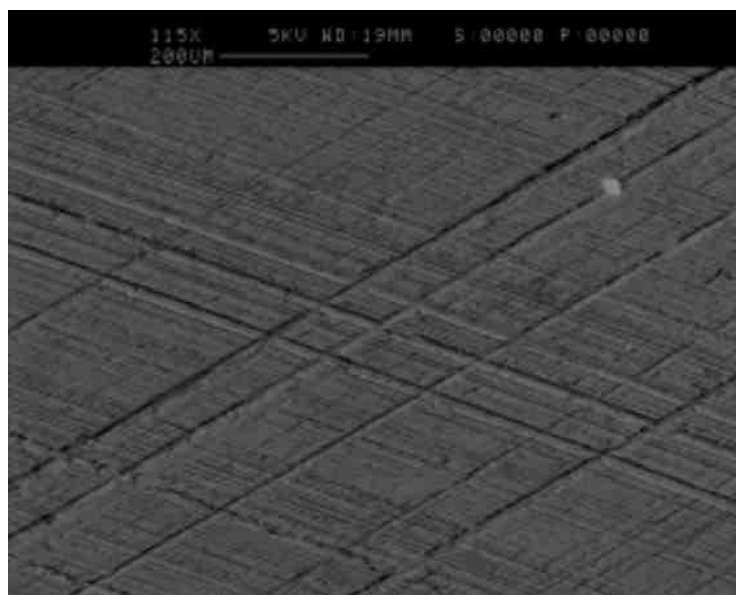
Рисунок 1.5 – Угол хонингования

Угол между хонинговыми канавками, перпендикулярными оси цилиндра, называется перекрестным углом. Данный угол получается после нескольких стадий: во-первых, грубое хонингование - на второй стадии, называемой финишным хонингованием основных поверхностей, - создается с заданным перекрестным углом, и затем конечная стадия, согласующая различный угол хонингования [12].

Угол хонингования считается существенным с функциональной точки зрения, например, он связан с двигателем потреблению масла. Эксперты полагают, что потребление масла может быть уменьшено путем увеличения хонинговального угла. После применения гидродинамического контактного моделирования между поршневым кольцом и гильзой цилиндра было установлено, что углы хонингования в диапазоне 40-55 градусов дают минимальный коэффициент трения [13].

1.8 Исследование качества поверхности цилиндра ДВС под растровым электронным микроскопом и методом световой микроскопии

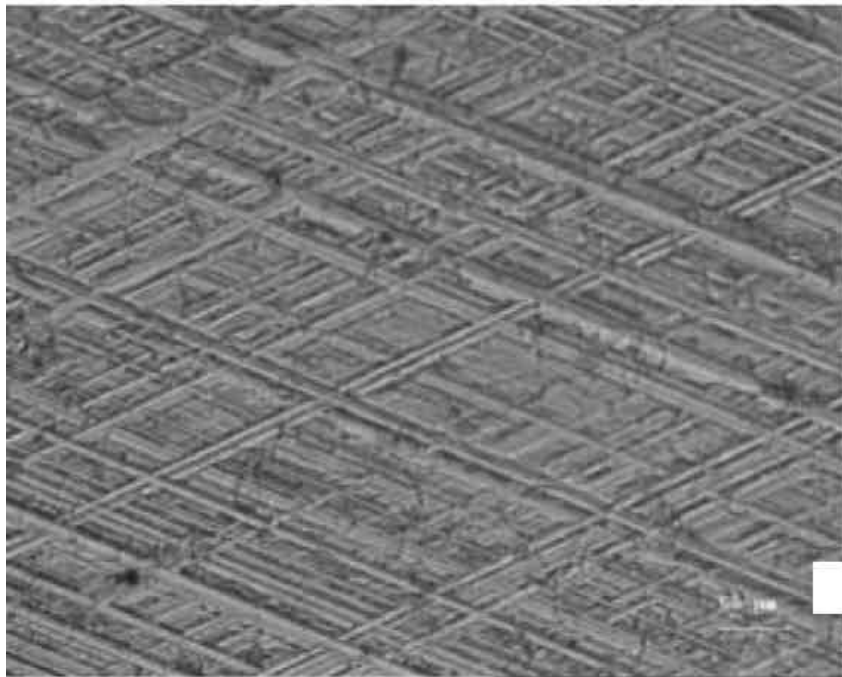
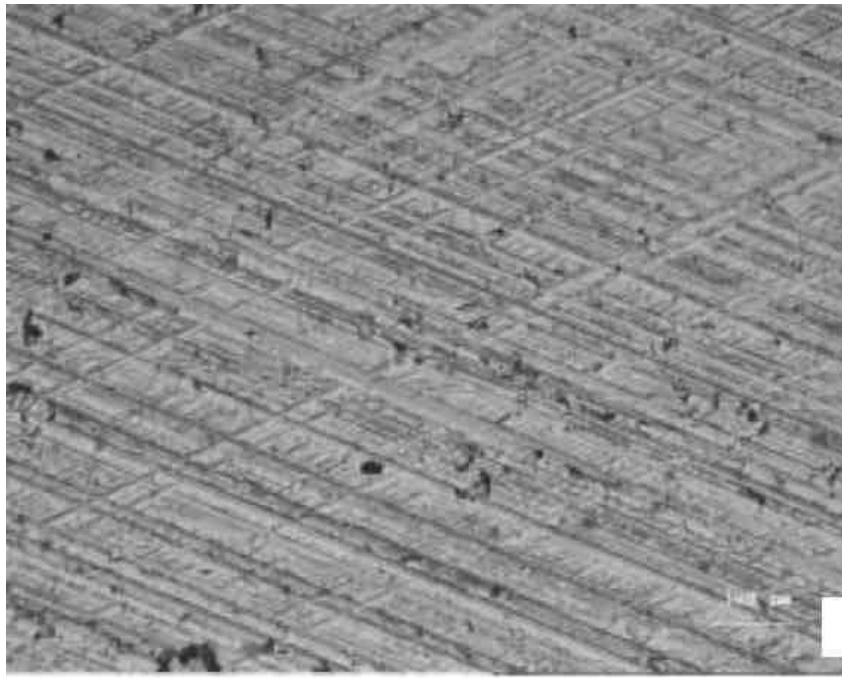
Исследование качества поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 1 показан на рисунке 1.6 хорошо пересекающиеся и хорошо выраженные хонинговальные риски «Языки отсутствуют».



X 200

Рисунок 1.6 – Качество поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 1

Исследование качества поверхности Тип 1 методом световой микроскопии на рисунке 1.7 показывает хорошо пересекающиеся и хорошо выраженные хонинговальные риски «Языки отсутствуют».

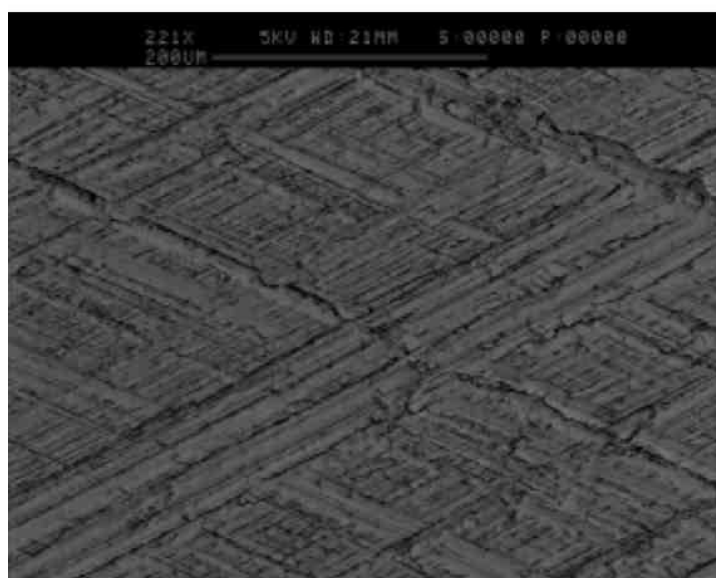
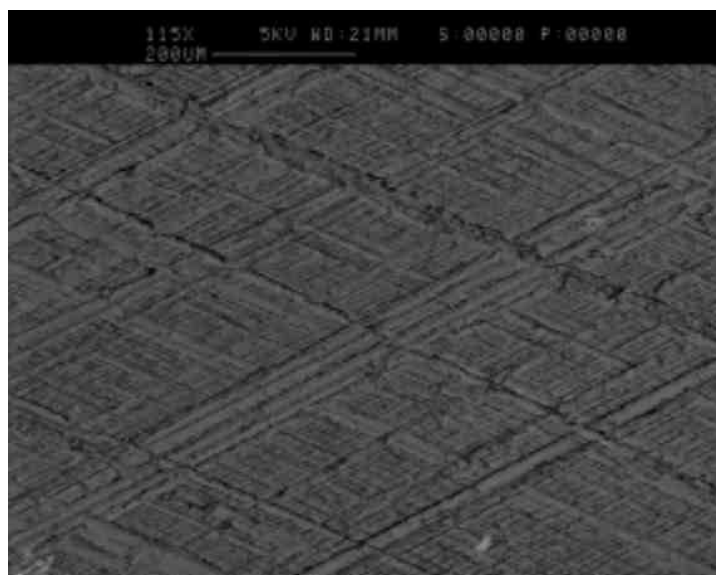


X 200

Рисунок 1.7 – Качество поверхности методом световой микроскопии Тип 1

Исследование качества поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 2 на рисунке 1.8 показывает:

- выраженные хонинговальные риски, наличие «языков» металла размером больше или равным размеру маслоудерживающих рисок.

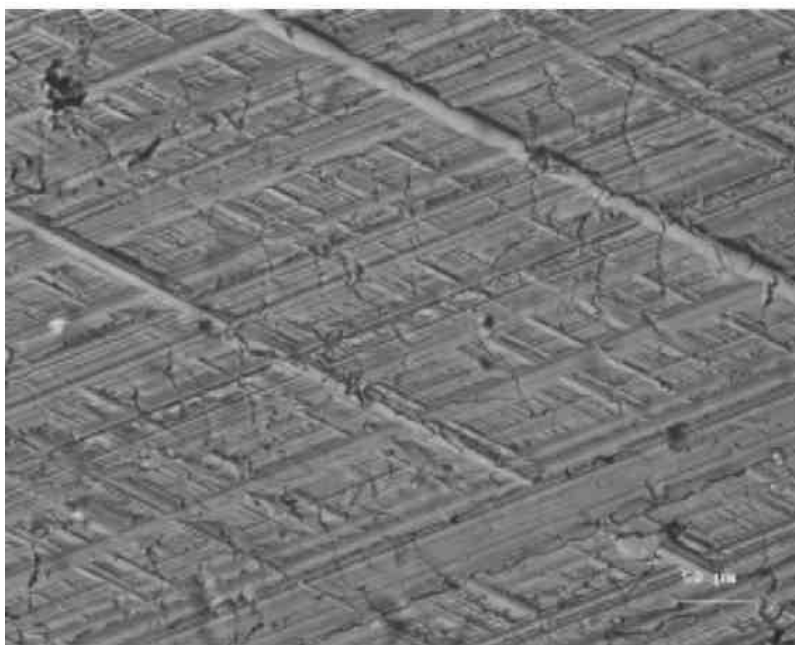


X200

Рисунок 1.8 – Качество поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 2

Исследование качества поверхности Тип 2 методом световой микроскопии на рисунке 1.9 показывает:

- выраженные хонинговальные риски, наличие «языков» металла размером больше или равным размеру маслоудерживающих рисок.



X 200

Рисунок 1.9 – Качество поверхности методом световой микроскопии Тип 2

Исследование качества поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 3 на рисунке 1.10 показывает:

- выраженные хонинговальные риски; наличие «языков» металла размером больше или равным размеру маслоудерживающих рисок.

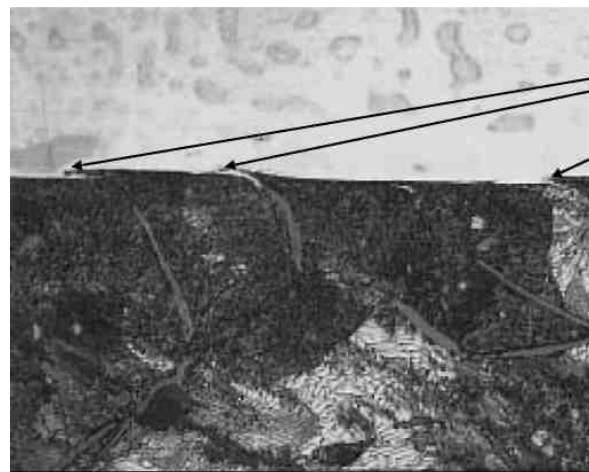
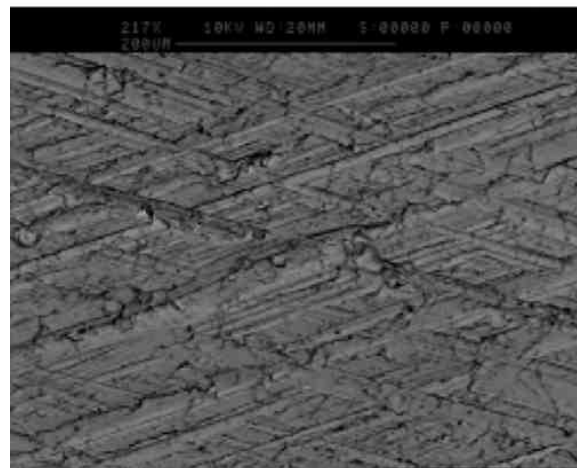
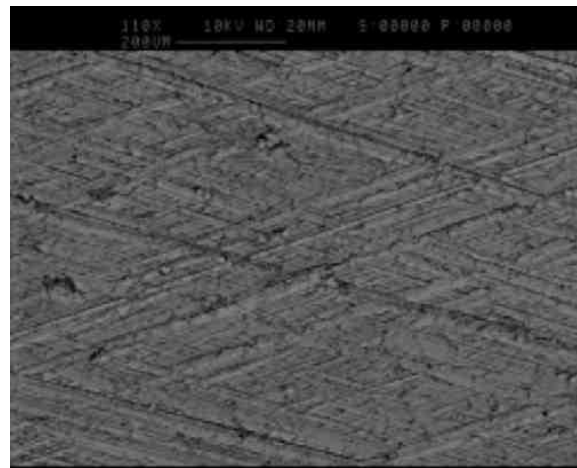
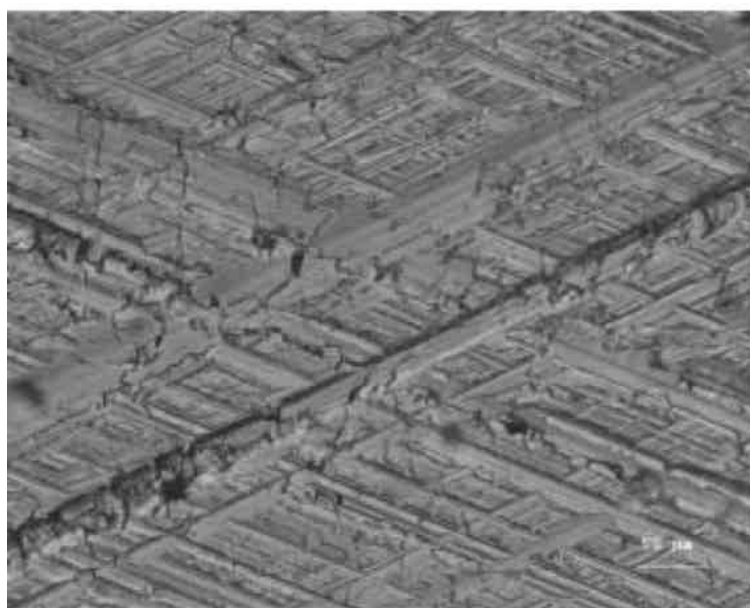
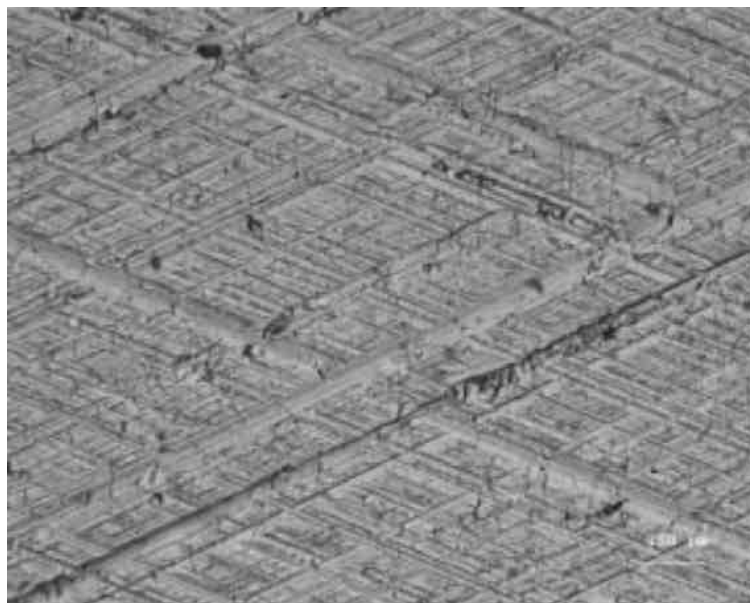


Рисунок 1.10 – Качество поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 3

Исследование качества поверхности методом световой микроскопии Тип 3 на рисунке 1.11 показывает:

- хонинговальные риски не четко выражены; многочисленные языки металла по своим размерам явно превосходят размеры рисок для маслоудержания.

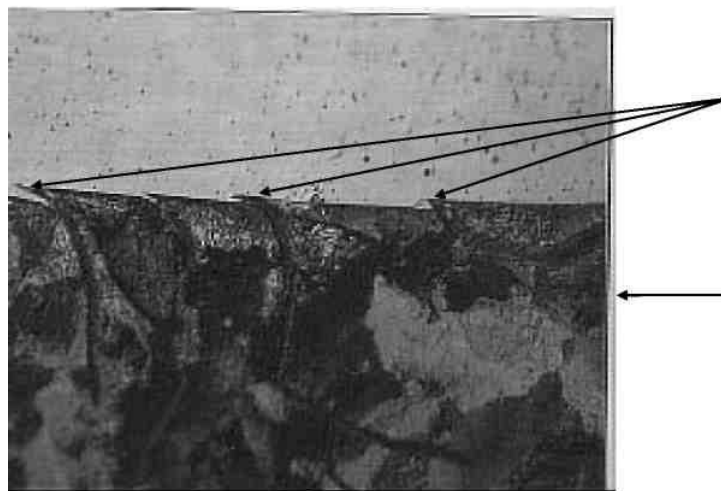
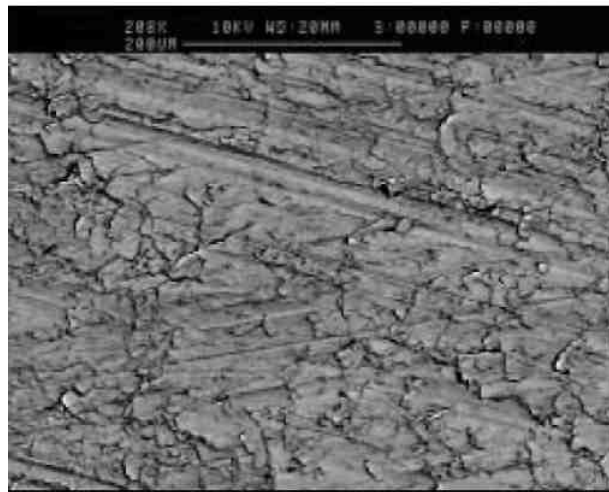
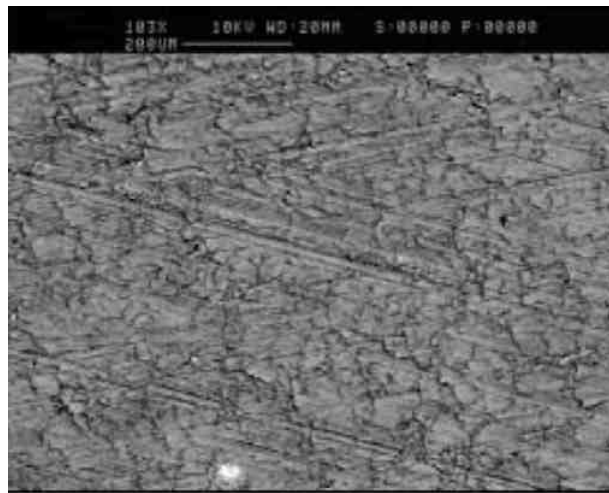


X 200

Рисунок 1.11 – Качество поверхности методом световой микроскопии Тип 3

Исследование качества поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 4 на рисунке 1.12 показывает:

- хонинговальные риски не четко выражены и перекрываются; поверхность покрыта языками.

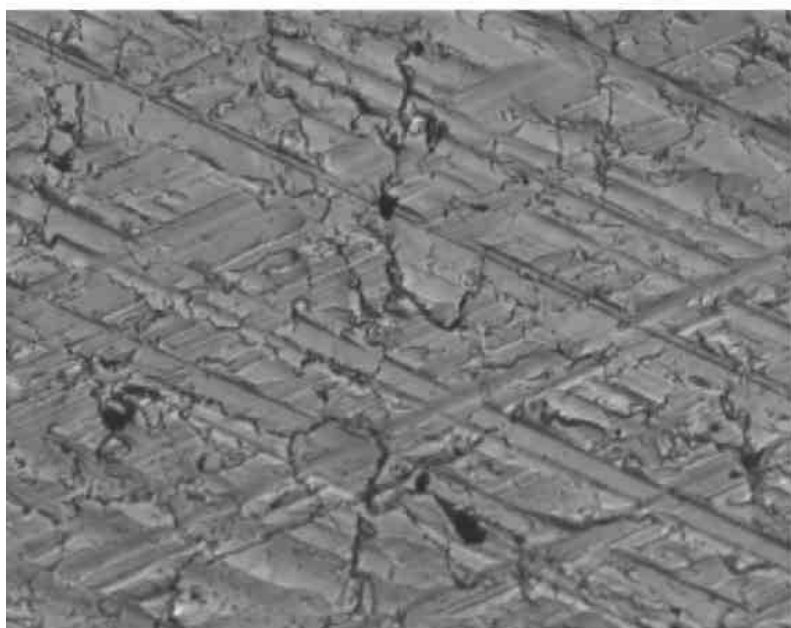
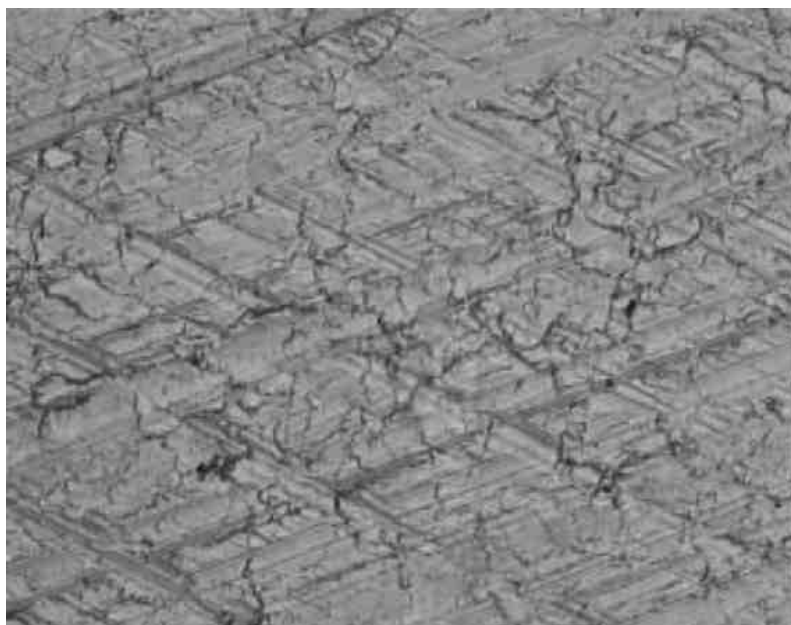


X 1000

Рисунок 1.12 – Качество поверхности под растровым электронным микроскопом Тип 4

Исследование качества поверхности Тип 4 методом световой микроскопии на рисунке 1.13 показывает:

- хонинговальные риски не четко выражены и перекрываются;
поверхность покрыта «языками»



X 200

Рисунок 1.13 – Качество поверхности методом световой микроскопии Тип 4

На рисунке 1.14 показаны примеры вырывов материала



Рисунок 1.14 Вырыв металла

Контроль шероховатости и качества поверхности должен осуществляться согласно плана контроля [14, 15].

1.9 Построение операций хонингования

Разработка технологического процесса хонингования включает определение числа операций, выбор характеристик хонинговальных брусков и режима обработки, включая подбор смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). В зависимости от требований обработки заготовок операции хонингования делятся на предварительные (черновые), получистовые, чистовые и отделочные.

Предварительное хонингование предназначено для снятия значительных припусков (до 0,6 – 0,8 мм) и исправления погрешности формы отверстия. Получистовое хонингование при достаточном объеме обрабатываемого материала (до 0,1 мм) предусматривает получение обрабатываемой поверхности с шероховатостью до $Ra=0,63$ мкм и заданной точности формы отверстия. Чистовое хонингование предназначено для

улучшения качества обрабатываемой поверхности (до $R_a=0,08$ мкм). Отделочное хонингование применяется с целью получения поверхности шероховатости (до $R_a=0,04$ мкм). Необходимая точность размера и форма обрабатываемого отверстия должны быть обеспечены на предшествующих операциях хонингования [16].





1.10 Краткая характеристика блока цилиндров ДВС

В настоящее время в серийном, массовом производстве, в автомобильной промышленности широко применяется обработка деталей ПВХ для изготовления блока цилиндров из чугуна и алюминия. При изготовлении деталей предъявляются высокие требования к точности и качеству поверхности. В таблице 1.4 представлены характеристики блоков цилиндров [17;18].

Таблица 1.4 – Характеристики блока цилиндров

| Блок цилиндров «Рено» | Блок цилиндров «АВТОВАЗ» |
|--|--|
| 1 | 2 |
| <p>Модель автомобиля: устанавливается на переднеприводные автомобили. Материал: алюминий. Диаметр цилиндра: 78,00 мм Вес: н/д Характеристика: Объем 1.6 Л.</p> | <p>Модель автомобиля: устанавливается на переднеприводные автомобили. Материал: чугун. Диаметр цилиндра блока: 82,00мм. Вес: 34 кг Характеристика: Объем: 1.6 Л.</p> |
|  |  |

Продолжение таблицы 1.4

| 1 | 2 |
|---|---|
|  |  |
|  |  |

1.11 Улучшение процесса трения цилиндра ДВС

Потери на трение при контакте поршня с отверстием цилиндра являются основными источниками механических потерь в двигателе внутреннего сгорания. Традиционное плато-хонингование образует относительно шероховатую поверхность расточки гильзы блока цилиндров с множеством канавок для маслоудержания и плато-поверхностями, обычно имеющими микрошероховатости, что побуждает механическое трение выступать в позиции опорной поверхности. Гладкая отшлифованная облуненная поверхность будет идеальной для достижения низкого уровня трения и износа в цилиндре.

Все большее значение для производителей двигателей приобретает улучшение показателей уровня выбросов и эффективности также и малых двигателей. В недавнее время оформлен период действия первичных обязательств Киотского Протокола (2008-2012), по которому страны-участницы обязаны сократить общие выбросы CO₂ от уровня 1990 года на последующую декаду, в соответствии с соглашением. Период вторичного действия обязательств (2013-2020 годы) предусматривает дальнейшие сокращения выбросов CO₂ и, соответственно, подтолкнет разработчиков

“зеленого” двигателя к поиску дополнительной эффективности в механосборочных и автомобильных производствах.

Вышеизложенное, в свою очередь, побудило производителей автомобилей внимательно рассмотреть использование алюминия в качестве материала для блока цилиндров с целью дальнейшего снижения массы, экономии топлива и сокращения выбросов CO₂ в производственном процессе. Другие внедренные усовершенствования включают в себя улучшенные системы заправки топливом, улучшенные конструкции головки двигателя и изменения, направленные на уменьшение механического трения в цилиндре, такие как использование поверхностей меньшего размера, а также расточных поверхностей цилиндра с низким коэффициентом трения.

Сокращение механических потерь в цилиндре является ключевым фактором в повышении его эффективности. Кроме того, энергия, затрачиваемая на нагрев двигателя, а также отработанные выхлопные газы, вторая по величине потеря энергии, связаны с механическим трением в двигателе, особенно в поршневом узле.

Таким образом, улучшения в данной сфере будут в наибольшей степени способствовать улучшению общей топливной экономичности ДВС. Алюминий, особенно в виде его различных силикатных сплавов - легкий металл, обладающий оптимальными соотношениями прочности и массы и, обнаружил применения во многих областях инжиниринга. В области двигателей внутреннего сгорания, наблюдается возрастающая тенденция к использованию алюминия в качестве основного материала для производства блоков двигателей. Алюминий либо заливается вокруг чугунной гильзы, либо применяется как таковой для формирования блока цилиндров. Эвтектический силикатный сплав алюминия А390 имеет оптимальное соотношение прочности и массы и обладает оптимальными характеристиками износа благодаря своему высокому содержанию силиката, предотвращающему износ после того, как алюминий вытравлен, выставляя силикат как опорную поверхность. В сочетании с хонингованием

поверхности для создания решетчатой модели в расточной поверхности цилиндра выступает метод, в настоящее время применяемый в изготовлении малых ДВС для использования, например, в триммерах, цепных пилах, малых генераторах и других универсальных двигателях [19].

2 Оборудование платовершинного хонингования

2.1 Характеристика оборудования платовершинного хонингования

Процесс хонингования осуществляется на хонинговальных станках, которые изготавливает станкостроительный завод им. Ленина в г. Стерлитамаке, завод фрезерных станков им. С.М. Кирова, станкостроительный завод им. Ленина в г. Одессе, Краснореченский завод им. Фрунзе, так же в процессе хонингования применяют станки зарубежных фирм Наумберг (Германия), Нагель (Германия), Микроматик (США), Герлинг и др. По числу шпинделей хонинговальные станки делятся на одношпиндельные и многошпиндельные, последние изготавливают с числом шпинделей 2, 3, 4 и более. По расположению оси шпинделя различают вертикально и горизонтально-хонинговальные станки. Основную часть хонинговальных станков выпускают с вертикальным шпинделем.

Горизонтальные хонинговальные станки применяют для хонингования глубоких отверстий, а так же малых и длинных (отверстия в деталях топливной аппаратуры и др.) В зависимости от технологического назначения различают универсальные и хонинговальные станки. Значительная часть серийных универсальных станков – одношпиндельные. Многошпиндельные станки обычно изготавливают по специальному заказу. Специальные одношпиндельные и многошпиндельные станки используют для обработки деталей при крупносерийном или массовом производстве. В качестве примеров можно назвать следующие модели: СС 250 для хонингования гильз двигателя внутреннего сгорания, имеющий автоматический поворотный стол. Подобный же станок модели СС 210 имеет наладки для обработки деталей типа шестерен и шатунов. Эти станки выпускает станкозавод им. Ленина в г. Стерлитамак. Завод фрезерных станков им. Кирова в г. Одесса выпускает двухшпиндельные станки моделей 3820-2, 3821-2 и 3822-2 на базе одношпиндельных станков моделей 3820, 3821 и 3822. На базе этих же станков изготавливают двухколонные четырехшпиндельные станки с

угловым расположением колонн и поворотным столом. Основная часть этих станков спроектирована для абразивного хонингования.

На многих предприятиях они успешно применяются и для алмазного хонингования. Однако более высокая эффективность алмазного хонингования достигается в том случае, когда станок имеет жесткую автоматически регулируемую радиальную подачу брусков в пределах от 0,1 до 3 мкм на каждый двойной ход шпиндельной бабки с обеспечением автоматической ее величины в пределах цикла, обладает повышенной жесткостью конструкции и изготовлен более точно, имеет механизм осцилляции с регулированием по частоте и амплитуде колебаний головки и обрабатываемой детали, допускает интенсивный подвод СОЖ от продуктов хонингования.

В отличие от вертикально-хонинговальных станков на горизонтально-хонинговальных станках, вращение получает не только головка, но и обрабатываемая деталь, для того чтобы вес хонинговальной шарнирной головки не влиял на точность формы получаемого отверстия. Головка и деталь могут устанавливаться на специальных люнетах. Осевое возвратно поступательное движение придается стеблевой бабке с закрепленной на ней хонинговальной головкой и производится обычно гидроприводом» [20 с. 71-74]. Краткая техническая характеристика серийных вертикально-хонинговальных станков выпускаемых в Германии представлена в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Техническая характеристика серийных вертикально-хонинговальных станков выпускаемых в Германии

| Основные поставщики оборудования для обработки плато вершинного хонингования блока цилиндров | | | |
|--|-------------|---|------------------|
| Фирма производитель оборудования | Год выпуска | Характеристики обеспечивающие качество | Кол-во шпинделей |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| "NAGEL" | 1991 | БЦ - Чугун Ф82 мм., О 0,010; /О/0,010; Ra; Rpk; Rvk; Rk | 4 |

Продолжение таблицы 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------|------|---|---|
| "NAGEL" | 1991 | БЦ – Чугун Ф82 мм., О 0,010; /О/0,010; Ra; Rpk; Rvk; Rk | 4 |
| "GERING" | 2012 | БЦ - Чугун Ф82 мм., О 0,010; /О/0,010; Ra;Rpk; Rvk; Rk. | 4 |
| "NAGEL" | 1990 | БЦ - Чугун Ф82 мм., /О/0,007; Ra;.Кривая Аббота | 4 |
| "NAGEL" | 2015 | БЦ - Алюминий Ø78 мм; Ra; Rpk; Rvk; Rk | 4 |

Станки фирмы NAGEL производства (Германия) (см.рис 2.1) включает следующие основные элементы: ввод головки в обрабатываемое отверстие с пониженной скоростью, разжим брусков до касания с обрабатываемой поверхностью, хонингование с активным контролем получаемого размера, сжатия брусков, вывод головки из отверстия и остановку станка. Подача СОЖ включается одновременно с началом вращения шпинделя. Оборудование имеет следующие режимы обработки:

- Хонинговальные шпиндели 4 штуки.
- Режимы обработки 25m/min черновая и чистовая
- Скорость вращения шпинделя 1 и 2 на черновой обработке 500 оборотов в минуту.
- Угол хонингования черновой обработки - 29,71
- Скорость резания черновой обработки - 101,41
- Скорость вращения шпинделя 3 и 4 на чистовой обработке 250 оборотов в минуту.
- Угол хонингования чистовой обработки алмазным инструментом - 44,40
- Угол хонингования чистовой обработки керамическим инструментом - 44,40

- Скорость резания чистовая обработка алмазным и керамическим инструментом - 66,17



Рисунок 2.1 – Станки фирмы NAGEL

2.2 Тенденция развития хонинговальных станков за рубежом

«Зарубежные станкостроительные фирмы Gehrung (Германия) и NAGEL(Германия), Micromatik-Exzello(США), JonesSchipman (Англия) и др. выпускают разнообразные по типоразмерам и конструкции хонинговальные станки с высокой степенью унифицирования основных узлов. Так, фирма Gehrung производит пять серийных хонинговальных станков (таблица 2.2) Каждая из приведенных в таблице конструктивных серий включает модели станков с различными диапазонами диаметров и длин обрабатываемых отверстий.

Таблица 2.2 – Характеристики станков Gehrung

| Серия | Тип конструкции станка | Размер отверстий в мм | | Область применения |
|-------|------------------------|-----------------------|----------------|--|
| | | диапазон | длинна | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | P | 4-63 [90]* | 100 250 | Автомобиле и компрессоростроение, гидравлика и пневматика, изготовление измерительных инструментов (шатуны, рычаги, ползуны, роликовые поршни, клапаны управления, измерительные кольца) |

Продолжение таблицы 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|-------------------|--------------------------------------|--|
| 2 | Z и KS | 4-63 [90]* | 400 650 900 | Оружейное производство, гидравлика, общее машиностроение, (стволы для пуль и дроби, цилиндры и клапаны управления, направляющие для пинолей, поршневые штоки для амортизаторов.) |
| 3 | Z | 12-180 [250]* | 200 350 450 600 | Автомобилестроение (цилиндрические отверстия, рабочие втулки, ребристые цилиндры, и тормозные барабаны) |
| 4 | KS | 24-250 [350]* | От 400 до 4700 | Обработка цилиндров гидравлики, гидравлических труб, цилиндрических рабочих втулок для дизельных двигателей, опор коленчатого вала двигателя и кокилей, а так же для внешнего хонингования поршневых штоков и приводных валов. |
| 5 | GL и GS | 55-100 [1200]* | | |

* - Указан наибольший диаметр обрабатываемого отверстия при чистом хонинговании

Станки серии P применяются для относительно коротких деталей, для хонингования более длинных деталей предназначены станки серии Z, станки серии KS и GL для обработки отверстий с большими диаметрами. На станках серии KS производится так же наружное хонингование штоков. В последнее время эта фирма ведет разработки в области хонингования некруглых отверстий, в частности, эпитрохоидных отверстий статоров, роторно-поршневых двигателей» [21 с. 222].

«Фирма Nagel, как и предыдущая выпускает разнообразные типы хонинговальных станков. Наиболее известны ее хонинговальные станки конструктивной серии VS6. В состав серии входят станки одно и многошпиндельного исполнения. Основные узлы станков серии VS (шпиндель, привод вращения, гидроцилиндр и др.) унифицированы.

Применяя эти узлы, фирма Nagel выпускает и многошпиндельные станки различного назначения. Она же производит серию станков для хонингования коротких деталей с механическим приводом возвратно-

поступательного движения. На многошпиндельных станках такого типа число шпинделей доходит до восьми. Эти станки встраиваются в автоматические линии по производству шатунов, зубчатых колес и др.

Для хонингования больших и громоздких деталей фирма Nagel выпускает станки с порталной установкой.

В США ведущей фирмой по выпуску вертикально-хонинговальных станков является фирма Micromatik-Exzello. Технические характеристики некоторых моделей станков, изготавливаемых этой фирмой указаны в таблице 2.3. Станки моделей 723, 5V16, 8V16, 10V16 и 10V25 имеют пинольную конструкцию, при которой шпиндель встроен в пустотелый шток гидроцилиндра возвратно-поступательного движения. По лицензии фирмы Micromatik-Exzello аналогичные станки выпускает известная английская фирма JonesSchipman.

Таблица 2.3 – Технические характеристики станков фирмы Micromatik-Exzello

| Модель станка | Мощность главного привода л.с. | Ход шпинделя мм | Диапазон диаметров отверстий, мм | Мощность гидропривода л.с. | Число шпинделей |
|---------------|--------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------|
| 738 | 1,0 | 76 | До 32 | - | 1 |
| 732 | 1,0 | 381 | До 110 | 5,0 | 1 |
| 5 V 16 | 5,0 | 407 | 25-305 | 7,5 | 1 |
| 8 V 16 | 7,5 | 407 | 25-305 | 10,0 | 1 |
| 10 V16 | 10,0 | 407 | 25-305 | 10,0 | 1 |
| 10 V 25 | 10,0 | 635 | 50-250 | 7,5 | 1 |
| 450 | 25,0 | 1270 | 12-356 | 10,0 | 1 |
| 30V | 25,0 или | 762-2032 | До 457 | 15,0 | 1 |
| - | 30,0 | - | | | |
| 710-2 | 3,0 | 254 | До 114 | 5,0 | 2 |
| 30V-20 | 30,0 | 508 | До 100 | 25,0 | 8 |

Общей особенностью станков указанных фирм является вынесенная гидростанция и система подачи СОЖ с устройствами для стабилизации температуры рабочих жидкостей. Для очистки СОЖ применяются магнитные фильтры, фильтры тонкой очистки, центрифуги и др. Фирма Micromatik-Exzello разработала процесс электролитического хонингования, сущность которого состоит в совмещении хонингования и электролитического нанесения покрытия. По данным фирмы, этот процесс весьма перспективен, так как позволяет увеличивать долговечность деталей машин путем нанесения на их рабочие поверхности высокопрочных и износостойчивых покрытий. Совмещенный процесс характеризуется высокой производительностью за счет устранения операций подготовки поверхностей к покрытию. В качестве электролита в рассматриваемом процессе используется СОЖ» [21 с. 226-227].

3 Краткая характеристика инструмента платовершинного хонингования

Для плато вершинного хонингования применяется два вида инструмента, черновая обработка производится алмазным бруском, чистовая - финишная осуществляется в два этапа, 1-ый ход шпинделя осуществляется алмазным бруском, 2-ой ход керамическим бруском, что позволяет достичь заданных параметров с высоким уровнем по качеству [22].

3.1 Абразивные бруски

Абразивный хонинговальный брусок представляет собой пористое тело, состоящее из абразивных режущих зерен и связки. Каждый брусок имеет совокупность признаков, составляющих его характеристику и учитываемых при выборе бруска для заданных условий хонингования.

Характеристика бруска включает следующие основные признаки: вид абразивного материала, зернистость, вид связки, твердость, структуру, тип и габаритные размеры [23].

3.2 Абразивный материал

«Для изготовления абразивно хонинговальных брусков используют различные искусственные материалы, к числу которых относятся электрокорунд, карбид кремния, эльбор (кубический нитрид бора, или боразон и др.) Электрокорунд получают в электрических печах металлургическим путем в виде кристаллической окиси алюминия Al_2O_3 .

Электрокорунд бывает нормальный Э и белый ЭБ. В первом содержание окиси алюминия колеблется в пределах от 89% до 95%, а во втором от 97% до 99%. С увеличением процентного содержания Al_2O_3 повышается твердость, прочность, и режущие свойства зерен электрокорунда, но одновременно с этим возрастает их хрупкость. Улучшить физико-механические свойства электрокорунда можно путем присадок

хрома, титана, циркония и др. В промышленности, например, применяется электрокорунд красный (рубинокорунд) с присадкой окиси хрома Cr_2O_3 . Абразивные зерна электрокорунда обладают повышенными режущими свойствами в сочетании с лучшей вязкостью, что дает возможность эффективно применять их для чистовой обработки сталей значительного числа марок и сплавов, а так же для предварительного хонингования.

Карбид кремния (карборунд) представляет химическое соединения кремния с углеродом SiC , получаемое так же, как и электрокорунд, в электрических печах металлургическим путем. В зависимости от состава и количества примесей различают карбид кремния черный КЧ (95%-98% SiC) и карбид кремния зеленый КЗ (96%-99% SiC). Зерна карбида кремния черного окрашены в черный или темно синий цвет, а зеленого в светло или темно-зеленый. По свойствам обе разновидности карбида кремния близки друг к другу. Микротвердость и механическая прочность зерен карбида выше, чем зерен электрокорунда, но они обладают в сравнении с ними большей хрупкостью.

Эльбор (КНБ кубический нитрид бора, или боразон) – соединение бора с азотом. Это новый вид абразивного синтетического материала, который получают также, как и синтетический алмаз. Эльбор имеет вид монокристалла с большим числом отдельных вершин, образующих режущую поверхность. При износе происходит скалывание отдельных частей зерен, и образование новых режущих кромок. Таким образом, зерна эльбора обладают самозатачиванием. Кристаллы эльбора без примесей прозрачны, а при их наличии могут быть коричневыми, черного, желтого или красного цветов. Микротвердость его близка к микротвердости алмаза, а по термостойкости они более чем в 2 раза превосходят алмаз. Кроме того, они обладают высокой устойчивостью при воздействии агрессивных сред. Для промышленного применения выпускают эльбор (боразон) трех марок: БО – обычной прочности, БП – повышенной прочности, БВ – высокой прочности.

Хонинговальные эльборовые бруски по конструкции подобны алмазам, и их характеристика содержит те же параметры. Выбор абразивного материала режущих зерен брусков зависит от обрабатываемого материала и требуемой шероховатости поверхности (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Характеристики абразивного материала и применение их с обрабатываемым материалом

| Операция | Обрабатываемый материал | Абразивный материал |
|--|---|---------------------|
| Предварительная или получистовая | Сталь углеродистая или легированная, стальные отливки, чугун высокой прочности. | Э, ЭБ |
| Получистовая, чистовая или отделочная (мелкозернистыми брусками) | Сталь закаленная, Сталь углеродистая или легированная, сталь закаленная, чугун высокой прочности. | ЭБ |
| Предварительная, получистовая и чистовая. | Чугун, алюминиевые сплавы, отливки из бронзы и латуни. | КЗ |

Абразивное хонингование эффективно при твердости обрабатываемого материала HRC 30-45. По мере возрастания твердости обрабатываемого материала ускоряется затупление абразивных брусков и для восстановления их режущей способности приходится переходить на работу с более высоким удельным давлением, что приводит к более быстрому износу брусков. В результате эффективность абразивного хонингования снижается и одновременно увеличивается стоимость обработки. В этих условиях целесообразно переходить на алмазное хонингование» [20 с. 13-15].

3.3 Зернистость

«Искусственный абразивный материал подвергают дроблению, а затем сортируют по размерам зерен. В таблице 1.2 приведена классификация абразивных зерен по Госту 3647-59. В зависимости от номера зернистости абразивные зерна делят на 3 группы: шлифзерно (зернистость от 200 до 16), шлифпорошки (зернистость от 12 до 3) и микропорошки (зернистость от М40 до М5). Номер зернистости по ГОСТу 3647-59 для шлифзерна и для

шлифпорошков обозначает размер отверстий сита в сотых долях миллиметра, на котором остаются зерна основной фракции. Зная номер зернистости, не трудно определить размер зерна. Например, при зернистости 40 зерна основной фракции имеют наименьший размер = 0,4 мм.

Таблица 3.2 – Характеристики зернистости абразивного материала

| Номер зернистости в сотых долях мм | Размер зерен в основной фракции в мкм | Номер зернистости в сотых долях мм | Размер зерен в основной фракции в мкм |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Для продуктов отсева | | Для продуктов гидроклассификации | |
| 200 | 2500-2000 | M63 | 63-50 |
| 160 | 2000-1600 | M50 | 50-40 |
| 125 | 1600-1000 | M40 | 40-28 |
| 100 | 1000-800 | M28 | 28-20 |
| 80 | 800-630 | M20 | 20-14 |
| 63 | 630-500 | M14 | 14-10 |
| 50 | 500-400 | M10 | 10-7 |
| 40 | 400-320 | M7 | 7-5 |
| 32 | 320-250 | M5 | 5-3 |
| 25 | 250-200 | | |
| 20 | 200-160 | | |
| 16 | 160-120 | | |
| 12 | 120-100 | | |
| 10 | 125-100 | | |
| 8 | 100-80 | | |
| 6 | 80-63 | | |
| 5 | 63-50 | | |
| 4 | 50-40 | | |
| 3 | 40 | | |

Номер зернистости микропорошка указывает наибольший размер зерна основной фракции. Например, при зернистости M28 наибольший размер зерен не превышает 28 мкм. Абразивные бруски изготавливают с зернистостью 16 и менее. В отдельных случаях, например, при съеме повышенных припусков применяют бруски с зернистостью до 25. Буквенным индексом в обозначении зернистости дополнительно указан вид абразивного материала, например, K310, K3M14. Зерна эльбора классифицируют аналогично алмазным порошкам (ГОСТ 9206-70). В таблице 1.3 приведена

шкала зернистости эльбора по проекту государственного стандарта. При обозначении зернистости эльбора добавляют буквенный индекс «Л».

Таблица 3.3 – Шкала зернистости Эльбора

| Зернистость. | |
|---------------------------------|----------------------|
| Шлифзерна и шлифпорошок эльбора | Микропорошок эльбора |
| Л 315-250 | ЛМ 40/28 |
| Л 250-200 | ЛМ 28/20 |
| Л 200-160 | ЛМ 20/14 |
| Л 160-125 | ЛМ 14/10 |
| Л 125-100 | ЛМ 10/7 |
| Л 100-80 | ЛМ 7/5 |
| Л 80-53 | ЛМ 5/3 |
| Л 53-50 | |
| Л 50-40 | |

В зависимости от размеров зерен, методов их получения и контроля порошки эльбора делятся на три группы:

- шлифзерно- зернистость от Л 315/250 до Л 200/160;
- шлифпорошки-зернистость от Л160/125 до Л 50/40;
- микропорошки-зернистость от Л 40/28 до ЛМ 5/3.

Первые две группы порошков получают путем отсева зерен на ситах, а порошки третьей группы, с использованием жидкости и контролем зернового состава микроскопическим методом. Основными факторами, учитываемыми при выборе зернистости брусков, является требуемая шероховатость поверхности, снимаемый припуск и марка обрабатываемого материала. Наибольшее влияние на выбор зернистости брусков оказывает заданная шероховатость поверхности, время достижения которой возрастает с уменьшением размеров зерен приведены ниже в таблице 3.4» [20 с.15-18].

3.4 Вид связки

«При изготовлении хонинговальных брусков из абразивных материалов в основном применяют связки из неорганические (керамическая,

силикатная, и металлическая) и органические (бакелитовая, глифталевая, и вулканитовая) и их разновидности. Качество и область применения связки определяются совокупностью физико-механических свойств, к числу которых относятся: прочность и жесткость, температурная и химическая стойкость, водостойкость, чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам, износостойкость и способность сохранять свойства бруска, однородность структуры и шлифующая способность.

Таблица 3.4 – Рекомендации по выбору зернистости брусков при абразивном хонинговании

| Операция | Класс чистоты | Зернистость брусков при обработке | | | |
|-----------------|---------------|-----------------------------------|-------------|------------------|---------------------|
| | | Чугуна | Стали сырой | Стали закаленной | Алюминиевых сплавов |
| Предварительная | 6-7 | 16-8 | 16-6 | 16-6 | 8-4 |
| Получистовая | 8-9 | 6-3 | 16-M28 | 4-M28 | M28-M20 |
| Чистовая | 9-10 | 3-M14 | M28-M14 | M28-M14 | M14 и мельче |

Разработано и испытано значительное количество различных по составу и физико-механическому составу связок, из числа которых для изготовления хонинговальных брусков наиболее широко применяют керамическую и бакелитовую связки. Твердость абразивного бруска является одним из важнейших параметров и его характеристики. Она оказывает влияние на износ, самозатачивание, затупление и засаливание бруска. Для всех видов абразивного инструмента, в том числе и для абразивных хонинговальных брусков, принята общая шкала твердости по ГОСТ 3751-47, в таблице 3.5 даны обозначения степеней в порядке возрастания, а так же шкала твердостей, принята в США и Англии.

Твердость абразивных брусков выбирают в зависимости от обрабатываемого материала и обеспечении условия самозатачиваемости. В таблице 3.6 приведены рекомендации по выбору твердости абразивных

брусков при хонинговании деталей из чугуна, стали и алюминия» [20 с. 18-20].

Таблица 3.5 – Шкала твердости абразивного материала

| Классификация абразивных инструментов по твердости | Обозначение | |
|--|--------------------|-------------------------|
| | По ГОСТУ 3751-47 | Принятое в США и Англии |
| Мягкий | М (М1, М2, М3) | Н, I, J |
| Среднемягкий | СМ (СМ1, СМ2) | К, L |
| Средний | С (С1, С2) | М, N |
| Среднетвердый | СТ (СТ1, СТ2, СТ3) | О, P, Q |
| Твердый | Т (Т1, Т2) | R, S |
| Весьма твердый | ВТ (ВТ1, ВТ2) | Т, U |
| Чрезвычайно твердый | ЧТ (ЧТ1, ЧТ2) | W, Z |

Таблица 3.6 – Рекомендации по выбору твердости абразивных брусков при хонинговании деталей из чугуна, стали и алюминия

| Обрабатываемый материал | Припуск в мм | Твердость брусков при зернистости | | |
|-------------------------|--------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | | 12-8 | 6-4 | М40-М14 |
| Чугун | 0,05-0,5 | С2-Т2 | СМ2-СТ3 | СМ1-СТ2 |
| | 0,01-0,1 | СТ2-ВТ2 | СТ2-Т2 | С1-Т2 |
| Сталь | 0,05-0,5 | СМ2-СТ2 | М3-СТ1 | СМ2-С1 |
| | 0,01-0,1 | С2-Т2 | СМ2-Т1 | С1-СТ3 |
| Алюминий | 0,02-0,08 | М3-СМ2 | М3-СМ2 | М3-СМ2 |

3.5 Алмазные бруски

«Характеристика алмазного бруска включает следующие основные параметры, вид алмазных зерен, зернистость, концентрация алмазов, алмазного слоя, связка, формы, и габаритные размеры. Твердость алмазных брусков в характеристику обычно не включается.

Для изготовления алмазных брусков применяются зерна природных А (естественных) и синтетических АС (искусственных) алмазов. Алмаз обладает исключительными физико-механическими свойствами, он является самым твердым из существующих в природе минералов, имеет наиболее упругий модуль упругости, обладает кислотостойкостью и хорошо проводит

тепло. Наряду с этим он обладает повышенной хрупкостью, относительно к небольшим сопротивлением изгибу и чувствительностью к вибрационным нагрузкам. Для использования кристаллов алмазов в качестве абразивного материала при изготовлении хонинговальных брусков наибольшее значение имеют такие их свойства, как твердость, прочность, жесткость, и абразивная способность. В таблице 3.7 приведены основные физико-механические свойства алмазов и других абразивных материалов» [20 с. 22-23].

Таблица 3.7 Физико-механические свойства алмазов и других абразивных материалов

| Абразивный материал | Механические свойства | | | | Физические свойства | | | |
|---------------------|-------------------------------------|--|---------|------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| | Микротвердость в кг/мм ² | Предел прочности в КГ/ мм ² | | Модуль упругости | Абразивная способность | Плотность в г м ² | Термостойкость в градусах | Коэффициент теплопроводности в калл/м |
| | | изгиб | сжатие | | | | | |
| Природный алмаз | 10 060 | 21-49 | 200 | 90 000 | 1 | 3,01-3,56 | 670-800 | 0,33 |
| Синтетический алмаз | 8600-10000 | 30 | 200 | 72 000 - 93000 | - | 3,43-3,54 | 500-900 | - |
| эльбор | 8000-10000 | - | - | - | - | 3,5-3,54 | 1300-1500 | - |
| Карбит кремния | 2800-3500 | 10-15 | 100-200 | 37500 | 0,25 | 3,16-3,99 | 1200-1300 | 0,037 |
| электрокорунк | 1800-2400 | 87 | 76 | - | 0,12-0,14 | 3,93-4,01 | - | 0,047 |

«Для изготовления хонинговальных брусков преимущественно применяют синтетические алмазы, обладающие высокой стабильностью свойств, работоспособностью, и имеющими по сравнению с природными алмазами значительно меньшую стоимость. Поверхность зерен синтетических алмазов шероховата, что обеспечивает лучшее удержание зерен в связке и является одной из причин повышенной режущей способности брусков и снижения удельного расхода алмазов по сравнению с брусками из природных алмазов.

Синтетические алмазы получают с различными эксплуатационными свойствами. Существует синтетические алмазы следующих марок (в порядке возрастания прочности и снижения хрупкости зерен): АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС. Из них для изготовления хонинговальных брусков применяют алмазы АСО, АСР и АСВ. Зерна синтетических алмазов разных марок отличаются друг от друга строением, прочностью, хрупкостью и работоспособностью. В таблице 3.8 даны рекомендации по применению алмазов и эльбора при хонинговании различных обрабатываемых материалов» [20 с. 23-24].

Таблица 3.8 Рекомендации по применению алмазов и эльбора при хонинговании различных обрабатываемых инструментов

| Марка алмаза или эльбора | Обрабатываемый материал | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|--|-------------------------|
| | Чугун | | Сталь | | | |
| | серый | Закаленный HRC >40 | Термоулучшенная HRC 30-40 | Закаленная HRC 59-61 | Цементированная и закаленная HRC 56-63 | Азотированная HRC 62-65 |
| А | - | ● | - | - | - | - |
| АСО | ○ | - | - | - | - | - |
| АСР | ● | - | ● | - | - | - |
| АСВ | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ● |
| БП | - | - | - | ○ | ○ | - |
| БВ | - | ○ | - | ● | ● | - |

Примечание. Условное обозначение - ● – рекомендуется применять, ○ – можно применять.

3.6 Зернистость алмазных порошков

«В зависимости от алмазных зерен алмазные порошки делят на две группы: шлифпорошки, полученные путем отсева на ситах и микропорошки, классифицируемые с использованием жидкости (гидроклассификация).

Зернистость шлифпорошков определяют по основной фракции и обозначают дробью, в числе которой указан размер (в мкм) стороны ячейки верхнего сита, через которое зерна основной фракции должны проходить, а в знаменателе нижнего, на котором эти зерна должны задерживаться.

Зернистость микропорошка зависит от размера зерна, равного полусумме длины и ширины прямоугольника, условно описанного вокруг проекции зерна на предметное стекло микроскопа. Зернистость обозначается дробью, в числителе которой указывается наибольший, а в знаменателе наименьший размер зерен основной фракции.

Шлифпорошки выпускают с широким и узким диапазоном зернистостей, отличающихся друг от друга диапазоном размеров зерен основной фракции. Во втором случае обеспечивается более высокая однородность зернового состава, что улучшает эксплуатационные качества инструмента. Для получения зернистостей узкого диапазона значения широкого диапазона делятся примерно пополам. В таблице 3.9 дана шкала зернистостей алмазных шлифпорошков по ГОСТу 9206-70.

Таблица 3.9 Зернистость алмазных шлифпорошков

| Зернистость шлифпорошков марки | | | | | |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| A | АСО | АСР | АСВ | АСК | АСС |
| Широкий диапазон зернистостей | | | | | |
| 400/250 | - | - | 400/250 | - | - |
| 250/160 | - | 250/160 | 250/160 | - | - |
| 160/100 | 160/100 | 160/100 | 160/100 | - | - |
| 100/63 | 100/63 | 100/63 | 100/63 | - | - |
| 63/40 | 63/40 | - | - | - | - |
| Узкий диапазон зернистостей | | | | | |
| 130/500 | - | - | - | - | 630-500 |
| 500/400 | - | - | - | 500/400 | 500/400 |
| 400/315 | - | - | 400/315 | 400/315 | 400/315 |
| 315/250 | - | - | 315/300 | 315/250 | 315/250 |
| 250/200 | - | 250/200 | 250/200 | 250/200 | 250/200 |
| 200/160 | - | 200/160 | 200/160 | 200/160 | 200/160 |
| 160/125 | 160/125 | 160/125 | 160/125 | 160/125 | 160/125 |
| 125/100 | 125/100 | 125/100 | 125/100 | 125/100 | 125/100 |

Продолжение таблицы 3.9

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|---|
| 100/80 | 100/80 | 100/80 | 100/80 | 100/80 | - |
| 80/63 | 80/63 | 80/63 | 80/63 | - | - |
| 63/50 | 63/50 | 63/50 | - | - | - |
| 50/40 | 50/40 | - | - | - | - |

Микропорошки изготавливают следующих марок: АСМ и АСН – из синтетических алмазов и АМ и АН из природных алмазов. Микропорошки АСМ и АМ, имеющие нормальную абразивную способность, применяют для изготовления притирочных паст и разнообразного инструмента, в том числе и хонинговальных брусков. Микропорошки АОН и АН обладают повышенной абразивной способностью и применяются в особых случаях при обработке сверхтвердых хрупких материалов. В таблице 3.10 дана шкала зернистостей алмазных микропорошков по ГОСТ 9206-70.

Таблица 3.10 – Шкала зернистости алмазных микропорошков

| Зернистость | Размер зерен в основной фракции в мкм |
|-------------|---------------------------------------|
| 60/40 | От 60 до 40 |
| 40/28 | 40 /28 |
| 28/20 | 28 /20 |
| 20/14 | 20/14 |
| 14/10 | 14/10 |
| 10/7 | 10/7 |
| 7/5 | 7/5 |
| 5/3 | 5/3 |
| 3/2 | 3/2 |
| 2/1 | 2/1 |
| 1/0 | 1и мельче |

Технологию алмазного хонингования целесообразно построить таким образом, чтобы на предварительной и получистовой операциях достигалась

необходимая точность размеров и геометрической формы обрабатываемого отверстия, а на чистовой (отделочной) – требуемая шероховатость поверхности с минимальным съемом припуска» [20 с. 24].

3.7 Концентрация алмазов

«В алмазных хонинговальных брусках зерна содержатся лишь в верхнем рабочем слое, называемом алмазным слоем. Толщину его принимают от 1 до 5 мм, в зависимости от размеров, назначения и способа изготовления брусков. Концентрация алмазов определяется их содержанием в рабочем слое бруска по весу в единице объема или процентном объемным соотношением зерна и связки. Условно за 100% концентрацию принято содержание в 1 мм³ алмазного слоя 0,878 мг или 0,00439 карата (1 карат равен 0,2 г) алмазов. Алмазные бруски обычно изготавливают с концентрацией алмазов 50, 100, и 150%. По специальному заказу завод может изготовить комплект брусков с другой концентрацией алмазов» [20 с. 24].

3.8 Связка

«Алмазные бруски чаще всего изготавливают с металлическими связками. Бруски с бакелитовой (органической) связкой, применяют реже. Износ алмазных брусков на металлических связках происходит в 100-400 раз медленнее, чем абразивных, что объясняется исключительно высокой прочностью и износостойкостью алмазных зерен, а также силами их удержания в связке.

Характер износа алмазных брусков на металлической связке в значительной степени зависит от их зернистости. Износ крупнозернистых брусков идет за счет их механического износа и разрушения алмазных зерен, поэтому удельный расход алмазов снижается. С уменьшением зернистости и

повышением концентрации алмазов усиливается процесс самозатачивания и износ брусков, что ведет к росту удельного расхода алмазов» [20 с. 25].

4 Контрольно измерительного оборудования параметров платовершинного хонингования

4.1 Характеристика контрольно измерительного оборудования параметров платовершинного хонингования

В цеховых и лабораторных условиях широкое применение нашли профилометры для оценки шероховатости поверхности в пределах 5 – 14 классов. В цехе по производству блока цилиндров для ДВС используется контрольно-измерительный прибор профилограф с измерительной головкой и измеряемой деталью.

Эти приборы имеют электрическое устройство со специальными датчиками. Величина шероховатости поверхности оценивается при помощи специальной иглы с алмазным наконечником, с радиусом закругления ~12 мкм. Прибором автоматически определяется величина шероховатости. Профилометры предназначены для эксплуатации в цеховых и лабораторных условиях. При измерении шероховатости наружных плоских и цилиндрических поверхностей деталей, а также при измерении шероховатости поверхности отверстий диаметром свыше 6 мм. Настройка и периодическая проверка профилометров осуществляется с помощью контрольных пластинок. Предельная погрешность не превышает $\pm 15 - 20\%$ [24]. В таблице 4.1 указаны основные поставщики измерительного оборудования и их характеристики.

Таблица 4.1 – Основные поставщики измерительного оборудования

| Основные поставщики измерительного оборудования | | | | |
|---|----------|---------------------------|---|--------------------------------------|
| Производитель | Материал | Наименование оборудования | Назначение оборудования | Погрешность измерений |
| ф "Маспесо" (Италия) | Чугун | Контрольный автомат | 100% контроль геометрических параметров, маркировка классов цилиндров | 10% от поля допуска на размер детали |

Продолжение таблицы 4.1

| | | | | |
|-----------------------------|----------|-----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Ф "UPM" (Италия) | Чугун | Контрольный автомат | 100% контроль геометрических параметров, маркировка классов цилиндров | 10% от поля допуска на размер детали |
| Ф "Marposs" (Италия) | Чугун | Контрольный автомат | 100% контроль геометрических параметров, маркировка классов цилиндров | 10% от поля допуска на размер детали |
| Ф "Marposs" (Италия) | Чугун | Контрольный автомат | 100% контроль геометрических параметров, маркировка классов цилиндров | 10% от поля допуска на размер детали |
| ф. "Jenoptik" (Германия) | Чугун | Прибор для контроля шероховатости | Универсальные замеры, контроль шероховатости | 0,0001 мм |
| ф. "Jenoptik" (Германия) | Алюминий | Прибор для контроля шероховатости | Универсальные замеры, контроль шероховатости | 0,0001 мм |
| ф. "Jenoptik" (Германия) | Алюминий | Прибор для контроля шероховатости | Универсальные замеры, контроль круглости, цилиндричности. | 0,0001 мм |
| ф. "Hexagon" (Германия) | Алюминий | Координатно измерительная машина | Контроль геометрических параметров | 0,0064 мм |
| ф "Marh" (Германия) | Чугун | Прибор для контроля формы | Универсальные замеры, контроль круглости | 0,0001 мм |
| ф "Marh" (Германия) | Алюминий | Прибор для контроля шероховатости | Универсальные замеры, контроль шероховатости. | 0,0001 мм |

4.2 Кривая Аббота

Важной характеристикой плато-хонингованной поверхности является так же кривая Аббота изображенная на рисунке 4.1. Она образуется путем регистрации несущих компонентов профиля по DIN 4762 в зависимости от глубины резания.

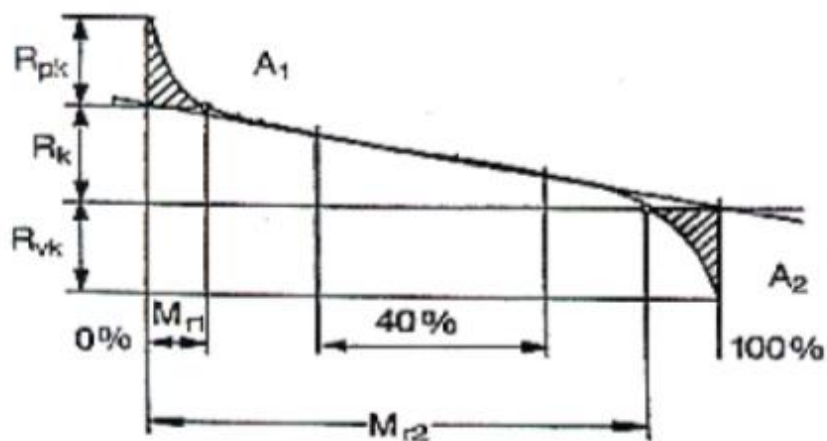


Рисунок 4.1 – Кривая Аббота

R_{pk} - сокращенная высота пиков. Верхняя часть поверхности, которая будет быстро изнашиваться, как только двигатель начинает работать.

R_k - сердцевина шероховатости. Часть поверхности, находящейся в работе длительное время, которая влияет на ресурс двигателя.

R_{vk} - сокращенная глубина впадин. Часть поверхности, содержащая глубокие маслосодержащие желоба (впадины), которые остались после черновой обработки.

Материал детали $M_{Г1}$ и $M_{Г2}$ (в %) определяется точкой перегиба, совмещенной с верхней и нижней границами сердцевины шероховатости профиля.

Контроль шероховатости обрабатываемой поверхности производится, главным образом, при наладке в начале смены или переналадке станка согласно плану контроля. Проверке подвергаются лишь первые несколько деталей, а в дальнейшем контроль осуществляется выборочно, и частота замеров зависит главным образом от отлаженности процесса хонингования или количества деталей в партии. Измерение параметров шероховатости поверхности производится по системе средней линии в соответствии с номенклатурой и диапазонами значений, предусмотренными ГОСТ 2789–73.

5 Расчет зависимости перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров от усилия, приложенного к штоку в программе САТИА

5.1 Описание конструкции

Хон (рисунок 5.1) состоит из корпуса (1) в котором установлены державки с припаянными на них хон-брусками (2), толкателя (3), клина (4), шарнира (5) и хвостовика (6). При перемещении штока гидроцилиндра толкатель перемещает в осевом направлении клин, который перемещает в радиальном направлении державки с хон-брусками.

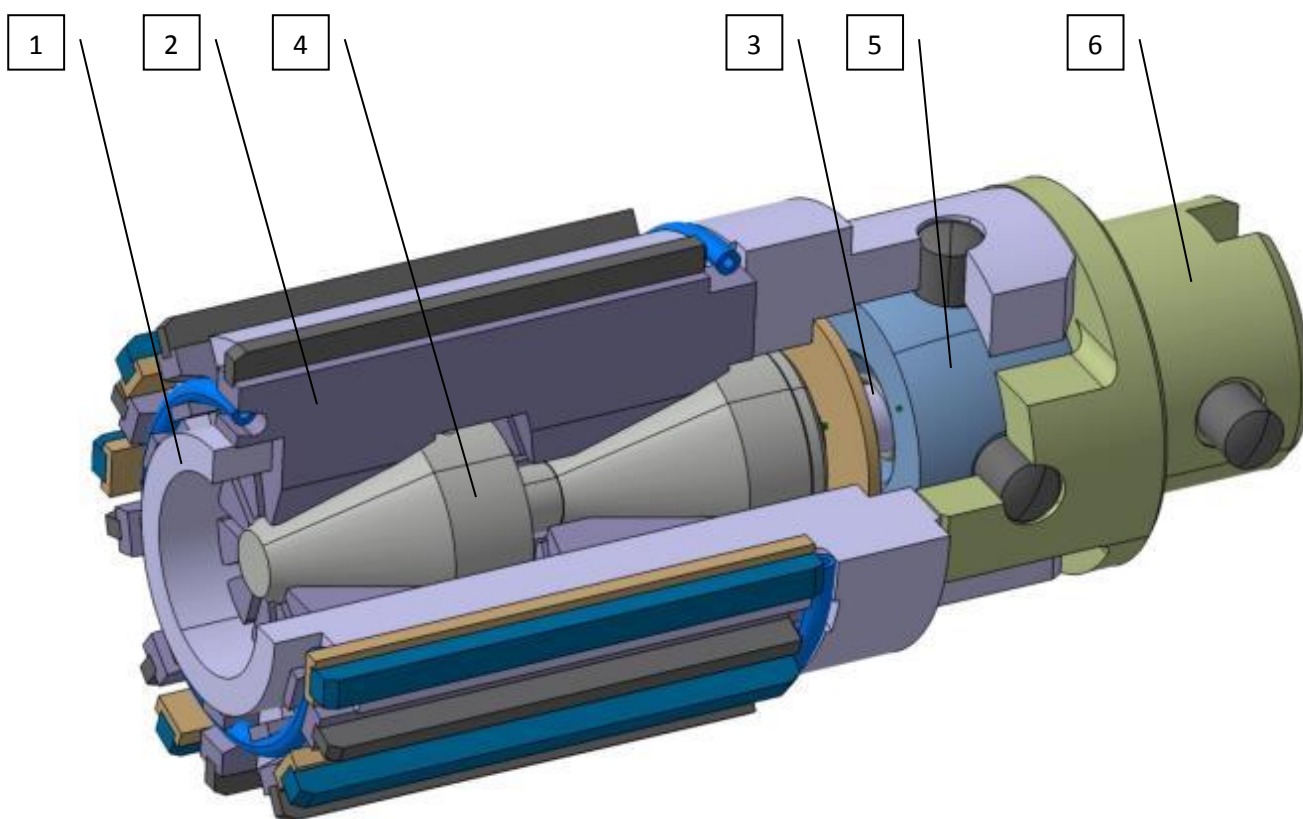


Рисунок 5.1 – Хон для обработки блока цилиндров ДВС

Для расчета радиального перемещения хон-брусков в хонингуемую поверхность и корректности расчета при выборе сопрягаемого материала составлена таблица 5.1

Таблица 5.1 – Выбор материала

| | Материал | Предел прочности σ_{ep} , МПа | Модуль Юнга E, ГПа | Плотность ρ , кг/м ³ |
|------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Заготовка | Чугун Gh 190B 200HB | 250 | 120 | 7200 |
| Корпус | Сталь 40ХГНМ 46...51 HRC | 1600 | 200 | 7860 |
| Толкатель | Сталь 9ХС57...61 HRC | 1900 | 200 | 7860 |
| Клин | Сталь 19ХГН Цем. 57...61 HRC | 1000 | 200 | 7860 |
| Державка | Сталь ХВГ 50...55 HRC | 1700 | 200 | 7860 |
| Хон-брусок | Алмазный брусок. | 700 | 7,6 | 4050 |

В интерфейс программы САТІА внесены основные характеристики материалов для расчета зависимости перемещения хон-брусков в поверхность гильзы блока цилиндров (таблица 5.2).

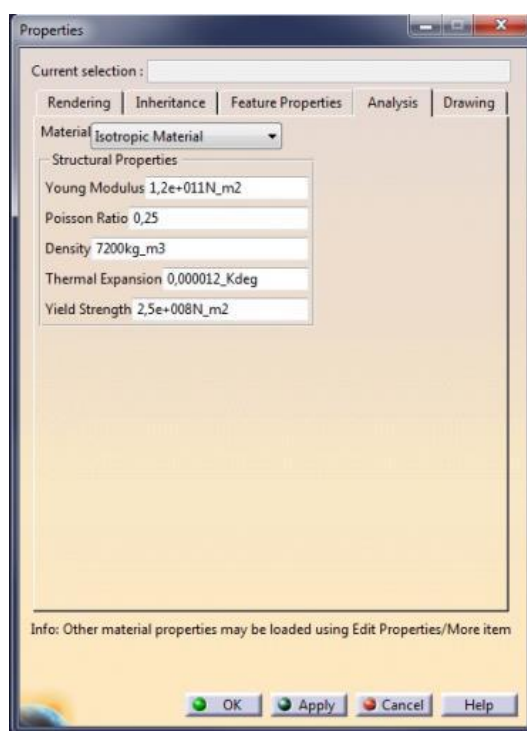


Рисунок 5.2 – Интерфейс рабочего окна с характеристиками

Построена 3D модель хона с гильзой блока цилиндров (рисунок 5.3) и сетка конечных элементов (рисунок 5.4).

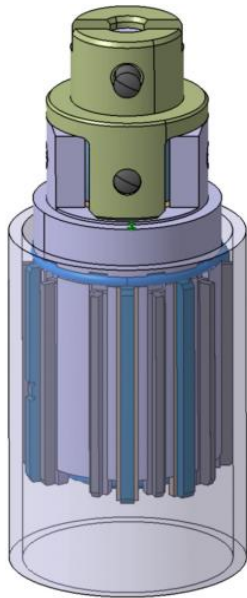


Рисунок 5.3– 3D модель хона



Рисунок 5.4 – Сетка конечных элементов

Приложено усилие от гидропривода на шток-толкателя и определено перемещение хон-брусков и напряжение в месте давления хон-брусков при усилии на штоке разного экспериментального усилия давления (рисунок 5.5-5.9).

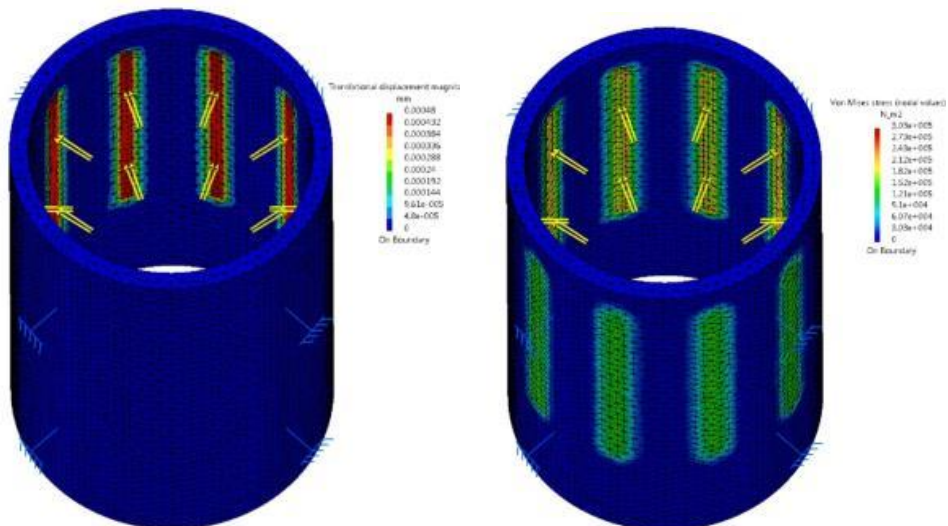


Рисунок 5.5 – Расчет перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при усиллии $P = 1870,35 \text{ Н}$

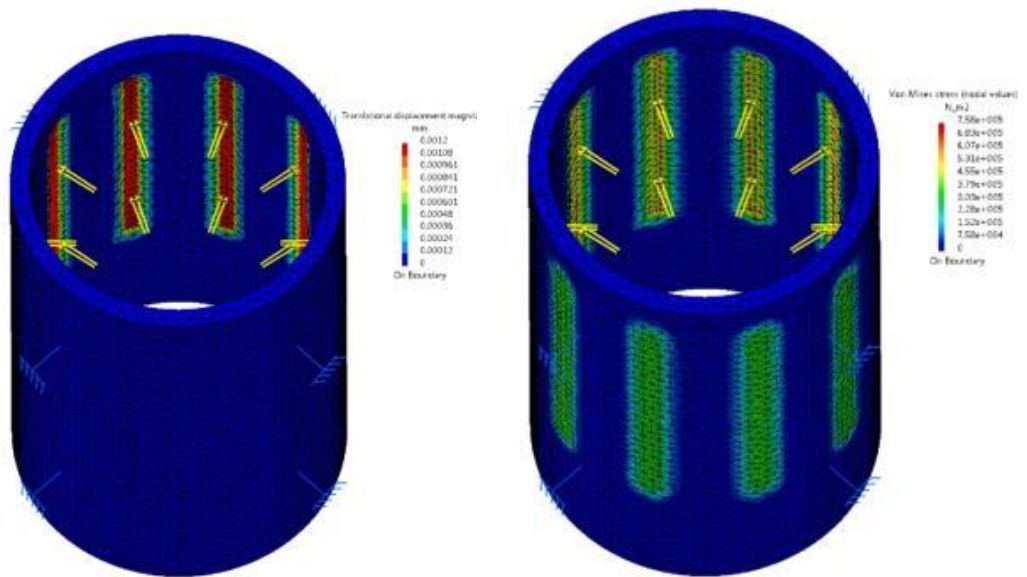


Рисунок 5.6 Расчет перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при
усилии $P = 4675,87 \text{ Н}$

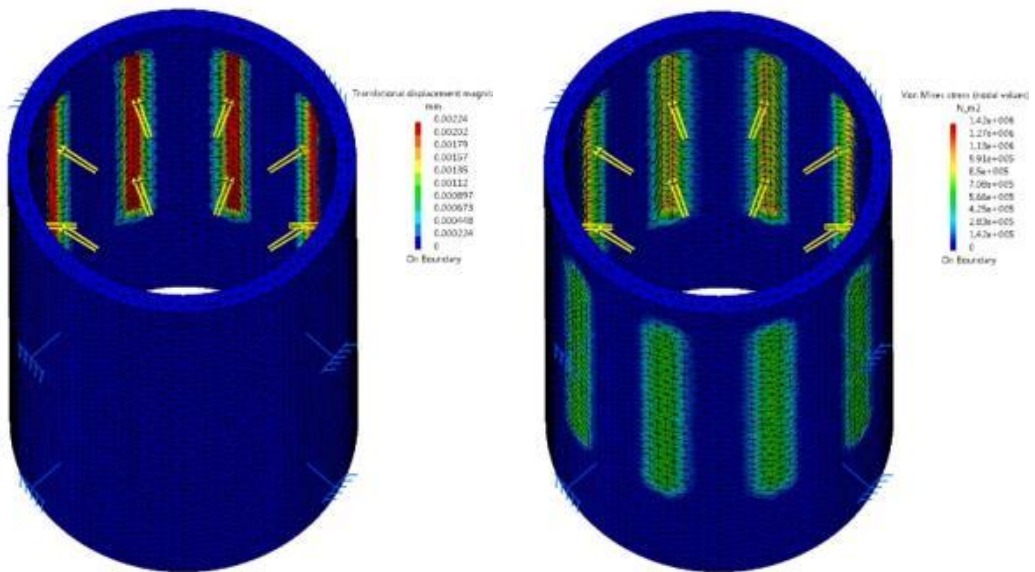


Рис. 7

Рисунок 5.7 Расчет перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при
усилии $P = 8728,29 \text{ Н}$

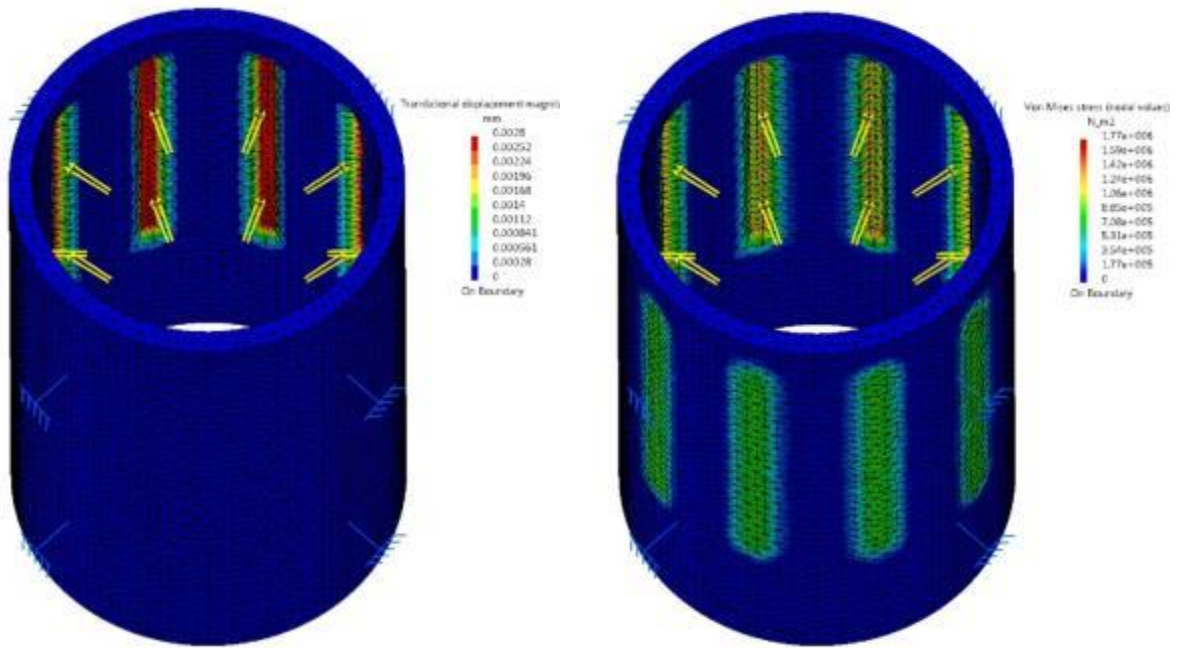


Рисунок 5.8 Расчет перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при
усилии $P = 10910,36 \text{ Н}$

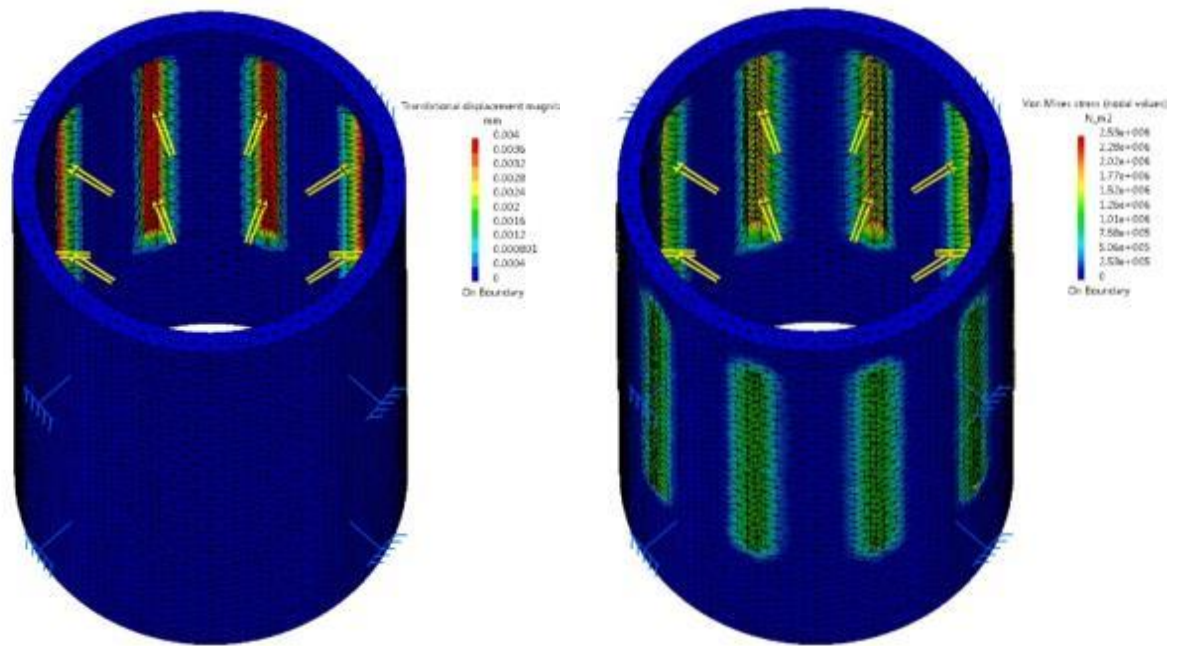


Рисунок 5.9 Расчет перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при
усилии $P = 15586,22 \text{ Н}$

Полученные результаты перемещения хон брусков в гильзу блока цилиндров при различном усилии N на штоке и расчет напряжения в месте давления в МПа занесём в (таблицу 5.2)

Таблица 5.2 – Расчет напряжения в месте давления в МПа

| Усилие на штоке, Н | Перемещение хон-брусков, мм | Напряжение в месте давление хон-брусков, МПа |
|--------------------|-----------------------------|--|
| 1870,35 | 0,00048 | 0,303 |
| 4675,87 | 0,0012 | 0,758 |
| 8728,29 | 0,00224 | 1,42 |
| 10910,36 | 0,0028 | 1,77 |
| 15586,22 | 0,004 | 2,53 |

Построен график зависимости (рис. 5.10) перемещения хон-брусков от усилия, приложенного к штоку



Рисунок 5.10 – Зависимость перемещение хон-брусков от усилия, приложенного к штоку

Построен график зависимости (рис. 5.11) напряжения в месте давления хон-брусков от усилия, приложенного к штоку.



Рисунок 5.11 – Зависимость напряжения в месте давления хон-брусков от усилия, приложенного к штоку

Вывод:

Расчёт в программе САТІА показал, что, при увеличении усилия приложенного к штоку увеличение перемещения хон брусков и напряжения происходит, приближаясь к линейному закону.

6 Исследование микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС, анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости

6.1 Материалы и методы

Блоки цилиндров, используемые в данном исследовании, взяты с производственной линии бензинового двигателя объемом 1.6 литра с 4 цилиндрами (Рисунок 6.1). Цилиндры имеют внутренний диаметр 78 мм. Изучаемый процесс – финишное плато-хонингование, выполняется с помощью брусков, содержащих керамические абразивы.



Рисунок 6.1 – Блок цилиндров ДВС

Каждый блок цилиндров отбирался с идентичной производственной линии в разные дни и периоды работы. В общей сложности было отобрано 18 блоков цилиндров. Интервал для отбора блоков обеспечивает полное сканирование в течение всего срока эксплуатации хонинговальных инструментов. Как следствие, можно получить надежное картирование распределения шероховатости поверхности.

При помощи профилографа, будут получены и проанализированы следующие параметры шероховатости: R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} .

Параметры микрогеометрии хонингованной поверхности зеркала цилиндра ДВС в трех координатах каждого цилиндра Н1, Н2, Н3 (рис. 6.2),

построены графики с фактическими результатами с привязкой к дате замены инструмента.

Так же проведен анализ влияния износа керамических брусков на параметры шероховатости по факту их изношенности со стойкостью 300 деталей и стойкостью 2000 деталей.

Рассчитан экономический эффект в сравнении керамических брусков стойкостью 300 и 2000 деталей.

Фактический размер, нижняя и верхняя граница поля допуска указана в %, 0 это нижняя граница поля допуска, 100% верхняя граница поля допуска.

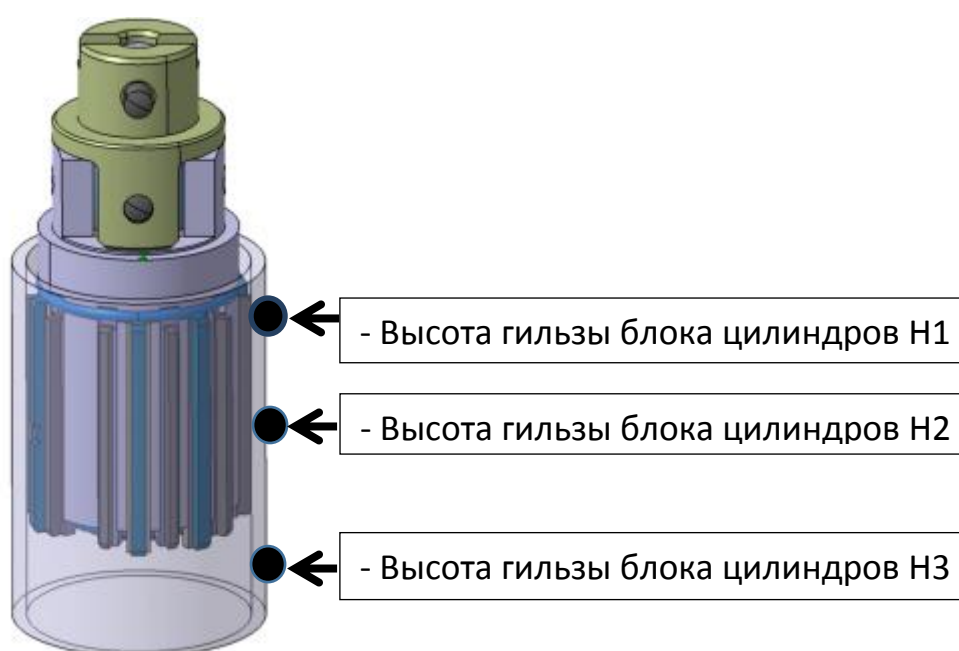


Рисунок 6.2 – Координаты замеров параметров шероховатости каждого цилиндра по высоте Н1, Н2, Н3

6.2 Влияние износостойкости инструмента на стандартные параметры шероховатости

В данном разделе представленные в различных графиках параметры шероховатости представляют собой стандартное отклонение от среднего

значения. Значения шероховатости представлены в процентах от среднего значения всех замеров.

Обработано всего 72 замеров (18 блоков, 4 цилиндров) с предоставлением статистически значимых результатов. Изучено 6 параметров шероховатости. На графиках представлены результаты корреляции для различных параметров шероховатости. Для цели презентации показаны все шесть параметров. Из всех наблюдаемых параметров шероховатости из 6 значительной корреляции с износом хонинговального инструмента разных производителей не выявлено.

Все замеры показывают, что процесс идет стабильно в одних и тех же значениях внутри поля допуска минимального и максимального граничного значения. Никакой четкой зависимости между всеми замерами и износом керамического хонинговального инструмента с момента начала обработки первой и последней детали разных производителей не выявлено.

6.3 Замеры шероховатости и анализ микрогеометрии в трех точках высоты Н1, Н2, Н3

При помощи профилографа были сделаны замеры параметров шероховатости R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} , каждого цилиндра в трех точках Н1, Н2, Н3, 1-ого, 2-ого, 3-его и 4-ого цилиндров, замеры для анализа взяты с разной периодичностью при программе производства 350 блоков цилиндров в сутки и показаны на рисунках 6.3-6.4.

Выводы:

В результате проведенного анализа замеров параметров шероховатости было выявлено незначительное расхождение шероховатости в трех точках каждого цилиндра высоты Н1, Н2, Н3.

Возможные причины обнаружения расхождений в шероховатости высоты Н1, Н2, Н3 при отдельном анализе каждого цилиндра, следующие: предлагаемое определение износа хонинговального инструмента (диаметр инструмента) недостаточно точное и не является абсолютным значением; процесс хонингования для каждого цилиндра является сложным и зависит от большого количества переменных (смазка, формы, нагрев), что затрудняет получение общей модели для каждого цилиндра.

Все замеры показывают, что процесс идет стабильно в одних и тех же значениях внутри поля допуска минимального и максимального граничного значения.

6.4 Анализ влияния износостойкости керамического инструмента с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 на стандартные параметры шероховатости.

В период с 01.03.2018 по 13.03.2018 финишная операция платовершинного хонингования осуществлялась при использовании керамических брусков с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03, проходила регистрация даты замены инструмента, При помощи профилографа были сделаны замеры параметров шероховатости R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} , каждого цилиндра в трех точках Н1, Н2, Н3, 1-ого, 2-ого, 3-его и 4-ого цилиндров, замеры для анализа взяты с разной периодичностью при программе производства 350 блоков цилиндров в сутки, замеры шероховатости были занесены в таблицу, на основе полученных данных был проведен анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости, на рисунке 6.5, на рисунке 6.6 показано среднее значение шероховатости

каждого цилиндра. На графиках видно, что фактические значения параметров шероховатости находится в одних и тех же значениях внутри поля допуска минимального и максимального граничного значения, процесс идет стабильно.

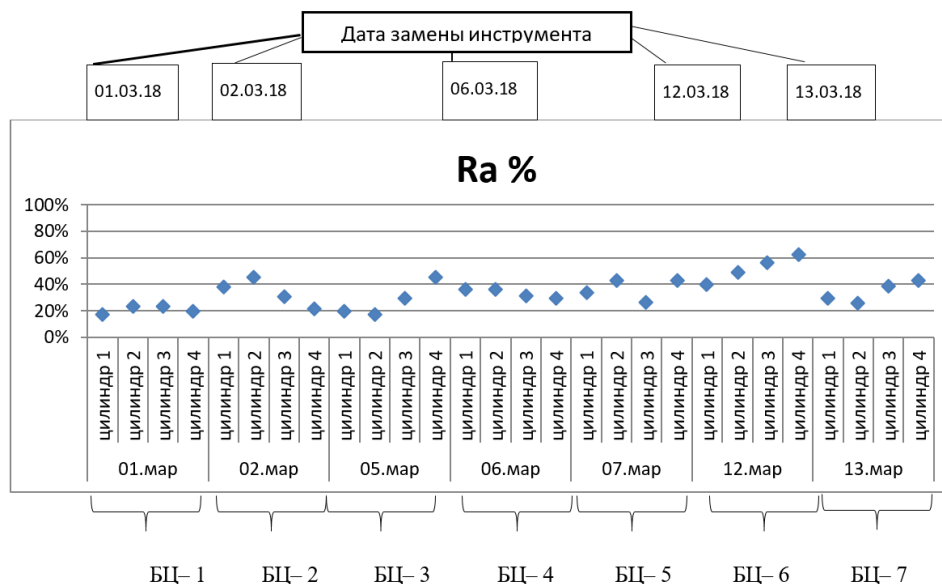


Рисунок 6.5 – Результаты замеров параметра шероховатости R_a - с привязкой к дате замены инструмента

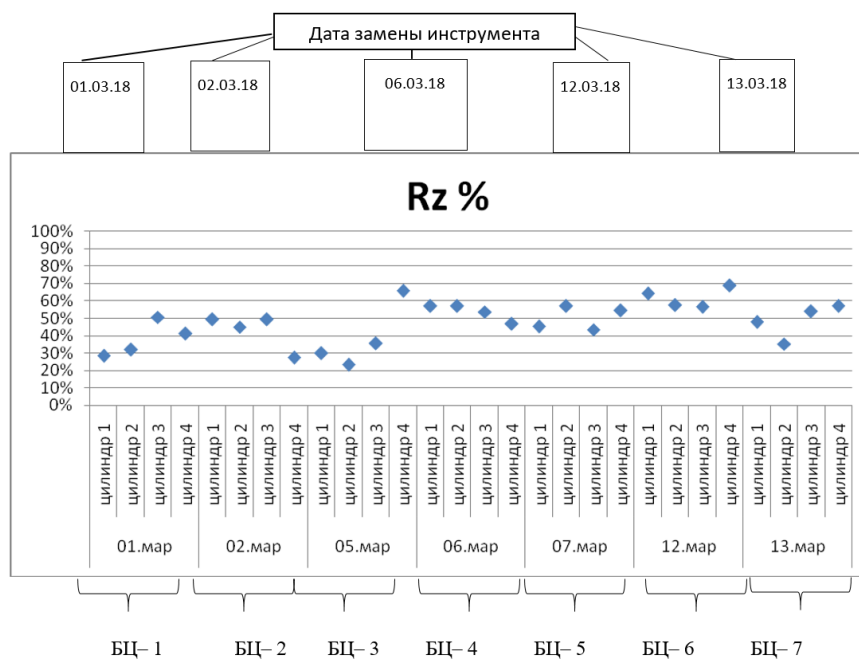


Рисунок 6.6 – Результаты замеров параметра шероховатости R_z - с привязкой к дате замены инструмента.

Расшифровка маркировки брусков SCG 320 20 Ке 6268/F=03

- SCG – карбид кремния зеленый
- 320 – размер абразивного зерна по стандарту FEPA 40-28 мкм
- Ке – керамическая связка
- 6268 – внутренний номер производителя
- F – твердость
- 03- прямоугольная форма

6.5 Анализ влияния износостойкости керамического инструмента с характеристиками 63СМ28 М9 V на стандартные параметры шероховатости.

В период с 28.08.2018 по 05.09.2018 финишная операция платовершинного хонингования осуществлялась при использовании керамических брусков с характеристиками 63СМ28 М9 V, проходила регистрация даты замены инструмента, При помощи профилографа были сделаны замеры параметров шероховатости R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{T2} , каждого цилиндра в трех точках Н1, Н2, Н3, 1-ого, 2-ого, 3-его и 4-ого цилиндров, замеры для анализа взяты с разной периодичностью при программе производства 350 блоков цилиндров в сутки, замеры шероховатости были занесены в таблицу, на основе полученных данных был проведен анализ влияния износа инструмента на параметры шероховатости, на рисунке 6.7, на рисунке 6.8 показано среднее значение шероховатости каждого цилиндра. На графиках видно, что фактические значения параметров шероховатости находится в одних и тех же значениях внутри поля допуска минимального и максимального граничного значения, процесс идет стабильно.

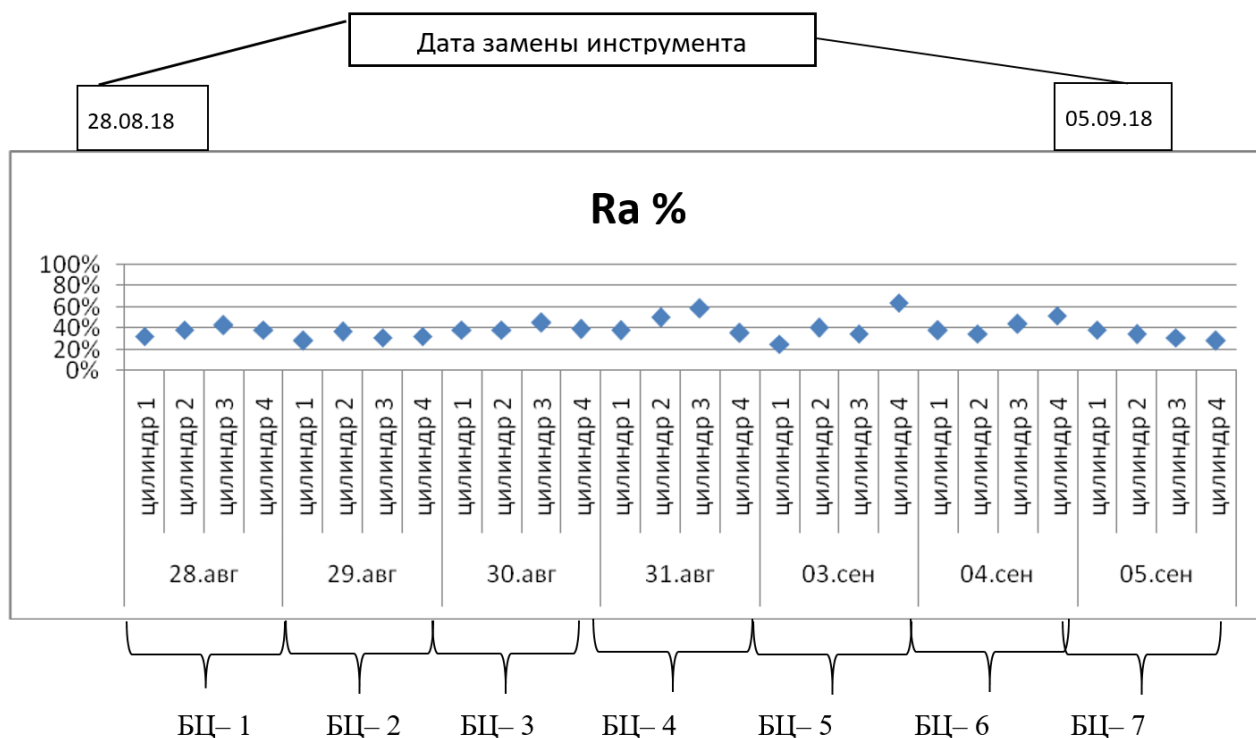


Рисунок 6.7 – Результаты замеров параметра шероховатости R_a - с привязкой к дате замены инструмента

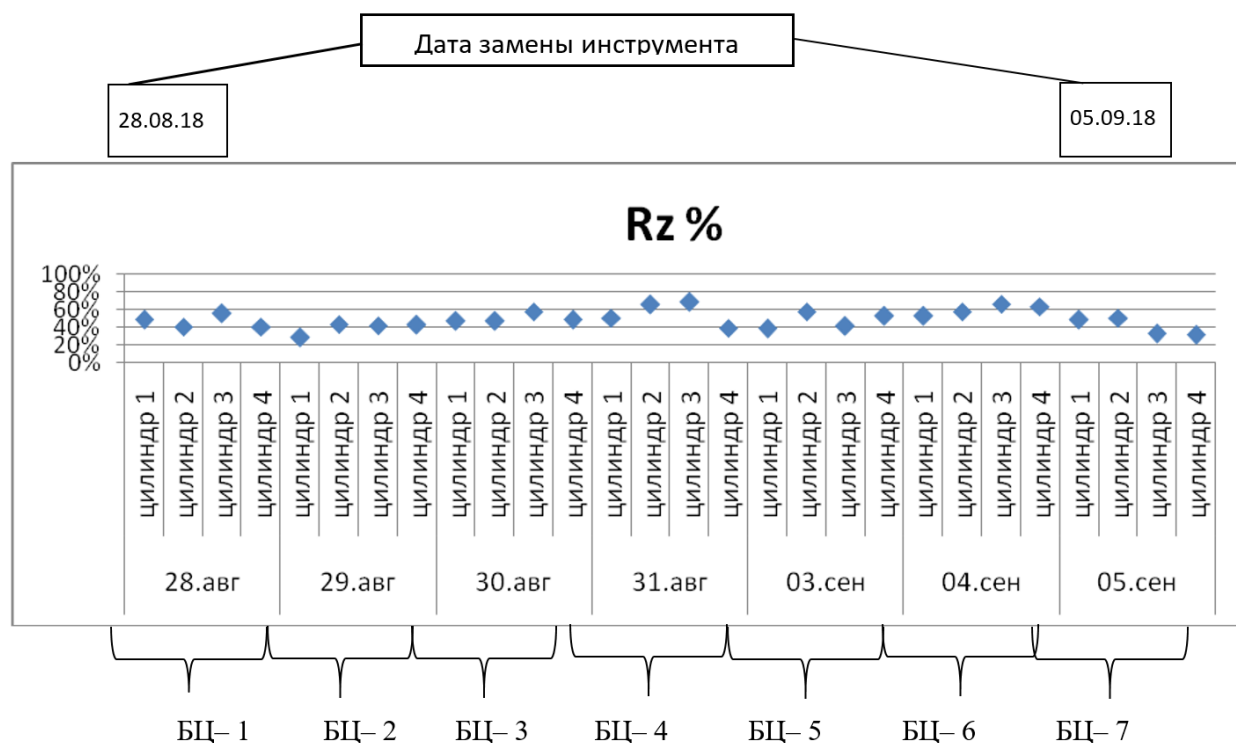


Рисунок 6.8 – Результаты замеров параметра шероховатости R_z - с привязкой к дате замены инструмента

Расшифровка маркировки брусков 63СМ28 М9 V

- 63С – карбид кремния зеленый
- М28 – зернистость, размер абразивного зерна 28 мкм
- М – твердость
- 9 – номер структуры открытая
- V – керамическая связка

6.6 Методика оценки и применяемое оборудование

В условиях серийного производства на ПАО «АВТОВАЗ» (применяются в условиях метрозала) контроль микрогеометрии зеркала цилиндра замер профиля поверхности и регистрация осуществляется стационарным профилографом фирмы «JENOPTIK».

«JENOPTIK» является компактным, стационарным измерительным прибором для измерения шероховатости поверхности для профессионального использования в условиях серийного производства, данный измерительный прибор аттестован согласно графика аттестации контрольных средств измерений.

Регистрация микропрофиля поверхности осуществляется на профилограмме, такая регистрация профиля дает точные характеристики платохонингованной структуры поверхности. Данные по параметрам допуска производителя ДВС (держатся в секрете) они необходимы как для практического выполнения платохонингования, так и для контроля результатов обработки в производстве, а также и в ремонтных технологиях.

Вид прибора представлен на рисунке 6.9 , его основные технические характеристики представлены в таблице 6.1.

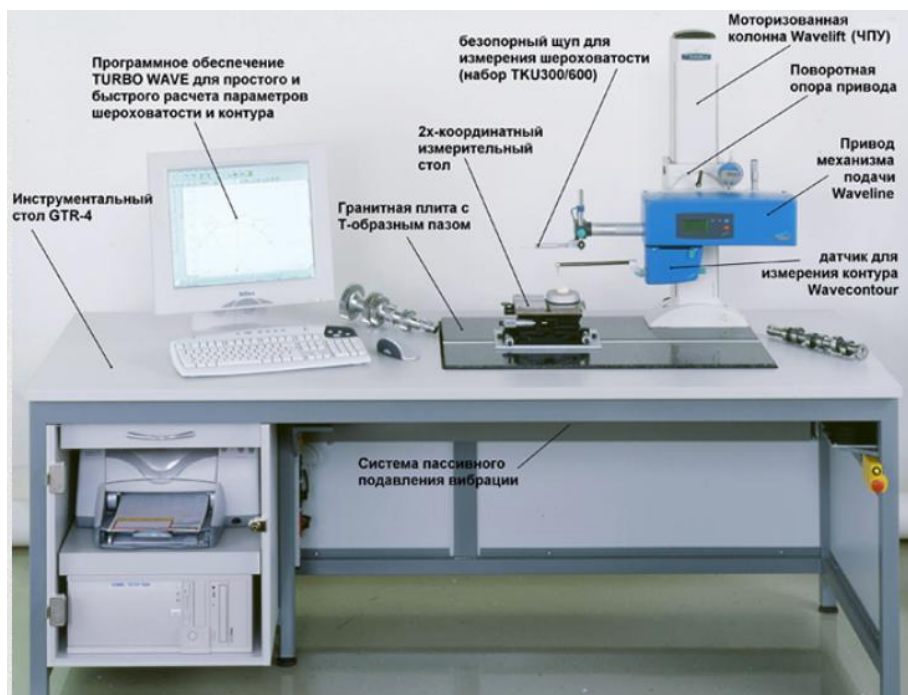


Рисунок 6.9 - JENOPTIK Hommel-Etamic T8000

Таблица 6.1 - Основные характеристики прибора JENOPTIK Hommel-Etamic T8000

| | |
|--|--|
| Принцип измерения | контактный, с применением опорных и безопорных щупов |
| Класс точности по DIN4772 | Класс 1 (3%) |
| Диапазон измерения/разрешение | ± 8 мкм / 1 нм |
| | ± 80 мкм / 10 нм |
| | ± 800 мкм / 100 нм |
| | ± 8000 мкм / 1000 нм |
| Единицы измерения | Переключаемые мкм/мкдюйм |
| Применяемые фильтры: | |
| отсечка шага | 0,025; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 (мм), |
| | выбираемая |
| DIN 4768 | РС дискретно вычисляемый (мм), |
| | предельная длина волн 0,025; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 |
| DIN EN ISO 11562, часть 1, (50% Гаусс) | Гаусс (M1) цифровой фильтр (мм), |

Продолжение таблицы 6.1

| | |
|--|---|
| | предельная длина волн 0,025; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 |
| DIN EN ISO 13565-1 | Двойной Гаусс (M2), Rk-параметры |
| | предельная длина волн 0,025; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 |
| ISO 3274/11562 | Предельная длина коротких волн λ_s |
| | выбор по ступеням λ_c / λ_s 30; 100; 300 |
| Скорость трассирования v_t | l_t - заданная 0,05; 0,15; 0,5 мм/с |
| | или переменная 0,01 - 2,0 мм/с на 0,01 ступени |
| Длина трассирования l_t | 0,48; 1,5; 4,8; 15; 48 мм или переменная от до 0,1 - 200 мм |
| Длина оценки l_m | 0,40; 1,25; 4,0; 12,5; 40 мм или переменная отсечка предельной длины волн |
| Отсечка шага λ [мм] | 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 |
| Измеряемые параметры шероховатости | |
| DIN EN ISO 4287 | Ra; Rz; Rmax; Rt; Rq; Rsk; lmo; lo; Rdq; da; ln; La; Lq; Rz-ISO; R3z; Rpm; Rp3z; R3zm; Rp; D; RPe; RSm; Rpm/R3z; lr; Rku; tpif; Rdc; tpia; tpip; tpic; Rt/Ra; Rz1; Rz2; Rz3; Rz4; Rz5; Rmr; Rmr%; A _{pi} |
| по DIN EN ISO 13565 | Rk parameters Rpk*; Rpk; Rk; Rvk*; Rvk; Mr1; Mr 2; A1; A2; Vo (70 %) 0.01 *Rv / Rk |
| Профильные параметры по DIN EN ISO 4287 | Pt.; Pp; Pz; Pa; Pq; Psk; PSm; Pdq; lp; Pku; t _{raf} ; t _{raa} ; t _{rab} ; t _{rac} ; Pmr0; APa; APa%; Pmr; Pmr%; Pdc |
| Параметры волнистости по DIN EN ISO 4287 | Wt.; Wp; Wz; Wa; Wq; Wsk; WSm; Wdq; lw; Wku; Wdc |
| Параметры волнистости по VDA 2007 | WD1c; WD1t; WD1sm; WD2c; WD2t; WD2sm |
| Параметры Motif по DIN EN ISO 12085 | R; Rx; AR; Nr; W; Wx; AW; Nw; Wte; P δ c (CR, CL, CF) |
| Статистика | от 1 до 999 измерений, диапазон, макс., мин., отклонение |
| Режимы работы | Измерение шероховатости, проведение измерений, дистанционное управление, юстировка, разработка программ, топография |

Продолжение таблицы 6.1

| | |
|---------------------------------------|---|
| Выравнивание профиля | инверсия, грубое. точное, частичное |
| Подключаемые периферийные устройства: | Механизмы подачи waveline™ 20 / 60 / 120 / 200 |
| | Моторизованные колонны wavelift 400 / wavelift 800 |
| | Поворотная опора wavetilt 60 / 120 / 200 |
| | Датчики измерения контура: индуктивный, цифровой, сканирующий |
| | топография поверхности: устройство позиционирования по оси Y |
| | поворотный модуль waverotor RV150 для трассирования колец вдоль образующей |
| Электропитание | 100 В - 120 В / 200 В - 240 В, переключаемое, 50 - 60 Гц, 235 ВА |
| Рабочая температура | +5 °С От до +40 °С, относительная влажность воздуха макс. 85% без конденсата, ($\Delta T=2^{\circ}\text{C}/\text{ч}$) |
| Температура хранения | -20 °С От до +50 °С |

6.7 Оценка параметров шероховатости зеркала цилиндров с использованием керамических брусков различных производителей

Оценку параметров шероховатости зеркал цилиндров ДВС после обработки керамическими брусками различных производителей проведена по параметрам шероховатости R_a , R_z , R_{vk} , R_{pk} , M_{r2} .

На основе полученных результатов, для каждого из производителей, были получены фактические замеры (рис. 6.10), все замеры оказались в пределах максимальной и минимальной границы допустимых значений микронеровности. Данные параметры, как говорилось выше, были измерены в трех точках высоты Н1, Н2, Н3, т.е. по всей высоте гильзы блока цилиндров.

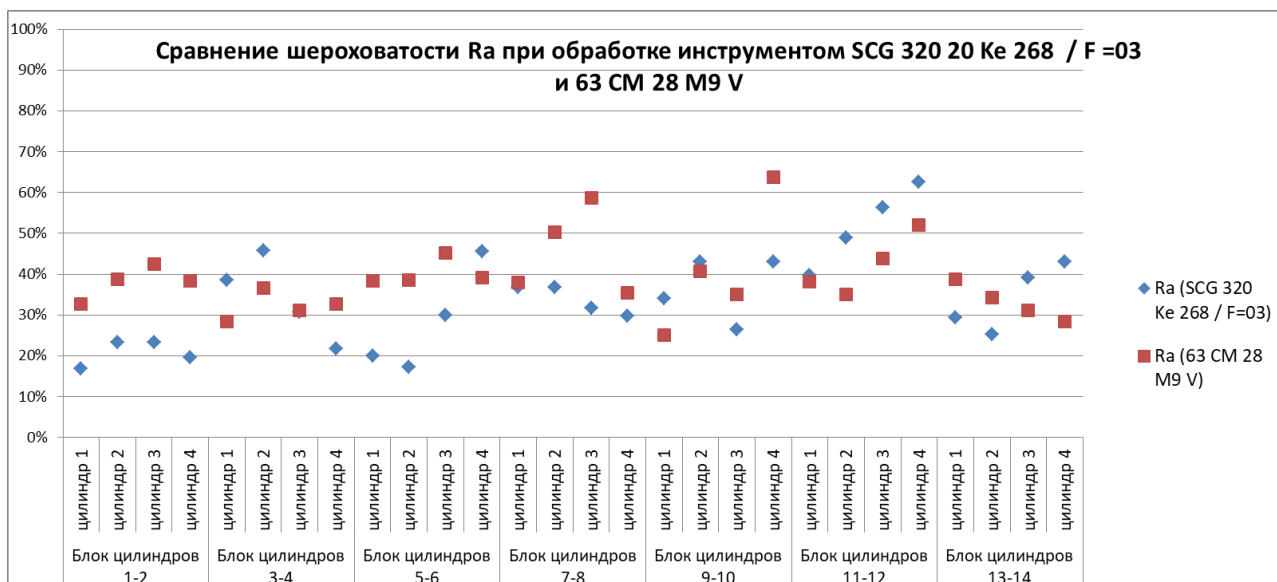


Рисунок 6.10 – Результаты замеров параметра шероховатости R_a - с привязкой к дате замены инструмента двух производителей

6.8 Сравнении характеристик инструмента двух производителей

При сравнении характеристик инструмента двух производителей можно сделать следующее заключение: инструмент производителей SCG 320 20 Ке 6268/F=03 и 63CM28 M9 V оба состоят из зеленого карбида кремния, имеют керамическую связку, и приблизительно одинаковый размер абразивного зерна, но инструмент с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 имеет более мягкую твердость, вследствие чего бруски этого производителя менее стойкие.

6.9 Экономический эффект

Для расчета экономического эффекта все характеристики по применяемости, стойкости, размерам и стоимости сведены в таблицу 6.2.

Проведен анализ затрат на инструмент для платовершинного хонингования двух разных производителей, характеристики которых указаны в таблице. Одновременно в работе 2 хона (третий и четвертый) на каждом из которых установлено по 6 керамических брусков, итого 12 шт.

Таблица 6.2 – Характеристики по применяемости, стойкости, размерам и стоимости инструмента различных производителей

| Форма, размер | Характеристика | Стойкость до полного износа | Качество на соответствие чертежу. | Комплект брусков шт. на 1 хон | Одновремено в работе хонов шт. | Операция | Стоимость 1 бруска |
|---------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------|--------------------|
| АБХ 80х6х8 | SCG 320 20 Ке 6268/F=03 | 400 | Да | 6 | 2 | плато | 762р |
| АБХ 80х6х8 | 63СМ28 М9 V | 2000 | Да | 6 | 2 | плато | 397р. |

Сравнительный анализ показал, что:

- стоимость керамических брусков 63СМ28 М9 V ниже на 48% относительно SCG 320 20 Ке 6268/F=03, показано на рисунке 6.11,
- стойкость керамических брусков 63СМ28 М9 V выше в 5 раз относительно SCG 320 20 Ке 6268/F=03, показано на рисунке 6.12,
- норма расхода керамических брусков 63СМ28 М9 V ниже в 5 раз относительно SCG 320 20 Ке 6268/F=03, показано на рисунке 6.13,

что в совокупности при использовании брусков 63СМ28 М9 V позволяет снизить затраты на операцию финишного платовершинного хонингования в 9,5 раз или в рублях 204 180 т.р. на 10 000 деталей.

Расчёт стоимости комплекта брусков из 12 шт. на два хона для обработки 10 000 дет.

12 шт. x 762 р. = 9 144 т.р. (стоимость одного комплекта брусков)

12 шт. x 397 р. = 4 764 т.р. (стоимость одного комплекта брусков)

10 000 дет. / 400 (стойкость инструмента) = 25 комплектов брусков *
9 144 т.р. = 228 600 т.р.

10 000 дет. / 2000 (стойкость инструмента) = 5 комплектов брусков *
4 764 т.р. = 23 820 т.р.

Норма расхода брусков - SCG 320 20 Ке 6268/F=03 = 25 (комплектов) *
12 шт. = 300 брусков

Норма расхода брусков 63СМ28 М9 V = 5 (комплектов) * 12 шт. = 60
брусков

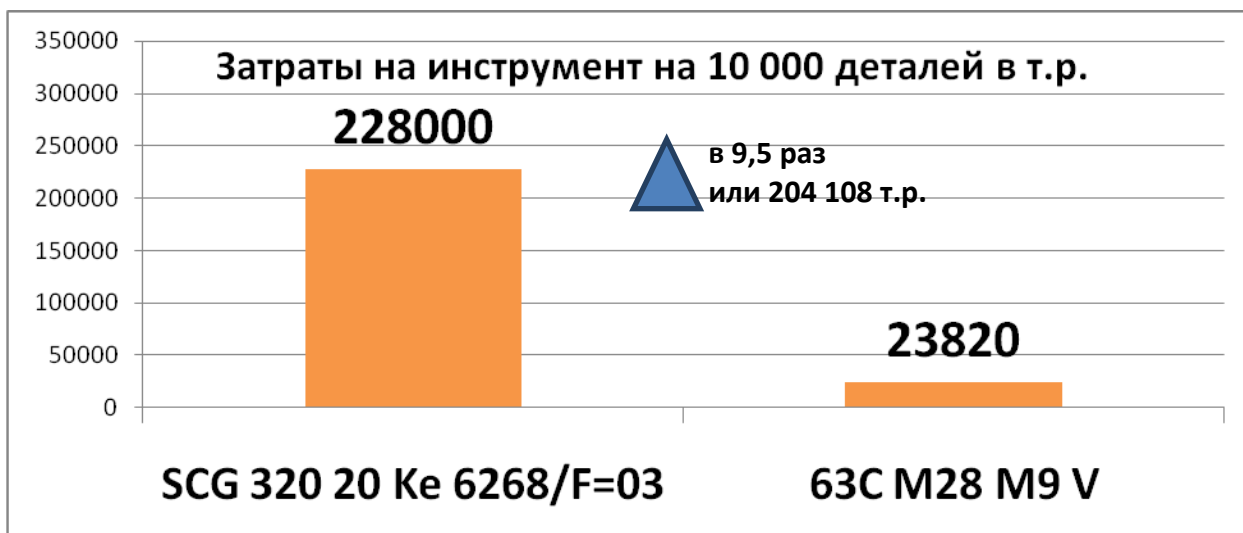


Рисунок 6.11 – Сравнение стоимости керамических брусков двух производителей.

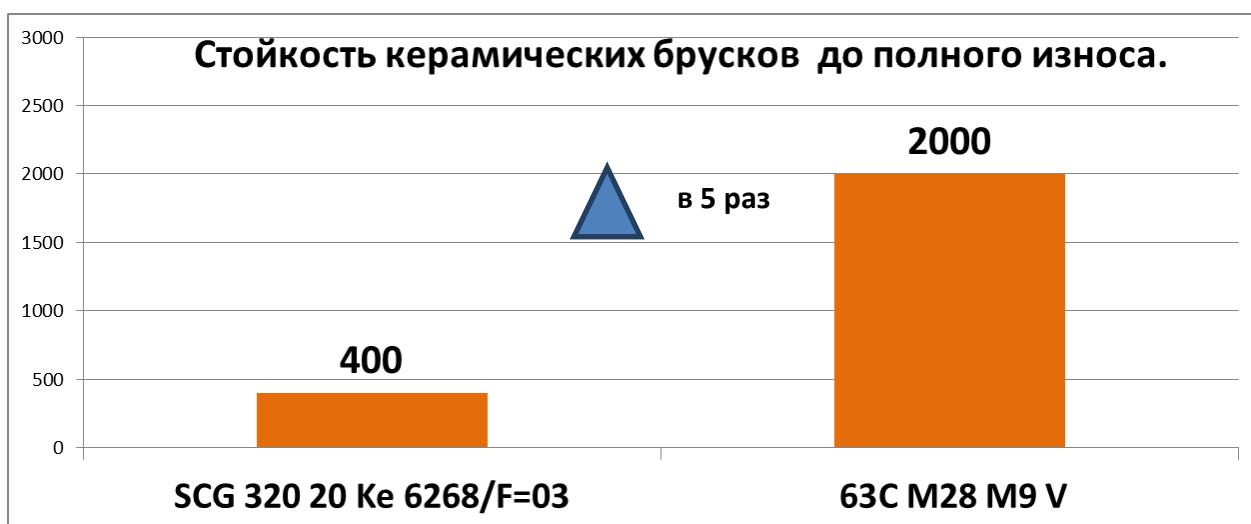


Рисунок 6.12 – Сравнение стойкости керамических брусков двух производителей до полного износа.

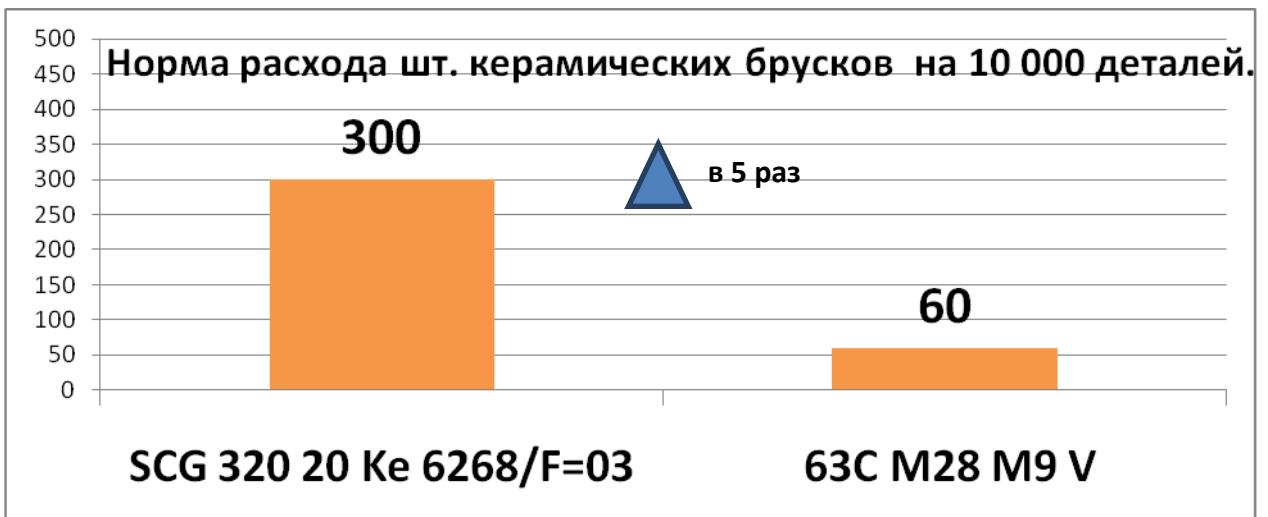


Рисунок 6.13 – Сравнение нормы расхода керамических брусков двух производителей

Расчет экономического эффекта двух производителей брусков в условиях массового производства при годовой программе 150 000 деталей в год показаны на рисунке 6.14.

$150\,000 \text{ (деталей)} / 400 \text{ (стойкость инструмента)} = 375 \text{ комплектов брусков} * 9\,144 \text{ т.р.} = 3\,429\,000 \text{ т.р.}$

$150\,000 \text{ дет.} / 2000 \text{ (стойкость инструмента)} = 75 \text{ комплектов брусков} * 4\,764 \text{ т.р.} = 357\,300 \text{ т.р.}$

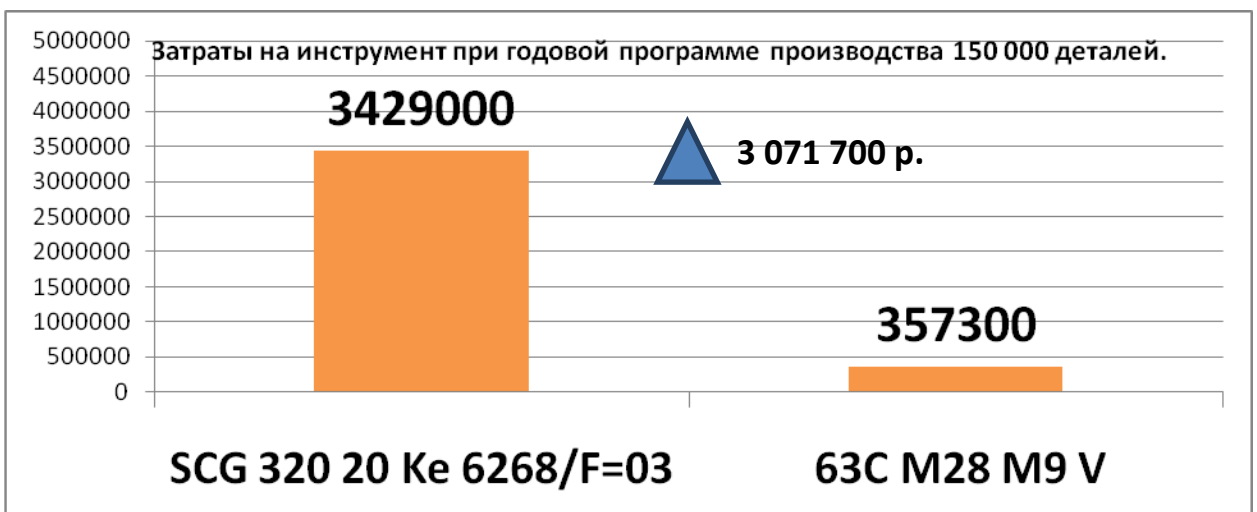


Рисунок 6.14 – Сравнение годовых затрат на инструмент керамических брусков двух производителей

Выводы:

Сравнительный анализ замеров параметров шероховатости показывает, что при одинаковых режимах обработки, скорости резания, количество ходов, углу резания, бруски разных производителей с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 и 63СМ28 М9 V показывают одинаковые показатели по качеству, находятся в одном и том же среднем интервале в пределах минимального и максимального граничного значения поля допуска по измеренным 6 показателям параметрам шероховатости: R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} .

Никакой четкой зависимости между износом керамического хонинговального инструмента и параметрами шероховатости с момента начала обработки первой и последней детали разных производителей с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 и 63СМ28 М9 V не выявлено.

Сравнительный анализ инструмента показал, что инструмент с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 имеет меньшую твердость, чем инструмент 63СМ28 М9 V, вследствие чего бруски этого производителя имеют меньшую стойкость.

Так же есть существенная разница в затратах, стоимость одного керамического бруска с характеристиками SCG 320 20 Ке 6268/F=03 на 48% выше, чем стоимость одного керамического бруска с характеристиками 63СМ28 М9 V.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной магистерской диссертации был проведен литературный обзор с целью ознакомления с контролируемыми параметрами микрогеометрии поверхности зеркала цилиндров ДВС, которые используются автопроизводителями, а так же методами получения данной поверхности. Рассмотрены случаи возникновения дефектов на стенках цилиндров, а так же возможные причины их возникновения, изучено оборудование для выполнения операции хонингования, контрольно-измерительное оборудование и их основные поставщики.

Произведен расчет зависимости перемещения хон брусков в хонингуемую поверхность гильзы блока цилиндров от усилия приложенного к штоку с помощью компьютерных технологий сделанный в программе САТИА.

В результате выполнения магистерской работы экспериментально проведено исследование микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС, дана оценка параметрам шероховатости после обработки керамическими брусками различных производителей по параметрам шероховатости R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} , изучен вопрос влияния износа инструмента на параметры шероховатости в период его стойкости.

Рассчитана экономическая эффективность и затраты на керамический инструмент двух производителей брусков в условиях массового производства при годовой программе 150 000 деталей в год.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что при одинаковых режимах обработки, скорости резания, количество ходов ,углу резания , бруски разных производителей с характеристиками SCG 320 20 Ke 6268/F=03 и 63CM28 M9 V показывают одинаковые показатели по качеству, находятся в одном и том же среднем интервале в пределах минимального и максимального граничного значения поля допуска по измеренным 6 параметрам шероховатости: R_a , R_z , R_k , R_{pk} , R_{vk} , M_{r2} .

Никакой четкой зависимости между износом керамического хонинговального инструмента и параметрами шероховатости с момента начала обработки первой и последней детали разных производителей с характеристиками SCG 320 20 Ke 6268/F=03 и 63CM28 M9 V не выявлено.

- Сравнительный анализ инструмента показал, что инструмент с характеристиками SCG 320 20 Ke 6268/F=03 имеет меньшую твердость, чем инструмент 63CM28 M9 V, в следствии чего бруски этого производителя имеют меньшую стойкость.

Так же есть существенная разница в затратах, стоимость одного керамического бруска с характеристиками SCG 320 20 Ke 6268/F=03 на 48% выше чем стоимость одного керамического бруска с характеристиками 63CM28 M9 V .

Применение керамических брусков с повышенной стойкостью в массовом производстве позволяет существенно снизить затраты на себестоимость единицы продукции и увеличить прибыльность и конкурентоспособность компании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прогрессивные методы хонингования /С.И. Куликов, Ф.Ф. Ривзанов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский. – М. : Машиностроение, 1983. –135 с.
2. 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.
3. Дегтярев, В.В. Курс Лекций по технологии автомобилестроения / В.В. Дегтярев. – М. : Машиностроение, 2003. – 102 с.
4. Cabanettes, F. //Roughness variations in cylinder liners in dused by honingtools’ wear / F. Cabanettes, Z. Dimkovski, B.-G. Rosén // Precision Engineering – 2015. – №41 – P. 40-46.
5. Yousfi, M. // Tribological performances of elliptic and circular texture patterns produced by innovative honing process/ M. Yousfi, S. Mezghani, I. Demirci, M. El Mansori // Tribology International [Электронный ресурс]. – URL : [www://elsevier.com/locate/triboint](http://www.elsevier.com/locate/triboint). – Загл. с экрана. (дата обращения: 15.05.2019).
6. Жуков, В.А. Технологический процесс плосковершинного хонингования цилиндров двигателей ВАЗ / В.А. Жуков. – Самарканд, 1989. – 89 с.
7. Mahle Group. [Электронный ресурс]. – URL: www.mahle.ru (дата обращения: 14.05.2019).
8. Жуков, Э.Л. Технология машиностроения. Часть 1 : Учебное пособие / Э.Л. Жуков, Козарь И.И. и др. – СПб : СПбГТУ, 1999. – 59с.
9. Критерии качества процесса хонингования. [Электронный ресурс]. – URL: www.sp-vms.com (дата обращения: 20.04.2018).
10. ГОСТ 2.309 – 73. Обозначение шероховатости поверхностей. Введ. 1973–11–09. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 14 с.

11. ГОСТ 24773 – 81. Поверхности с регулярным микрорельефом. Введ. 1981–10–06. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
12. Demirci, I. // Impact of superficial surface texture anisotropy in helical slide and plateau honing on ring-pack performance / I. Demirci, S. Mezghani, M. Yousfi, El. Mansori // Institution Mechanical Engineers, Engineering Tribology – 2015. – №5 – P. 1-8.
13. Wieslaw Grabon// Pawel Pawlus//,Slawomir Wos//, Waldemar Koszela//, Michal Wieczorowski// Effects of honed cylinder liner surface texture on tribological properties of piston ring-liner assembly in short time tests // Tribology International [Электронный ресурс]. – URL : [www://elsevier.com/locate/triboint](http://www.elsevier.com/locate/triboint). – Загл. с экрана. (дата обращения: 12.03.2019).
14. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов // Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов– М.: Издательство Московского государственного горного университета. – 2003. – 788 с.
15. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация В 3ч. Часть 2 Стандартизация : учебник для СПО // Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе – М : Издательство Юрайт. – 2018. – 481 с.
16. Бабичев, А.П. Хонингование // А.П. Бабичев, Ю.Н. Полянчиков, А.В. Славин, В.М. Шумячер, М.Ю. Полянчикова, Л.В. Гусакова. Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет – Донской государственный технический университет. – 2016. – 183 с.
17. Технические характеристики алюминиевого блока. [Электронный ресурс]. – URL: <http://wikimotors.ru> (дата обращения: 20.04.2019).
18. Технические характеристики чугунного блока [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.motors-vaz.ru/vaz21124.html> (дата обращения: 20.04.2019).
19. Hwa, K. Methods of preparing interna combustion engine cylinder bore surfaces for frictional improvement // Kong Chung Hwa, D. Ramasamy, K.

Kadirgama, M.M. Noor, M.M. Rahman, M. Samykano // International Journal of Surface Science and Engineering. – 2013. – P. 131–151.

20. Хонингование / С.И. Куликов, В.А. Романчук, Ф.Ф. Ривзанов, Ю.М. Евсеев. Справочное пособие. – М. Машиностроение, 1973. – 168с.

21. Сверлильные и хонинговальные станки / С.И. Куликов, П.В. Волоценко, Ф.Ф. Ривзанов, А.Л. Воронов – М. : Машиностроение, 1977 – 232 с. С ил.

22. Куликов, С.И. Прогрессивные методы хонингования / С.И. Куликов, Ф.Ф. Ривзанов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевский. – Москва : Машиностроение, 1983. – 135 с.

23. Бабаев, С.Г. Алмазное хонингование глубоких и точных отверстий / С.Г. Бабаев, Н.К. Мамедханов, Р.Ф. Гасанов. – Москва : Машиностроение, 1978. – 103 с.

24. Степанов, С.Н. Метрологическое обеспечение производства / С.Н. Степанов, А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов. – М. : Машиностроение, 2012. – 147 с.

25. Grzesik, W. Characterization of surface textures generated on hardened steel parts in high-precision machining operations / W. Grzesik, J. Rech, K. Żak // Journal of Materials. 2015. – P. 238-246.

26. Hu, Y. Mutual influence of plateau roughness and groove texture of honed surface on frictional performance of piston ring–liner system / Yang Hu, Xianghui Meng, Youbai Xie, Jiazheng Fan // Applied Surface Science. Т. 316. 2014. №1 – P. 102-107.

27. Давыдов, В.М. Анализ международной практики профильной и трехмерной оценки шероховатости поверхности / В.М. Давыдов, В.В. Заев, П.Н. Паночевный, Ю.А. Козаченко, О.В. Прохорец. – Хабаровск.: Изд-во ТОГУ, 2013. – 14с.

28. Новиков Ф.В. Исследования шероховатости поверхности при алмазно-абразивной обработке методами теории вероятности / Ф.В. Новиков,

В.Г. Шкурупий // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2004. – № 44. – С. 135-146.

29. Баранов, В.Л. Экспериментально-теоретический способ изучения кинетики износа поверхностей с регулярной микрогеометрией / В.Л. Баранов, В.Н. Лаврухин, Н.В. Третьяков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2012. – Вып. 11. – С. 320 – 323.

30. ГОСТ 2789-2017. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. — Взамен ГОСТ 2789-73; –Введ. 2017-07-13. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 8 с.

31. ГОСТ 19300-2017. Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры. — Взамен ГОСТ 19300-86; – Введ. 2017-07-13. – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 11 с.

32. Чеповецкий, И.Х. Методические указания по антифрикционному плосковершинному хонингованию гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / И.Х. Чеповецкий , В.Л. Стрижаков, А.В. Бараболя. – Киев, ИСМ АНУССР, 1986. – 11 с.

33. Производство деталей металлорежущих станков: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. –592 с.

34. Лукьянов, А.А. Расчет максимального перемещения хонинговальных брусков при обработке рабочей поверхности блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания / А.А. Лукьянов, А.В. Савельев, И.Н. Бобровский, О.О. Левицких, Н.М. Бобровский // Вестник современных исследований. 2018. № 9-1(2). — С. 166-169. URL: <http://orcacenter.ru/journal> (дата обращения: 01.12.2018).

35. Горшков, Б.М./ Рабочая позиция с жесткой межагрегатной связью / Б.М. Горшков, И.Н. Бобровский, Н.С. Самохина, А.В. Савельев // Вестник ЮУрГУ. Серия "Машиностроение". 2018. Т. 18, № 2. — С. 45-50.

36. Бобровский И.Н. Установка устройства на станке для формирования микрогеометрии поверхности / И.Н. Бобровский, О.О.

Левицких, А.В. Савельев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Методы прогнозирования в технике и технологиях», часть 2. Уфа: АЭТЕРНА, 2018. С. 29-31. ISBN: 978-5-00109-453-1.

37. Левицких, О.О. Технологические рекомендации для формирования микрогеометрии поверхности методом поверхностно-пластического деформирования / О.О. Левицких, А.А. Лукьянов, А.В. Савельев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники», часть 2. Уфа: АЭТЕРНА, 2018. С. 82-84. ISBN: 978-5-00109-456-2.

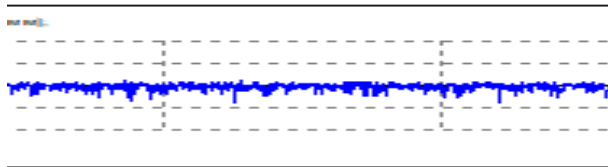
38. Лукьянов, А.А. Универсальное устройство для упрочнения поверхности поверхностным пластическим деформированием / А.А. Лукьянов, О.О. Левицких, А.В. Савельев // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Проблемы внедрения результатов инновационных разработок». Уфа: Омега Сайнс, 2018. С. 38-41. ISBN: 978-5-907019-75-1.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

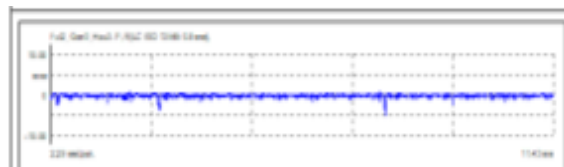
Профилограмма цилиндра №1

от 03.09.2017



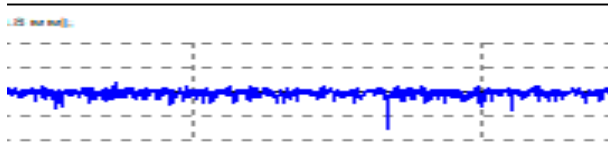
Профилограмма цилиндра №2

от 03.09.2017



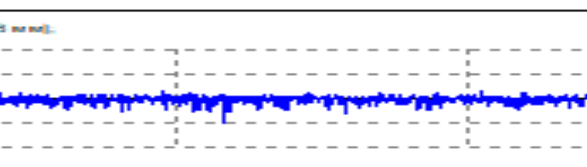
Профилограмма цилиндра №3

от 03.09.2017



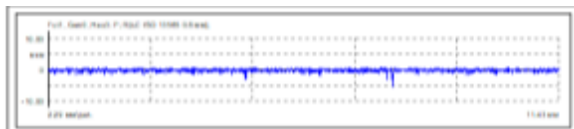
Профилограмма цилиндра №4

от 03.09.2017



Профилограмма цилиндра №1

от 05.09.2017



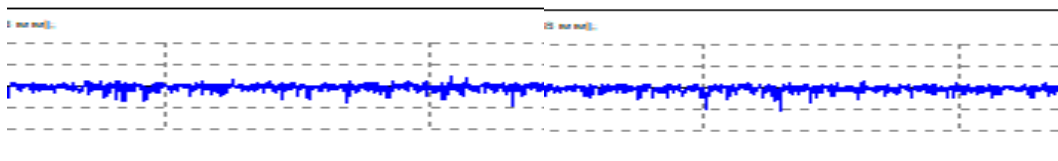
Профилограмма цилиндра №2

от 05.09.2017



Профилограмма цилиндра №3

От 05.09.2017



Профилограмма цилиндра №4

от 05.09.2017

Профилограмма цилиндра №1

От 19.09.2017

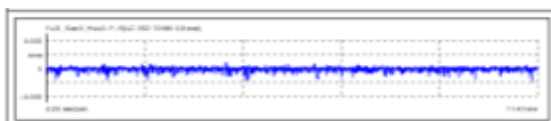


Профилограмма цилиндра №2

от 19.09.2017



Профилограмма цилиндра №3
От 19.09.2017



Профилограмма цилиндра №4
От 19.09.2017



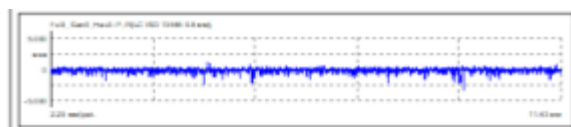
Профилограмма цилиндра №1
От 20.09.2017



Профилограмма цилиндра №2
от 20.09.2017



Профилограмма цилиндра №3
От 20.09.2017



Профилограмма цилиндра №4
от 20.09.2017



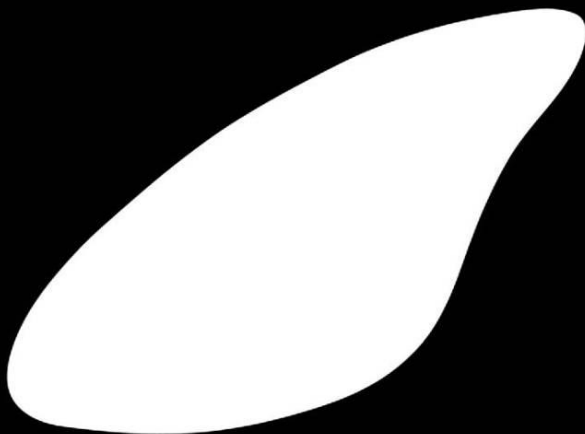
ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Опубликованные статьи

ОМСК

ВЕСТНИК СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

№ 9 - 1 (24)

2018



ИЦ «ОРКА»

ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

«Вестник современных исследований»

Выпуск № 9-1 (24) (сентябрь, 2018).

ISSN 2541-8300

Сайт: <http://orcacenter.ru/journal>

Издание предназначено для научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Журнал выпускается по материалам международной научно-практической конференции «Вопросы современных научных исследований».

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему Российского индекса научного цитирования – **РИНЦ** (на основании договора о включении журнала в РИНЦ от 15.02.2017 г. №79-02/2017).

За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых статей.

Учредитель и издатель: Научный центр «Орка», 644116, г. Омск, ул. Герцена, 65/1, тел. 8-950-950-21-18, <http://orcacenter.ru>, info@orcacenter.ru

| | |
|--|-----|
| Горбунов А.С. Особенности компьютерного моделирования однофазных выпрямительных трансформаторов и автотрансформаторов в пакете Matlab с учетом их реальных параметров..... | 135 |
| Горбунов А.С. Влияние индуктивности рассеяния фазообразующего трансформатора на спектр гармоник потребляемого тока при питании многопульсного выпрямителя | 138 |
| Гребеньков Д.В. Экспериментальное исследование гидродифференциального выпрямителя момента инерционной автоматической передачи | 142 |
| Зоткина А.А., Подопригора И.А., Маркин Е.И. Сравнительный анализ NoSQL баз данных | 146 |
| Ильин И.В. Алгоритмы извлечения правил искусственных нейронных сетей..... | 149 |
| Карачун О.О. Перспективы развития методики управления качеством в сфере Интернет-рекламы | 153 |
| Копырулина О.А. Выбор измерительного приемника..... | 155 |
| Loginova M.E. Corrosion on the marine rigs | 160 |
| Лопатина А.М. Искусственный интеллект - польза или опасность? | 162 |
| Лопатина А.М. Роль картографических веб-сервисов в рамках инфраструктуры пространственных данных. | 164 |
| Лукьянов А.А., Савельев А.В., Бобровский И.Н., Левицких О.О., Бобровский Н.М. Расчет максимального перемещения хонинговальных брусков при обработке рабочей поверхности блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания | 166 |
| Манаева А.Р., Мартынова Д.Ю. Структурная модель принятия решений при выборе пожаробезопасных линолеумов для объектов социального назначения | 170 |
| Мартынова Д.Ю. Об эффективности использования магнитоэластичных уплотнений в условиях запыленных сред..... | 173 |
| Мартынова Д.Ю., Манаева А.Р. Факторы, влияющие на износ узлов трения машин, работающих в условиях запыленной среды и при нестационарном режиме..... | 177 |
| Мирасова Л.Р., Мирасова А.Р. Анализ термогазодинамического расчета ГТУ на базе ГТД-110. | 180 |
| Мирасова Л.Р., Мирасова А.Р. Расширение функции программы, применяемое при сравнении методов сортировок одномерных массивов..... | 182 |
| Назаренко М.А., Колесников А.О. Методика распознавания лиц на изображении | 184 |
| Павлов Н.Г. Виды механического нагружения полимерных материалов | 189 |
| Подопригора И.А., Зоткина А.А., Маркин Е.И. Анализ проблемы использования реляционных баз данных в многопоточных приложениях | 191 |
| Рогинская Л.Э., Горбунов А.С. Исследование гармонического состава потребляемого тока фазообразующего трансформатора, работающего совместно с многопульсным выпрямителем | 193 |
| Рогинская Л.Э., Горбунов А.С. Способы построения схем автотрансформаторных преобразователей числа фаз | 197 |
| Серков С.А., Гаджиев К.Г., Гаджиев Д.К. Моделирование паровых турбин для автономных энергоустановок..... | 200 |
| Строева Т.С., Очкасова Е.О. Автоматизация работы учетных систем фирмы «1С», используемых на предприятиях пищевой промышленности, с системой Россельхознадзора ФГИС «Меркурий»..... | 203 |
| Суровцев М.В., Кузнецова Е.Ю., Белова И.М. Проектирование и разработка автоматизированного помощника кадровой службы..... | 206 |

УДК 621.923.5

Расчет максимального перемещения хонинговальных брусков при обработке рабочей поверхности блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания

Лукьянов А.А.¹, Савельев А.В.¹, Бобровский И.Н.², Левицких О.О.³, Бобровский Н.М.¹

Тольяттинский государственный университет¹

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева²,
Самарский научный центр РАН³

В статье рассмотрено моделирование обработки рабочей поверхности блока цилиндров двигателя внутреннего сгорания платовершинным хонингованием. Определены максимальное перемещение хон-брусков и максимальное напряжение в месте давления хон-брусков при номинальном усилии на штоке.

Ключевые слова: моделирование, платовершинное хонингование, CATIA.

Введение

В настоящее время на ПАО «АВТОВАЗ» для финишной обработки поверхностей ответственных деталей применяются технологии платовершинного хонингования [2, 5]. В качестве инструмента на данных операциях применяется хонинговальный брусок. Далее приведена 3D модель инструмента (рис 1).

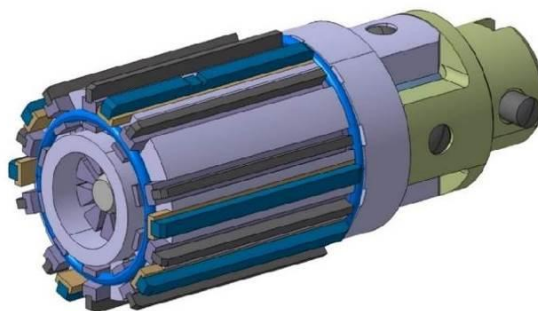


Рис.1. 3D модель инструмента

Хон состоит из корпуса, в котором установлены державки с припаянными на них хон-брусками, толкателя, клина, шарнира и хвостовика. При перемещении штока гидроцилиндра толкатель перемещает в осевом направлении клин, который перемещает в радиальном направлении державки с хон-брусками (рис 2).

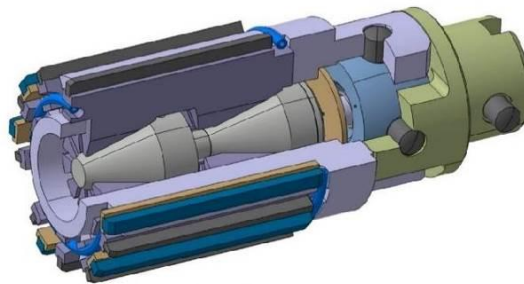


Рис. 2. Устройство инструмента

Целью моделирования приведенного в данном сообщении являлось установление максимального давления хонбрусков и его перемещения. В качестве среды моделирования была выбрана САПР CATIA [1]. Для различных элементов (заготовка, корпус, толкатель, клин, державка, хон-брусок) были выбраны различные материалы (таблица 1) [3, 4].

Таблица 1. Выбранные материалы

| Деталь | Материал | Предел прочности σ_{sp} МПа | Модуль Юнга Е, ГПа | Плотность ρ , кг/м ³ |
|------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| Заготовка | Чугун Gh 190B 200HB | 250 | 120 | 7200 |
| Корпус | Сталь 40ХГНМ 46...51 HRC | 1600 | 200 | 7860 |
| Толкатель | Сталь 9ХС 57...61 HRC | 1900 | 200 | 7860 |
| Клин | Сталь 19ХГН Цем. 57...61 HRC | 1000 | 200 | 7860 |
| Державка | Сталь ХВГ 50...55 HRC | 1700 | 200 | 7860 |
| Хон-брусок | Алмазный брусок | 700 | 7,6 | 4050 |

Искомые параметры были рассчитаны с помощью наложения сетки на 3D модель инструмента (рис. 3).

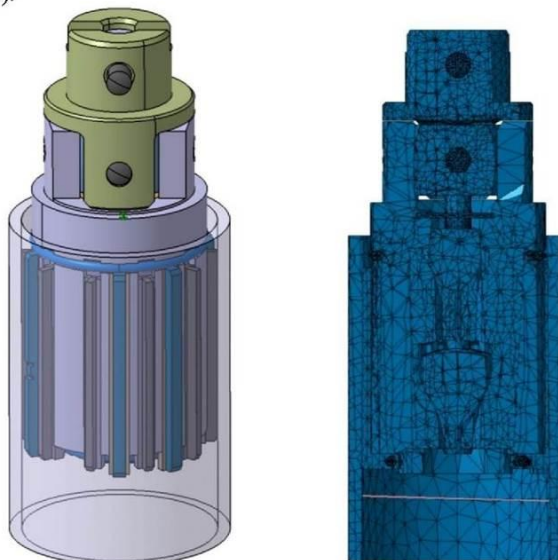


Рис. 3. Модель с наложенной сеткой

Для выполнения расчетов было приложено усилие от гидропривода на шток-толкатель и определено максимальное перемещение хон-брусков при усилии на штоке $P = 8728,29$ Н (рис. 4) [6].

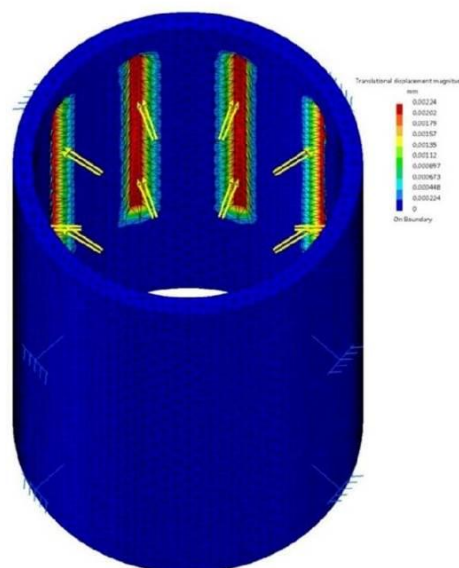


Рис 4. Результат моделирования при усилии на штоке $P = 8728,29$ Н

В результате расчета было выявлено, что максимальное перемещение хон-брусков составляет 0,00224 мм, Максимальное напряжение в месте давления хон-брусков составляет 1,42 МПа.

Список литературы:

1. Дежина И., Пономарев А. Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности. Форсайт. М.: ВШЭ, 2014. Т.8, № 2. С.16–29.
2. Кречетов А.А. Развитие метода конечных элементов для решения контактной задачи взаимодействия инструмента и обрабатываемой детали // Обработка металлов (Технология, оборудование, инструменты). 2014. № 3(64). С. 82-89.
3. Мельников П.А., Пахоменко А.Н., Лукьянов А.А. Математическая модель формирования микрорельефа шейки вала при обработке алмазным выглаживанием // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 2 (32-2). С. 104-111. URL: <http://elibrary.ru/download/23129708.pdf> (дата обращения: 13.11.2016).
4. Рудской А.И., Рыбин Ю.И., Цеменко В.Н. Моделирование пластического деформирования пористого материала в металлической оболочке // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 51. С. 26-31. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=12176770> (дата обращения: 19.08.2016).
5. Махалов М.С. Наследственная модель формирования остаточных напряжений поверхностного слоя в процессах поверхностного пластического деформирования // VII Международная научно-практическая конференция «Нанотехнологии и материаловедение в машиностроении. Упрочняющие технологии и функциональные покрытия», 23-25 сентября 2015 г., Кемерово, изд-во: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. С. 325-333.

6. Дмитриев А.И., Кузнецов В.П., Никонов А.Ю., Смолин И.Ю., Псахье С.Г. Моделирование процесса наноструктурирующего выглаживания на различных масштабных уровнях // Физическая мезомеханика. 2014. № 3(17). С. 6-13.

© А.А. Лукьянов, А.В. Савельев, И.Н. Бобровский, О.О. Левицких, Н.М. Бобровский,
2018

Статьи в трудах научных конференций

Международная научно-практическая конференция «Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники»



**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
ПО ПРИОРИТЕТНЫМ
НАПРАВЛЕНИЯМ НАУКИ
И ТЕХНИКИ**

**Сборник статей
Международной научно-практической конференции
25 февраля 2018 г.**

Часть 2

Пермь
НИЦ АЭТЕРНА
2018

УДК 001.1
ББК 60

Н 347
НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ НАУКИ И ТЕХНИКИ: сборник статей Международной научно-практической конференции (25 февраля 2018 г, г. Пермь). В 2 ч. Ч.2/ - Уфа: АЭТЕРНА, 2018. – 264 с.

ISBN 978-5-00109-456-2 ч.2
ISBN 978-5-00109-457-9

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно-практической конференции «НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ПО ПРИОРИТЕТНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ НАУКИ И ТЕХНИКИ», состоявшейся 25 февраля 2018 г. в г. Пермь. В сборнике статей рассматриваются современные вопросы науки, образования и практики применения результатов научных исследований

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку). **Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.** Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за точность цитат, имен, названий и иных сведений, а так же за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

При перепечатке материалов сборника статей Международной научно-практической конференции ссылка на сборник статей обязательна.

Сборник статей постатейно размещён в научной электронной библиотеке eLibrary.ru и зарегистрирован в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) по договору № 242-02/2014К от 7 февраля 2014 г.

УДК 001.1
ББК 60

ISBN 978-5-00109-456-2 ч.2
ISBN 978-5-00109-457-9

© ООО «АЭТЕРНА», 2018
© Коллектив авторов, 2018

_obzor_chetyreh_effektivnyh_modelej_120_mm_ventilyatorov_AeroCool_Corsair_Lepa_i_NoiseBlocker.html#4 (Дата обращения: 12.01.2018).

3. Бронежилеты с системой охлаждения от ЕМРА. Источник: <https://www.gearshout.net/bronezhilyeti-s-sistemoy-ohlazhdeniya-dlya-leta-ot-emra/> (Дата обращения 22.12.2017).

© В.Ю. Лобанов, А.Н. Горев, А.С. Нечаев, 2018

УДК 621.787.4

О.О. Левшиких,

инженер, Самарский научный центр РАН,

г. Самара, РФ

E - mail: loo - 05@mail.ru

А.А. Лукьянов,

Тольяттинский государственный университет,

г. Тольятти, РФ

E - mail: a.lukyanov@tehnomasch.ru

А.В. Савельев,

магистрант, Тольяттинский государственный университет,

г. Тольятти, РФ

E - mail: SavelievA - 86@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНО - ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Аннотация

Выполнены расчеты рекомендуемых режимов для финишной обработки методом поверхностного пластического деформирования деталей машин. Приведен расчет возникающего усилия на инденторе при обработке ППД. Даны рекомендации по выбору режимов обработки.

Ключевые слова

Поверхностное пластическое деформирование, упрочнение, СОТС, режимы обработки

Процесс поверхностно - пластического деформирования (ППД) кинематически аналогичен точению, только вместо резца применяется индентор, который, пластически деформируя поверхностный слой, выравнивает и упрочняет его [1].

Шероховатость поверхности заготовки после ППД может быть уменьшена приблизительно в десять раз [2]. 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. $Ra=0,08...0,32$ мкм

Обработка осуществляется за счет пластической деформации обрабатываемой поверхности индентором 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. Для расчета усилия при ИПД применяется формула [3, 4]:

$$P = KHV \left[\frac{DR}{D+R} \right]^2, \quad (1)$$

где K – 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 индентора.

Рекомендуемые режимы при обработке ИПД для различных материалов представлены в табл. 1.

Табл. 1 - Рекомендуемые режимы обработки ИПД

| Обрабатываемый материал | Твердость, HV | Шероховатость Ra, мкм | | Режимы ИПД | | |
|-------------------------|---------------|-----------------------|-------------|------------|----------|------|
| | | Исходная | После ИПД | 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 индентора, мм;

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

P – сила прижатия инструмента к обрабатываемой поверхности, Н.

Таким образом, при подборе режимов следует в первую очередь ориентироваться на твердость обрабатываемой поверхности (столбец 2 в таблице). Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что при обработке ИПД достигается снижение шероховатости поверхности до 0,02 мкм.

Проведение научно - исследовательской работы осуществляется при поддержке стипендии Президента Российской Федерации СП - 5175.2018.1.

Список использованной литературы:

1. Георгиев Д.С. Технологические возможности поверхностного пластического деформирования (ИПД) при завершающей обработке отверстий в направляющих

подшипников типа ведущих бронзовых втулках // *Металлообработка*. 2009. Т. 49, № 1. — С. 204 - 211.

2. Кузнецов В.П., Горцог В.Г., Дмитриева О.В. Инженерия плосковершинного регулярного микрорельефа поверхности при многоцелевой обработке деталей // *Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*. 2009. Т. 12, № 4. — С. 113 - 115.

3. Ежелев А.В., Бобровский И.Н., Лукьянов А.А. Анализ способов обработки поверхности - пластическим деформированием // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6 (часть 3). — С. 642 - 646. URL: <http://elibrary.ru/download/24588143.pdf> (дата обращения: 03.11.2017).

4. Мельников П.А., Пахоменко А.Н., Лукьянов А.А. Математическая модель формирования микрорельефа шейки вала при обработке алмазным выплаживанием // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2015. № 2 (32 - 2). — С. 104 - 111. URL: <http://elibrary.ru/download/55841500.pdf> (дата обращения: 20.02.2018).

© О.О. Левицких, А.А. Лукьянов, А.В. Савельев, 2018

УДК 653.13

Ш.М. Минатуллаев

ассистент кафедры технической эксплуатации автомобилей
ФГБОУ ВО «ДагГАУ имени М.М. Джамбулатова»
г. Махачкала, РФ

Д.Х. Нестеренко

ведущий инженер кафедры АТ ФГБОУ ВО «ОГУ»
г. Оренбург, РФ

МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОБУСНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ

Аннотация

Реакции автотранспортной системы на меняющийся пассажиропоток носят оперативный характер, формируют избыточную совокупность мало эффективных моделей. Такое хаотичное развитие определено отсутствием теоретических положений, учитывающих изменение состояния автотранспортной системы. В этой связи изучение особенностей технологии и организации перевозок пассажиров автомобильным транспортом в условиях многократного изменения пассажиропотоков является актуальной научной и практической задачей. Цель состоит в организации ритмичного взаимодействия различных видов пассажирского транспорта. Разработаны методы управляющих диспетчерских воздействий обеспечивающие эффективное функционирование автобусного транспорта.

Ключевые слова:

Управляющие диспетчерские воздействия, пассажиропоток, управление пассажирскими перевозками.

| | |
|--|-----|
| Каюмова Р.Ф., Шамина В.С. СОВРЕМЕННЫЙ МАКИЯЖ КАК СРЕДСТВО КОРРЕКЦИИ ФОРМЫ ГЛАЗ | 65 |
| М.В. Коломина M. V. Kolominova ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВОК В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ THE USE OF LOGGING WASTES IN THE REPUBLIC OF KOMI | 68 |
| Н.А. Краснопевцева, С.Н. Стычев, С.А. Мальцев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ЗАЛОГ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ | 71 |
| Е.С. Лаппо ГОСТИНИЧНАЯ ИНДУСТРИЯ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ – ЧТО ПРИНЕСЕТ БУДУЩЕЕ? | 73 |
| С.С. Лихолетов, А.А. Воробьев, Л.Л. Романов РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ ФАЙЛОВОГО МЕНЕДЖЕРА ДЛЯ ОС «LINUX» | 77 |
| В. Ю. Лобанов, А. Н. Горев, А. С. Нечаев СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ БРОНЕЖИЛЛЕТА | 79 |
| О.О. Левицких, А.А. Лукьянов, А.В. Савельев ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНО - ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ | 82 |
| Ш.М. Минатуллаев, Д.Х. Нестеренко МЕТОДИКА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОБУСНЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПассажиРопотоков | 84 |
| А.В. Николаев, О.А. Замолоцких, Э.А. Гальцева СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ АВИАЦИОННОЙ БОМБЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS | 89 |
| Хатит С.А. СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ | 94 |
| А.К. Черепанов РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ПАССАЖИРСКОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ЭП1М | 96 |
| Н.В. Шабунина, А.В. Назарова РЕОРГАНИЗАЦИЯ СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕДРЕНИЯ СУБД | 100 |

**Международная научно-практическая конференция «Методы
прогнозирования в технике и технологиях»**



**МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ**

**Сборник статей
Международной научно - практической конференции
20 февраля 2018 г.**

Часть 2

Тюмень
НИЦ АЭТЕРНА
2018

УДК 001.1

ББК 60

М 545

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ:

сборник статей Международной научно - практической конференции (20 февраля 2018 г. г. Тюмень). В 2 ч. Ч. 2 / - Уфа: АЭТЕРНА, 2018. – 171 с.

ISBN 978-5-00109-453-1 ч.2

ISBN 978-5-00109-454-8

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно - практической конференции «МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ТЕХНИКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ», состоявшейся 20 февраля 2018 г. в г. Тюмень. В сборнике статей рассматриваются современные вопросы науки, образования и практики применения результатов научных исследований

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку). **Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.** Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за точность цитат, имен, названий и иных сведений, а так же за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

При перепечатке материалов сборника статей Международной научно - практической конференции ссылка на сборник статей обязательна.

Сборник статей постранично размещён в научной электронной библиотеке eLibrary.ru и зарегистрирован в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) по договору № 242 - 02 / 2014К от 7 февраля 2014г.

УДК 001.1

ББК 60

ISBN 978-5-00109-453-1 ч.2

ISBN 978-5-00109-454-8

© ООО «АЭТЕРНА», 2018

© Коллектив авторов, 2018

УДК 621.787.4

И.Н. Бобровский,

с.н.с., Самарский университет, г. Самара, РФ

E - mail: bobri@yandex.ru

О.О. Левшиных,

инженер, Самарский научный центр РАН, г. Самара, РФ

E - mail: loo - 05@mail.ru

А.В. Савельев,

магистрант, Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти, РФ

E - mail: SavelievA - 86@mail.ru

УСТАНОВКА УСТРОЙСТВА НА СТАНКЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация

Разработано устройство для создания микрогеометрии на поверхностях деталей машин. Устройство предназначено для замены операций финишной обработки шлифованием и полированием. Приведены рекомендации по установке и настройке устройства.

Ключевые слова

Поверхностное пластическое деформирование, упрочнение, СОТС

Разработанный модуль предназначен для обработки поверхностей деталей методом поверхностного пластического деформирования (ППД), и предназначен для установки на промышленных станках. В результате обработки деталей формируется благоприятный микрорельеф поверхности для работы в условиях трения.

Устройство закрепляют в штатном резцедержателе токарного станка, зажимая в резцедержателе державку. Расстояние от базовой поверхности резцедержателя до оси центров станка должно быть не менее 25 мм, чтобы можно было установить ось индентора на оси центров станка. Схема установки и закрепления устройства в резцедержателе показана на рис. 1.

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

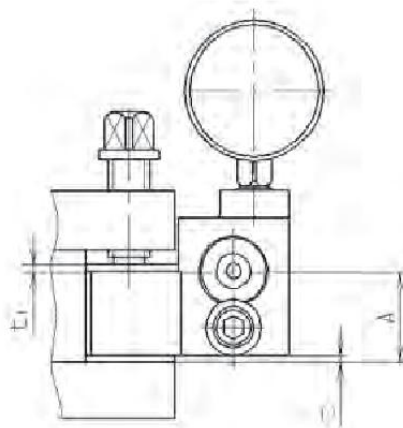


Рис. 1. Схема установки и закрепления устройства

На большинстве токарных станков среднего размера расстояние A равно 25 мм [1]. Следовательно, в этом случае следует использовать прокладку толщиной $t=1$ мм. На более крупных станках применяют подкладки соответственно больших размеров.

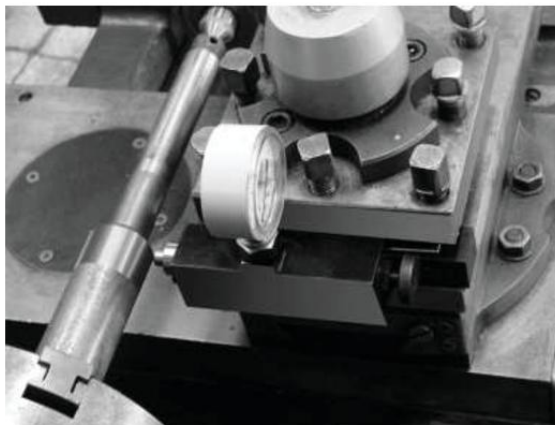
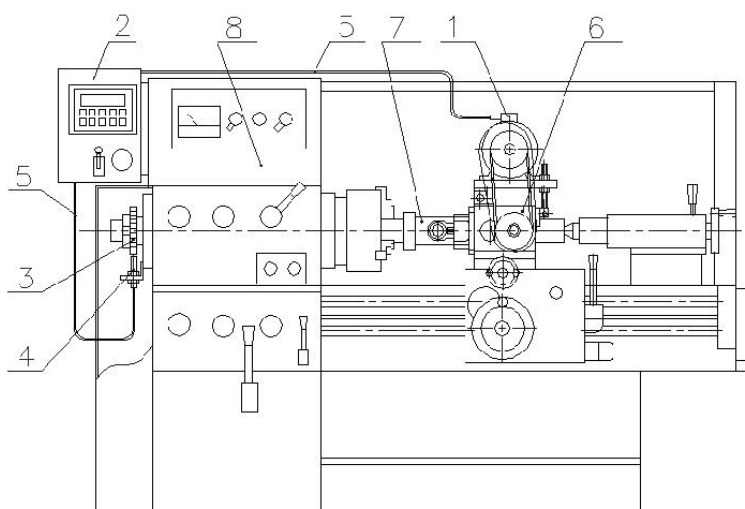


Рис. 2. Установка устройства на токарном станке

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



1 – Управляемый электродвигатель, 2 – преобразователь частотный с импульсной картой, 3 – зубчатый диск, 4 – датчик индуктивный, 5 – кабель, 6 – устройство для вибровыглаживания, 7 – обрабатываемое изделие, 8 – токарный станок

Рис. 3. Схема расположения оборудования

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 [2, 3].

Внешний вид установки устройства на станке хорошо виден также на фотографии (рис. 2). Общая схема расположения оборудования представлена на рис. 3.

Нанесение микрорельефа на поверхности деталей машин и инструментов представляется одним из перспективных направлений перехода к экологически чистому производству.

Проведение научно - исследовательской работы осуществляется при поддержке стипендии Президента Российской Федерации СП - 164.2018.1.

Список использованной литературы:

1. Кузнецов В.П. Методика определения параметров инструмента для упругого выглаживания деталей на основе моделирования нелинейной динамики процесса // Машиностроение и инженерное образование. 2009. № 3. – С. 18 - 26.

2. Кузнецов В.П., Горцог В.Г., Дмитриева О.В. Инженерия плосковершинного регулярного микрорельефа поверхности при многоцелевой обработке деталей // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2009. Т 12, № 4. – С. 113 - 115.

3. Мельников П.А., Пахоменко А.Н., Лукьянов А.А. Математическая модель формирования микрорельефа шейки вала при обработке алмазным выглаживанием // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2015. № 2 (32 - 2). — С. 104 - 111. URL: <http://elibrary.ru/download/55841500.pdf> (дата обращения: 20.12.2016).

© И.Н. Бобровский, О.О. Левицких, А.В. Савельев, 2018

УДК 656.02

Д.С.Борисов

студент 4 курса ВИШ, САФУ

г. Архангельск, РФ

E - mail: dmitriy - borisov.1995@yandex.ru

О.Н.Оруджова

канд. тех.наук, доцент САФУ

г. Архангельск, РФ

E - mail: o.orujova@narfu.ru

СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В АРХАНГЕЛЬСКЕ

Аннотация

Проанализировано состояние системы городского пассажирского общественного транспорта в городе Архангельске, даны рекомендации по ее совершенствованию.

Ключевые слова:

Пассажирский транспорт, объем пассажирских перевозок, автомобилизация

Пассажирский транспорт является частью многофункционального городского хозяйства. Городской транспорт выполняет функции связи между основными элементами города и

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО - МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

| | |
|--|----|
| В. А. Вавилов ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОВТОРНЫМИ ВЫЗОВАМИ | 6 |
| Галиев Ф. Ф. МЕТОДЫ ДОЗИМЕТРИИ | 13 |
| В.С. Гринь, В.В. Галушка МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕНДЕНЦИЙ ИЗМЕНЕНИЙ | 16 |
| И.С. Калашников НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА АВАРИЙНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ | 19 |

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

| | |
|---|----|
| К.С. Буракова ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ФИЗИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА В АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ | 25 |
|---|----|

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

| | |
|--|----|
| И.Н. Бобровский, О.О. Левицких, А.В. Савельев УСТАНОВКА УСТРОЙСТВА НА СТАНКЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ | 29 |
| Д.С.Борисов, О.Н.Оруджова СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ ПАССАЖИРСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА В АРХАНГЕЛЬСКЕ | 31 |
| Брикота Т.Б., Федорова Н.Б., Насыбулина В.П. ЖИРОВАЯ ОСНОВА МАРГАРИНОВ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ | 33 |
| А.А. Бураева ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН | 38 |
| М.И. Гончаров АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ДРАЙВЕРОВ СИЛОВЫХ ТИРИСТОРОВ | 40 |
| Бекимбетов К.Т., Джафаров Анар Адиль оглы, Гулиев Агарагим Натиг оглы, Рахматуллин Д.В. К ПРОБЛЕМЕ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В АКВАТОРИИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ | 43 |