

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Методика расчета параметров микрорельефа для финишной
обработки блока цилиндров мотора 21126

Студент

М.Г. Кадошников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Н.Ю. Логинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

д.т.н., доцент Н.Ю.Логинов

(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 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА ПОЛУЧЕНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ЗЕРКАЛА ЦИЛИНДРА.....	5
1.1. Способ получения микропрофиля зеркала цилиндра.....	5
1.2. Разновидность хонингования.....	6
1.3. Схема и сущность процесса хонингования.....	7
1.4. Смазочно-охлаждающие жидкости применяемые при хонинговании.....	9
1.5. Шероховатость поверхности.....	11
1.6. Виды хонинговальных брусков.....	14
1.7. Зернистость абразивных брусков.....	15
1.8. Вид связки абразивных брусков.....	16
1.9. Типы и размеры абразивных брусков.....	18
1.10. Алмазные зерна.....	19
1.11. Зернистость алмазных порошков.....	20
1.12. Концентрация алмазов.....	21
1.13. Связка алмазных брусков.....	22
1.14. Формы и размеры алмазных брусков.....	23
1.15. Специальные бруски.....	24
1.16. Хонинговальные головки.....	26
1.17. Технологическое оборудование.....	29
1.18. Режимы хонингования.....	30
1.19. Скорость вращения и возвратно - поступательного движения хонинговальной головки.....	32
1.20. Равномерность хонингования.....	33
1.21. Угол хонингования.....	34

1.22. Способ получения заготовки блока цилиндров.....	35
2. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИИ ПОВЕРХНОСТИ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ОТ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.....	39
2.1. Цель и задачи исследования.....	39
2.2. Оценка качества и используемое оборудование.....	40
2.3. Расчет припусков на механическую обработку.....	41
2.4. Сравнительный анализ поставщиков хонинговальных инструментов.....	44
2.5. Описание измерительного прибора.....	46
2.6. Описание процесса измерения.....	47
2.7. Экспериментальные данные кривой Аббота различных производителей.....	49
3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВХОДНЫХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТР.....	53
3.1. Исследование экспериментальных зависимостей разных поставщиков.....	53
3.2. Получение математической модели.....	56
4. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ХОНИНГОВАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ.....	62
4.1. Статический анализ хонинговальной головки.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ	73

ВВЕДЕНИЕ

Развитие надежных машин и механизмов с высокими показателями связано с повышением требований к точности и качеству изготовления их деталей. Среди распространенных способов финишной обработки деталей первое место занимает абразивная обработка, разновидностью которой является хонингование. Хонингование позволяет получить поверхность с высокой точностью размеров и малой шероховатостью и позволяет исправить пространственные погрешности.

1. Изучение вопроса получения микрогеометрии зеркала цилиндра.

1.1 Способ получения микропрофиля зеркала цилиндра.

При производстве рабочей части цилиндров используется операция плато-хонингования. Раньше применялась технология обычного хонингования.

В серийном производстве в настоящее время производится обработка в три ступени, для того чтобы получить высокое качество и точность внутренних поверхностей блока цилиндров. Алмазные хонинговальные бруски, которые применяются с инструментом черного хонингования, имеют задачу как обработки материала, так и уменьшение шероховатости внутренних поверхностей блока цилиндра, для того чтобы создать оптимальные условия для проведения финишной операции.

Финишная операция окончательно формирует поверхностный слой материала заготовки и уменьшает шероховатость поверхности и увеличивает надежность и долговечность данного изделия.

В автотракторном производстве при изготовлении блок цилиндров двигателя, к которой предъявляются высокие требования к шероховатости поверхности и точности изготовления внутренней поверхности. Микрогеометрия поверхности зеркала цилиндра представляет собой длину опорной поверхности с выступами и впадинами для размещения масла.

Такие показатели как износостойкость цилиндров, расход масла, долговечность ДВС являются определяющими показателями в двигателестроении, которые зависят от качества поверхности, определяемая шероховатостью, при финишной обработки.

1.2. Разновидность хонингования.

Рассмотрим основные виды хонингования и сделаем обобщающую таблицу 1.2. [1, стр.129]

Таблица 1.2 - Виды хонингования.

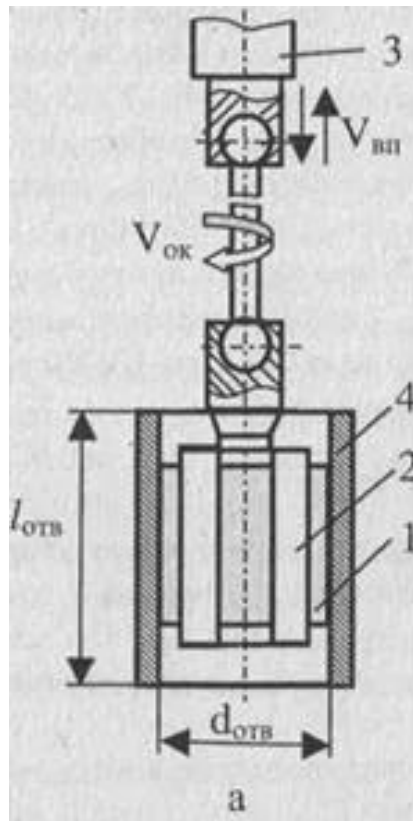
Вид хонингования	Сущность процесса хонингования
Хонингование с осцилирующим движением.	Разновидностью обычного хонингования является хонингование с гармоническим колебанием хонинговальной головки, дополняемым движением в осевом направлении. Особых отличий в качестве обработанных поверхностей и точности геометрической формы по отношению к традиционному хонингованию не наблюдается.
Сухое хонингование	Хонингование применяется в электротехнической промышленности для обработки внутренних поверхностей электротехнической продукции, из-за применения электрической обмотки, система подачи охлаждающей жидкости не наблюдается [1, стр.130]. Из-за погрешностей невозможно добиться минимального расположения воздушного зазора между ротором и статором, что является следствием уменьшения мощности двигателя и появление биения системы во время работы.

1.3 Схема и сущность процесса хонингования.

Исходя из рисунка 1.3.1, на котором проиллюстрирована схема комбинированного движения хонинговальной головки в процессе обработке внутренней поверхности заготовки 4. Хон- головка связана со шпинделем станка 3 и совершает комбинированное окружное движение и возвратно-поступательное. Синхронно с этим перемещаются в радиальном направлении бруски 1 с жестко связанным с ними корпусом 2, обеспечивая интенсивность съема материала. Движение хонинговальных брусков в радиальном направлении происходит с помощью разжимного механизма, который содержится в шпиндельной бабке станка [1, стр. 5].

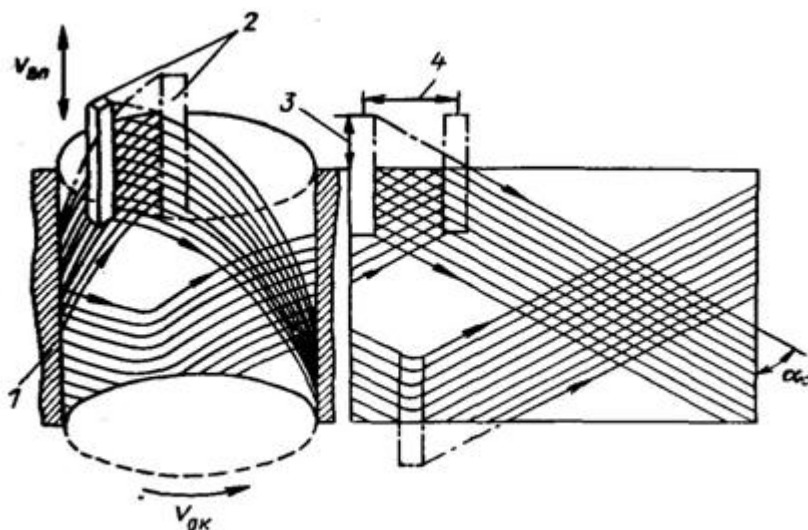
Кинематика движений хонинговальной головки характеризует традиционную для хонингования картину, состоящая из рисок, продемонстрированы на рисунке 1.3.2 в виде пересекающихся винтовых линий.

На рисунке 1.3.2 выделены крайние точки хонинговального бруска за один двойной ход хонинговальной головки : вначале движения в осевом направлении вниз и в обратном направлении вверх и в конце первого двойного хода [1, стр. 6]. "Из-за количества оборотов, которые не кратны числу двойных ходов хонинговальной головки, перемещается по окружности в конце каждого двойного хода на определенную величину" [1, стр.6]. Вследствие этому абразивные зерна хонинговальных брусков при осевом движении головки не повторяют пути, из-за этого происходит снижение шероховатости отверстия. Реверсное направление движения последующего хода возникает из-за изменения направления на режущие зерна усилий резания, что хорошо влияет на самозатачивание процесса хонингования, способствующие восстановлению режущей способности брусков. Под действием нормальных к обрабатываемой поверхности усилий режущие зерна абразива внедряются на некоторую глубину обрабатываемой заготовки и снимают с поверхности припуск [1, стр. 6].



1-хон-брусок; 2-корпус хонинговальной головки; 3-шпиндель; 4-обрабатываемая заготовка.

Рисунок 1.3.1 - Схема комбинированного окружного и возвратно-поступательных движений при хонинговании отверстия.



1 — обрабатываемая деталь; 2 — хонинговальный брусок; 3 — величина перебега; 4 — перекрытие.

Рисунок 1.3.2 - Сетка рисок при хонинговальной обработки отверстия.

1.4. Смазочно-охлаждающие жидкости применяемые при хонинговании.

Традиционное хонингование происходит при подаче охлаждающей жидкости в зону контакта, что обуславливает удаление стружки и отвод тепла и оказывает смазывающее воздействие, которое улучшает условия резания.

В результате контакта бруска и заготовки в зоне резания выделяется тепло. "Дополнительно тепло образуется из-за трения связки и поверхностью детали проиллюстрировано на рисунке 1.4 [1, стр.7]. Эксперименты показали, что тепловыделение алмазных брусков в разы ниже, чем при абразивном. За счет высокой режущей способности алмазных зерен.

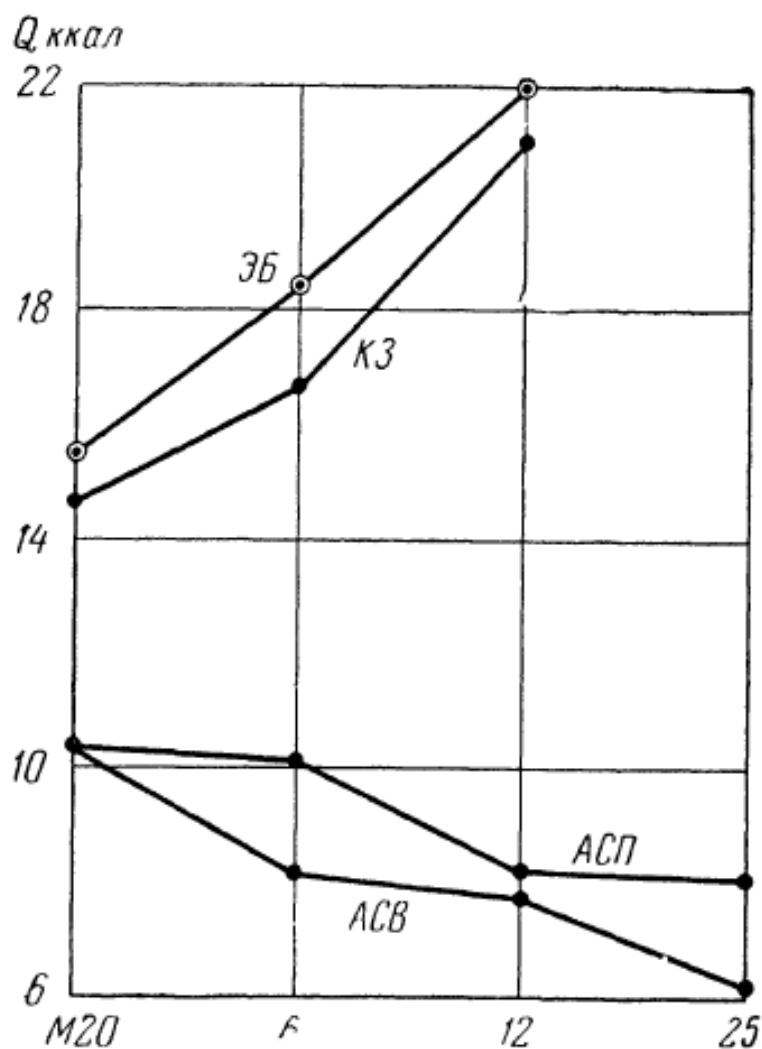


Рисунок 1.4 - График изменения тепловыделения Q в зависимости от материала и зернистости режущих зерен брусков.

В жестких условиях бруски могут затупиться, которое в свою очередь ведет к их засаливанию и прекращения металлосъема. Засаливание состоит в том, что в промежутки между зернами и в поры брусков вкрапливаются частицы снятого металла. Они прессуются, размеры их постепенно увеличиваются и на обрабатываемой поверхности возникают царапины и надир, а съем металла снижается [1, стр. 7].

Качество хонингованной поверхности зависит не только от применяемых брусков, но и от правильно выбранной смазочно-охлаждающей жидкости для операций хонингования. При хонинговании цилиндра блока ДВС струя СОЖ непрерывно поступает в зону обработки. [2,стр.75]

СОЖ на операциях хонингования применяется не только масляного, но и эмульсионного типа на водной основе и несет две основные функции.

1. Отмывание зоны резания от стружки, абразива, графита из чугуна.
2. Теплоотвод из зоны резания

При неправильном подборе СОЖ неизбежно происходит «натягивание» металла на сетку хонингования. Кроме того, случается налипание металла на брусок и даже выкрашивание бруска. Чтобы избежать этих неприятностей, надо применять только СОЖ, рекомендованную фирмой производителем конкретных хонинговальных брусков. Надо следить за качеством фильтрации СОЖ в станке и не пытаться экономить на сроках его замены. Стоимость СОЖ в общем расчете расходов на хонингование составляет всего 1% от стоимости брусков, израсходованных за то же время [1, стр.8].

1.5. Шероховатость поверхности.

Шероховатость поверхности — совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующих рельеф поверхности и рассматриваемых в границах участка, длину которого выбирают в зависимости от характера поверхности. Длина участка l , принимаемая для измерения шероховатости без учета волнистости и огранки с большими шагами, называется базовой длиной. С уменьшением высоты микронеровностей обычно уменьшается их шаг и в соответствии с этим меньше базовая длина рисунок 1.5.1. Шероховатость поверхности оценивается двумя критериями, установленным ГОСТом. [1, стр.10].

1) Среднеарифметическим отклонением профиля R_a , под которым понимают среднее значение расстояний $y_1, y_2 \dots y_n$ точек измеренного профиля m до его средней линии x без учета алгебраических знаков. В уравнение 1.5.1 представлено среднеарифметическое отклонение профиля R_a .

$$R_a = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad 1.5.1$$

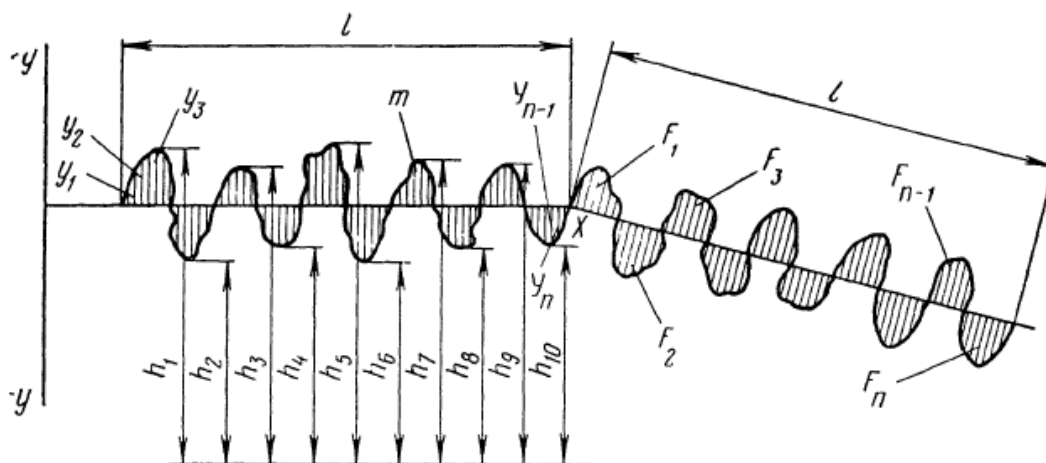


Рисунок 1.5.1 - Микропрофиль реальной поверхности.

2) Высотой неровностей R_z , называют средним расстоянием между находящимися в пределах опорной длины пятью максимальными точками и пятью минимальными точками, измеренное от линии, параллельной средней линии (1.5.2).

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5} \quad 1.5.2$$

Наилучший метод оценки качества хонингованной поверхности зеркала цилиндра — измерение шероховатости при помощи кривой опорной поверхности (кривой Аббота). Кривая Аббота реализуется путем регистрации по DIN 4762 в зависимости от глубины резания.

Систематическим отсеканием вершин на диаграмме показывается зависимость высоты профиля от доли профиля, достигающей такой высоты. Диаграмма аппроксимируется двумя характеристическими прямыми: первая соединяет нулевую точку и точку излома кривой, вторая проходит через точку излома и через точку соответствующую 100% несущей компоненты шероховатости R_t . Расстояние между точкой излома и нулевой точкой является параметром шероховатости A и соответствует глубине профиля поверхности зеркала цилиндра значению которой соответствует доля несущей поверхности B в %. 100% значение доли несущей поверхности соответствует значению максимальной глубины профиля поверхности зеркала цилиндра – параметр C – средняя глубина выпадающих значений. Заштрихованная область на рисунке 1.5.2 показывает объем удерживаемого масла в карманах образованных следами хонингования.

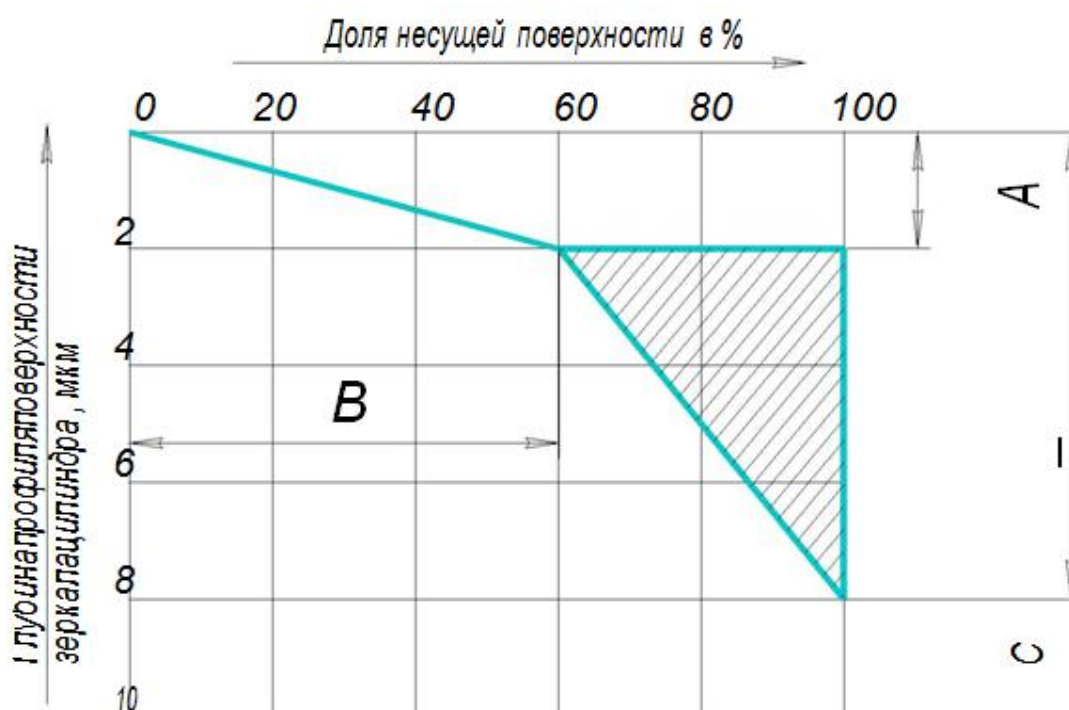


Рисунок 1.5.2 - Объем удерживаемого масла.

Эти три параметра A, B, C записанные через дробную черту представляют международный параметр t_R который характеризует кривую Аббота. Вычисление объема сохраняемого масла становится возможным по специальной формуле 1.5.3.

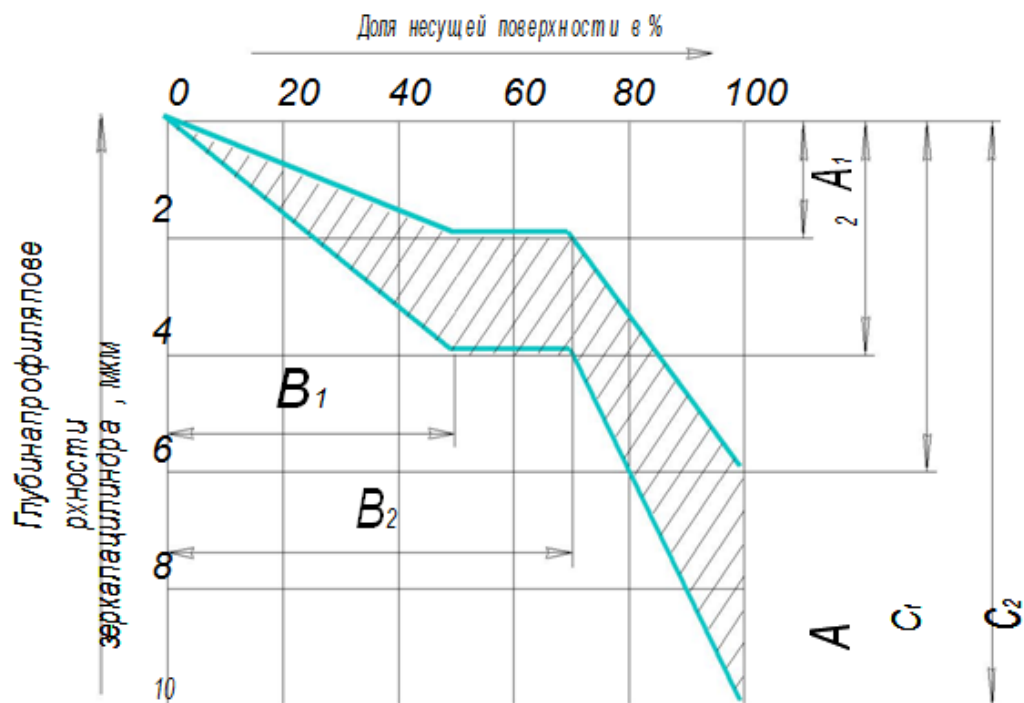
$$V_0 = (100 - B)(C - A)/2000 \text{ мм}^3/\text{см}^3 \quad 1.5.3$$

Параметры кривой Аббота определяются современными средствами контроля шероховатости автоматически, при этом вид кривой выдается на печать или самописец прибора, а параметры точек перегиба определяются по соответствующему алгоритму. На рис.1.5.3 представлена кривая Аббота с полем допуска:

A_1A_2 – поле допуска по шероховатости несущей поверхности в мкм.

B_1B_2 – доля несущей поверхности в %.

C_1C_2 – среднее значение выпадающих значений (допуск) в мкм.



Параметр шероховатости несущей поверхности $TR = 2...4\text{мкм} / 50...70\% / 6...10\text{мкм}$

Рисунок 1.5.3 - Поле допуска несущей поверхности.

1.6. Виды хонинговальных брусков.

Виды хонинговальных брусков представлены в таблице 1.6

Таблица 1.6 - Виды хонинговальных брусков.

Абразивные бруски	Рассмотрим основные виды абразивных материалов. Электрокорунд получают в электрических печах металлургическим путем в виде кристаллической окиси алюминия. Электрокорунд бывает нормальный и белый. В первом содержание окиси алюминия меньше, чем у белого. С увеличением содержания окиси повышаются твердость, прочность и режущие свойства зерен электрокорунда, но одновременно с этим возрастает их хрупкость. "Эльбор - химическая связь азота и бора. Данный синтетический абразивный материал представляет собой монокристалл с большим числом вершин, образующие режущие элементы (поверхности). В процессе изнашивания появляется скалывание отдельных частей зерен и вследствие этого происходит образование режущих кромок. Поэтому зерна эльбора имеют способность самозатачиваться"[1, стр.14].
Алмазные бруски	"Применяются зерна природных и синтетических алмазов. При применение кристаллов алмазов при изготовлении хонинговальных брусков, наибольшее значение имеют такие свойства, как твердость, прочность, жесткость. Для изготовления хонинговальных брусков преимущественно применяют синтетические алмазы, обладающие высокой стабильностью свойств, работоспособностью.

1.7.Зернистость абразивных брусков

Искусственный абразивный материал подвергают дроблению, а затем сортируют по размерам зерен. Различают три группы представленные на рисунке 1.7: шлифзерно, шлифпорошки и микропорошки [1, стр.14].

Номер зернистости (в сотых долях мм)	Размер зерен основной фракции в мкм	Номер зернистости (в сотых долях мм)	Размер зерен основной фракции в мкм
Для продуктов рассева		Для продуктов гидроклассификации	
200	2500—2000	M63	63—50
160	2000—1600	M50	50—40
125	1600—1250	M40	40—28
100	1250—1000	M28	28—20
80	1000—800	M20	20—14
63	800—630	M14	14—10
50	630—500	M10	10—7
40	500—400	M7	7—5
32	400—315	M5	5—3
25	315—250		
20	250—200		
16	200—160		
12	160—125		
10	125—100		
8	100—80		
6	80—63		
5	63—50		
4	50—40		
3	40		

Рисунок 1.7 - Зернистость абразивных материалов.

"Первые две группы получают путем рассева зерен на ситах, а порошки третьей группы - с использованием жидкости и контролем зернового состава микроскопическим методом. При выборе зернистости необходимо учитывать марку обрабатываемого материала, заданную шероховатость поверхности, снимаемый припуск".

1.8. Вид связки абразивных брусков.

В производстве применяют самые распространенные виды связок инструмента: неорганические и органические. Рассмотрим самые распространенные связки при абразивном хонинговании:

"Неорганические связки состоят из многокомпонентных смесей, соотносящиеся в определенных пропорциях из измельченных сырых материалов: огнеупорной глины, полевого шпата, талька. Минусом неорганической связки является ее высокая хрупкость, из-за этого возникают круги на этой связке, которые не могут применяться при динамических нагрузках. Вследствие низкого предела прочности при изгибе применение инструмента с керамической связкой не применяется на отрезных операциях" [1, стр.16].

"Бакелитовая связка - состоит из фенолформальдегидной смолы жидкие и порошкообразные с наполнителями неорганической природы. Преимущества абразивного инструмента на бакелитовой связке, который обладает высокой прочностью при сжатии и высокой прочностью при динамических нагрузках, лидирую по этим критериям с инструментом на керамической связке. Так как бакелитовая связка обладает высокой прочностью, что позволяет инструменту работать при ударных нагрузках и максимальных скоростях резания. К недостаткам следует отнести низкую теплостойкость, вследствие чего происходит разрушение связки при температурах 400° - 700°С, бакелитовая связка не имеет достаточную устойчивость к воздействию щелочных растворов, что ограничивает применение охлаждающих жидкостей.[1, стр.16]".

"Вулканитовая связка - связка, которая состоит из синтетический каучука. В качестве добавок выступает вулканизирующий агент - сера, ускорители вулканизации минеральные и органические наполнители. Инструмент, состоящий из вулканитовой связке обладает эластичностью и плотностью, поэтому широко применяется в шлифовании и полировании [1, стр.16]".

"Глифталевая связка - химическая связь глицерина с фталевым ангидридом, обладающим очень низкой теплостойкостью (120°С). Из-за низкой твердости инструмент на данной связке применяется в операции полировании при рабочей скорости не выше 40 м/с [1, стр.18]".

"Эпоксидную и полиэфирную связки в основном применяют для изготовления абразивных деталей, которые применяются во вращающихся барабанах и вибрационных контейнерах для снятия заусенцев [1, стр.18]". Твердость определяют, измеряя глубину лунки, полученной при вдавливании в тело бруска стального шарика под действием постоянной нагрузки. При выборе структуры брусков следует учитывать обрабатываемый материал, требования к шероховатости поверхности и величину снимаемого припуска. Структура абразивных брусков характеризует соотношение объемов

абразивных зерен, связки, пор и их взаимное расположение в бруске. В зависимости от процентного содержания зерен в полном объеме бруска установлена единая шкала структур для всех видов абразивных инструментов представленного на рисунке 1.8 .

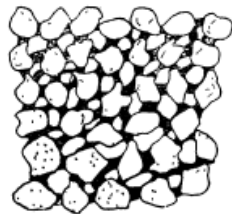
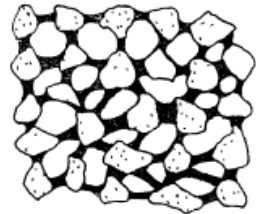
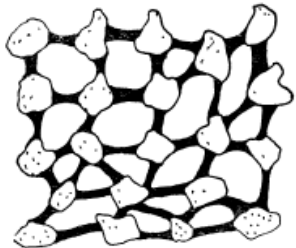
№ струк- туры	Объемное содержание зерен в %	Наименование структуры	Эскиз
1 2 3 4	60 58 56 54	Закрыва- емая (плотная)	
5 6 7 8	52 50 48 46	Средняя	
9 10 11 12	44 42 40 38	Открытая	

Рисунок 1.8 - Структура зерен абразивного материала.

1.9. Типы и размеры абразивных брусков.

Для хонингования применяют абразивные бруски трех типов. Квадратный, плоский, плоский (специальный). Хонинговальный брусок маркируют, нанося на него данные об изготовителе, о виде абразивного материала, о номере структуры, зернистости, твердости и связки представленные на рисунке 1.9 [1, стр.21].

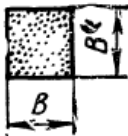
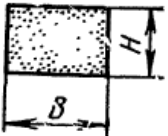
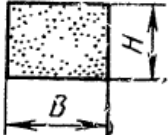
Обозначение типа бруска по ГОСТу 2456—67	Наименование	Эскиз
БКв	Квадратный	
БП	Плоский	
БХ	Плоский для хонингования (специальный)	

Рисунок 1.9 - Типы абразивных брусков.

1.10. Алмазные зерна.

"Для изготовления алмазных брусков применяют зерна природных и синтетических алмазов. Алмаз является самым твердым из существующих в природе минералов, имеет наиболее высокий модуль упругости, обладает кислотостойкостью и хорошо проводит тепло. 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 [1, стр.23]".

Для изготовления хонинговальных брусков преимущественно применяют синтетические алмазы, обладающие высокой стабильностью свойств и 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 рисунок 1.10.



Рисунок 1.10 - Структура алмазного бруска.

1.11. Зернистость алмазных порошков.

В современном производстве различают шлифпорошки и микропорошки. Зернистость микропорошка зависит от размера зерна. 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. Микропорошки делают следующих марок: АСМ и АСН - из синтетических алмазов и АМ и АН - из природных материалов представленные на рисунке 1.11. Микропорошки обладают повышенной абразивной способностью и применяются в особых случаях при обработке сверхтвердых хрупких материалов [1, стр.25].

Средний размер зерна, мкм	Япония, JIS R6001-87	США, ANSI B74-12, B74-10	Германия, FEPA 32GB, 33GB	Россия, ГОСТ 9206-81 (алмазы)	Россия, ГОСТ 3647-80
2500-2000				2500/2000	200
2000-1600		12		2000/1600	160
1600-1250				1600/1250	125
1250-1000		16		1250/1000	100
1000-800		20		1000/800	80
800-630		24		800/630	63
630-500		30	36	630/500	50
500-400		36-40	40	500/400	40
400-315		50	50	400/315	32
315-250				315/250	25
250-200		60	60	250/200	20
200-160		80	80	200/160	16
160-125		100	100	160/125	12
125-100				125/100	10
100-80		120	120	100/80	8
80-63	150	150	150	80/63	6
63-50	220-240	220-240	220-230	63/50	5
50-40	280-320	280	240-280	50/40	4
40-28	360-400	320	360	40/28	3, M40
28-20	600	400		28/20	M28
20-14	700	500	400	20/14	M20
14-10	800-1000	600-800	500	14/10	M14
10-7	1200-1500	1000	600-800	10/7	M7
7-5	2000-2500	1200	1000	7/5	M5
5-3	3000-4000		1200	5/3	M3
Менее 1	6000-8000			1/0	

Рисунок 1.11 - Зернистость алмазных порошков.

1.12. Концентрация алмазов.

В алмазных хонинговальных брусках зерна содержатся лишь в верхнем рабочем слое, называемом алмазоносным слоем. Концентрация алмазов определяется их содержанием в рабочем слое бруска по весу в единице объема или процентным объемным соотношением зерна и связки. Алмазные бруски обычно изготавливают с концентрацией алмазов 50, 100 и 150%. Алмазные бруски с металлической связкой отличаются высокой плотностью и почти полным отсутствием пор. Рабочий слой состоит лишь из связки и распределенных по ее объему алмазных зерен [1, стр.27].

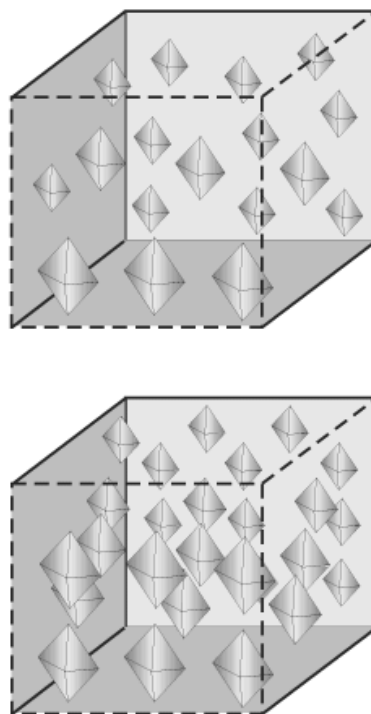


Рисунок 1.12 - Схема концентрации алмазов.

Необходимо руководствоваться двумя правилами при подборе оптимальной концентрации.

1) При небольшой площади контакта между бруском и заготовкой, необходимо выбрать высокую концентрацию алмазов, за счет этого обеспечивается высокая износостойкость инструмента.

2) При большой площади контакта, необходимо снизить температуру в зоне резания и уменьшить контактное давление. В этом случае выбирают низкую концентрацию.

1.13. Связка алмазных брусков.

Алмазные бруски чаще изготавливают с металлическими связками. Бруски с бакелитовой 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 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 [1, стр.28]".

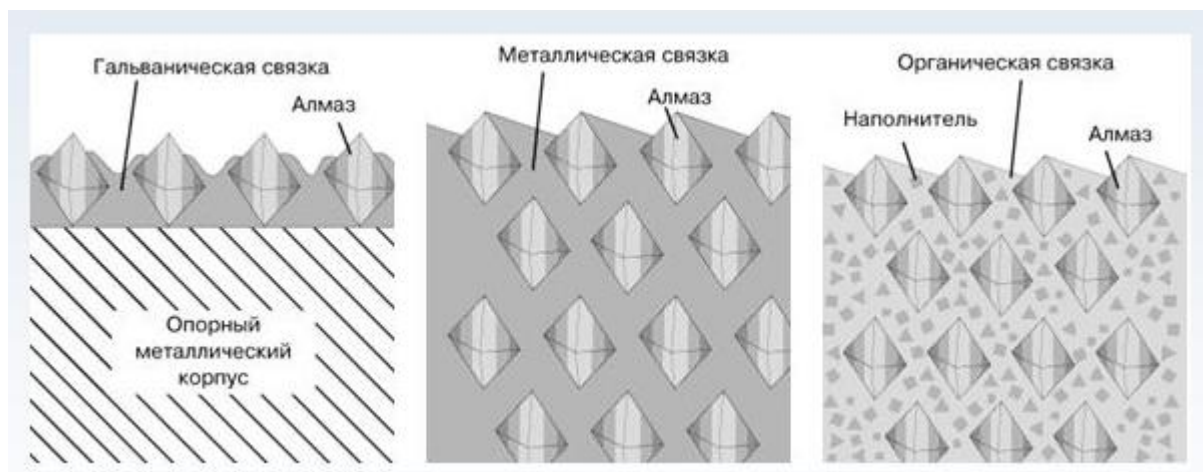


Рисунок 1.13 - Разновидности связок алмазных брусков.

1.14. Формы и размеры алмазных брусков.

Основанием бруска является стальная подложка из углеродистой стали, а при значительной длине брусков для устранения поводки при спекании - из стали ХВГ. Для получения равномерного рабочего слоя бруска подложку обрабатывают по цилиндрической поверхности, а для обеспечения лучшего сцепления с алмазоносным слоем покрывают медью рисунок 1.14.

В настоящее время пег государственного стандарта на типы и Размеры алмазных брусков. В табл.1.15 приведена основная номенклатура алмазных брусков по ГОСТ 16606—71 [1, стр.30].

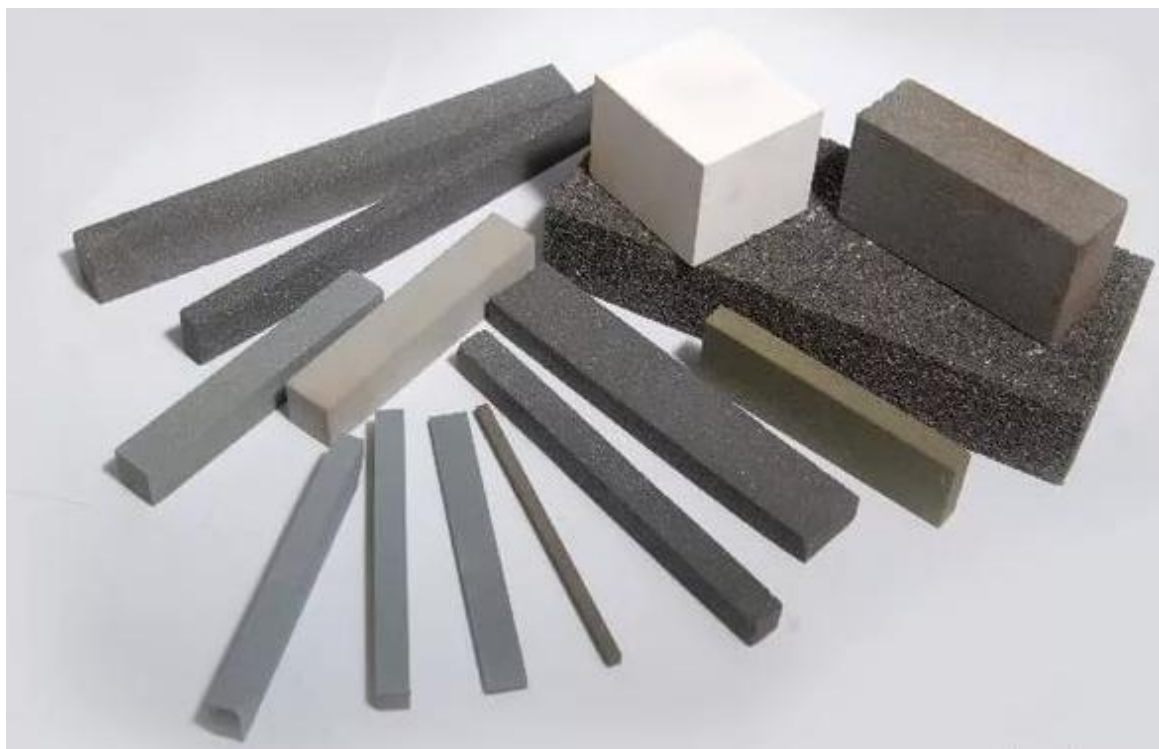


Рисунок 1.14 - Формы алмазных брусков.

1.15. Специальные бруски.

К числу специальных хонинговальных брусков относятся: бруски трапецеидальной формы, широкие сегментные, эластичные алмазные.

Бруски трапецеидальной формы рисунок 1.15.1. предложены для хонингования глухих отверстий.

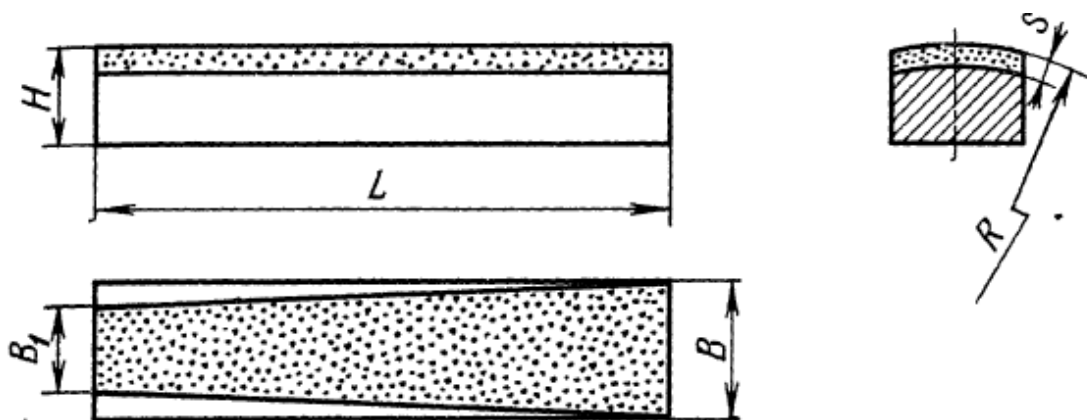


Рисунок 1.15.1 - Конструкция алмазного хонинговального бруска трапецеидальной формы.

"При таком виде хонингования образуется конусообразность, возникающая за счет увеличения давления брусков на обрабатываемую заготовку, возрастание удельной величины съема металла. Бруски трапецеидальной формы устраняют конусообразность. [1, стр.30]"

Для хонингования отверстий с окнами и пазами, например шлицевых, отверстий в статорах электрических машин и в других аналогичных случаях применяют сегментные бруски рис.1.15.2.

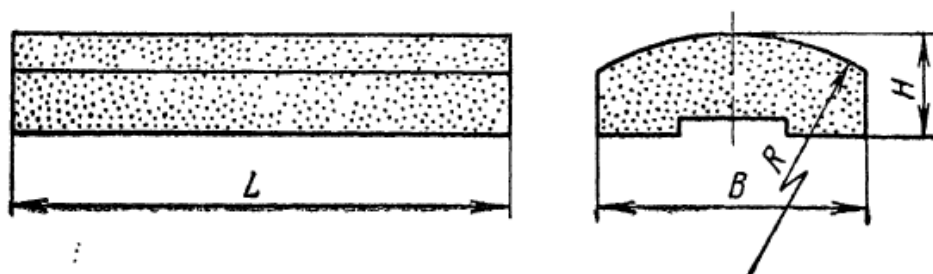


Рисунок 1.15.2 - Конструкция алмазного хонинговального бруска сегментной формы.

Такая форма бруска позволяет увеличить пределы его использования при износе. Для отделочного хонингования отверстий 1-2го классов точности применяют специальные типы эластичных алмазных брусков рис.1.15.3.

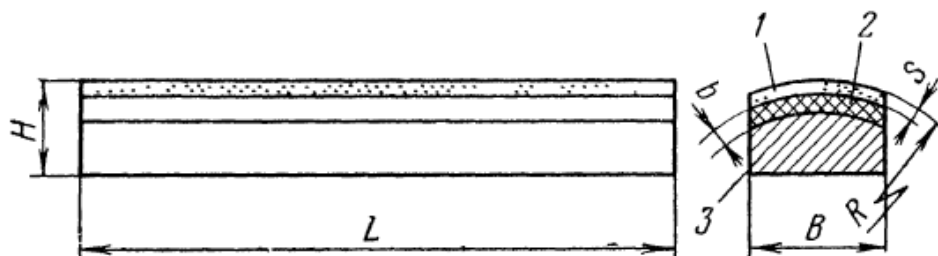


Рисунок 1.15.3 - Конструкция алмазного хонинговального бруска.

1- алмазный слой; 2 - упругий подслой; 3 - металлическое основание.

Алмазоносный слой толщиной до 2 мм нанесен на эластичный подслой, закрепленный на металлическом основании. Оптимальная высота подслоя 2-3 мм. Другие конструкции брусков, например с рифленой рабочей поверхностью и без упругого подслоя, не дают лучших результатов, но являются более сложными в изготовлении и поэтому не применяются.

В процессе хонингования эластичные бруски, как и при полировании или тонкой доводке, срезают очень тонкие стружки. Благодаря этому снижается влияние зернистости брусков в широком диапазоне ее значений на получение шероховатости. Эластичность алмазоносного слоя и подслоя при определенных значениях удельного давления обеспечивает полное прилегание брусков к обрабатываемой поверхности и образование постоянной шероховатости независимо от погрешностей формы отверстия.

1.16. Хонинговальные головки.

Хонинговальная головка применяется для закрепления хонинговальных брусков, которые имеет возможность в радиальном направлении внедряться в обрабатываемое отверстие. От размеров и формы обрабатываемого отверстия, от типа производства зависит тип и конструкция хонинговальной головки. В зависимости от отношения длины отверстия к диаметру различают три основных случая:

- 1) хонингования коротких отверстий.
- 2) хонингование средних отверстий.
- 3) хонингование глубоких отверстий.

Для хонингования коротких отверстий применяется схема обработки с жесткой хонинговальной головкой и плавающей обрабатываемой деталью. Отверстия деталей средней длины можно обрабатывать головками с жестким креплением. Для этой цели более широко применяют двухшарнирные головки. Глубокие отверстия обрабатывают с помощью двухшарнирных головок. Рассмотрим несколько примеров рисунок 1.16.1 и 1.16.2.

На рисунке 1.16.1 головка состоит из корпуса 1, внутренняя полость которого при помощи вкладыша 2 соединена с гидросистемой станка. На корпус 1 надеты втулки 3 и 4, жестко связанные между собой шпильками 5. В наклонных отверстиях корпуса размещены плунжеры 6, взаимодействующие с колодками 7, несущими хонинговальные бруски 8. Хонинговальная головка вводится в обрабатываемое отверстие. После включения гидросистемы рабочая жидкость через вкладыш 2 поступает в полость корпуса 1 и воздействует на плунжеры 6, которые, передвигаясь в наклонных отверстиях, передают усилие на колодки 7 с брусками 8. Передаваемое усилие можно разложить на две составляющие. Составляющая, перпендикулярная ось головки, вызывает перемещение колодок 7 с брусками 8 в радиальном направлении, а составляющая параллельная оси, вызывает перемещение втулки 4, через шпильку 5.

Радиальное перемещение одного бруса 8 невозможно без одновременного радиального перемещения остальных, ввиду кинематического замыкания контакта через жестко скрепленные шпильки 5 и втулок 3 и 4. По окончании обработки давление в гидросистеме выключается, и пружины 9 возвращают бруски 8 в исходное положение.

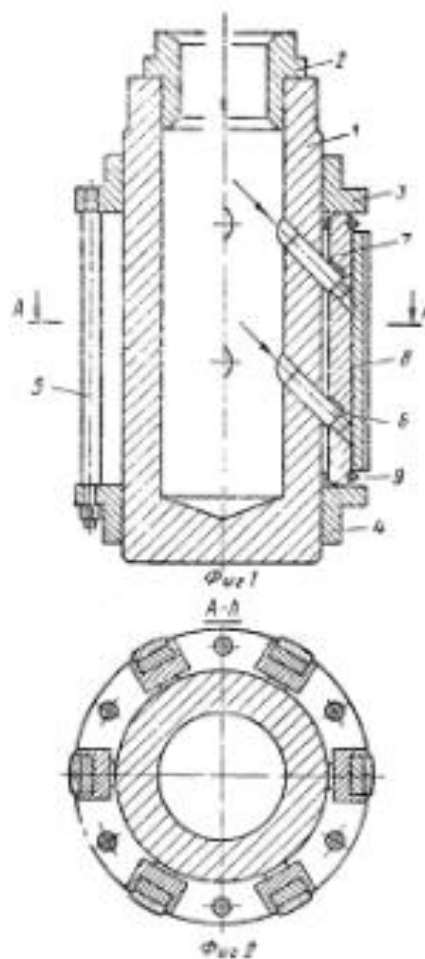


Рисунок 1.16.1 - Хонинговальная головка с гидравлическим разжимом брусков.

На рисунку 1.16.2 представлена хонинговальная головка с упругим разжимом брусков. Головка состоит из корпуса 1, закрепленного с возможностью свободного качения без осевого перемещения для самоустановки головки относительно обрабатываемой детали на оправке 2 при помощи резьбовой втулки 3, гайки 4, разрезной втулки 5 и шариков 6. В пазы корпуса 1 вставлены два комплекта колодок 7 и 8 с брусками различных характеристик, которые зафиксированы в корпусе 1 хонинговальной головки пружинами 9. В осевом отверстии корпуса 1 и оправки 2 размещены основной шток 10, соединенный шарнирно с приводом 11.

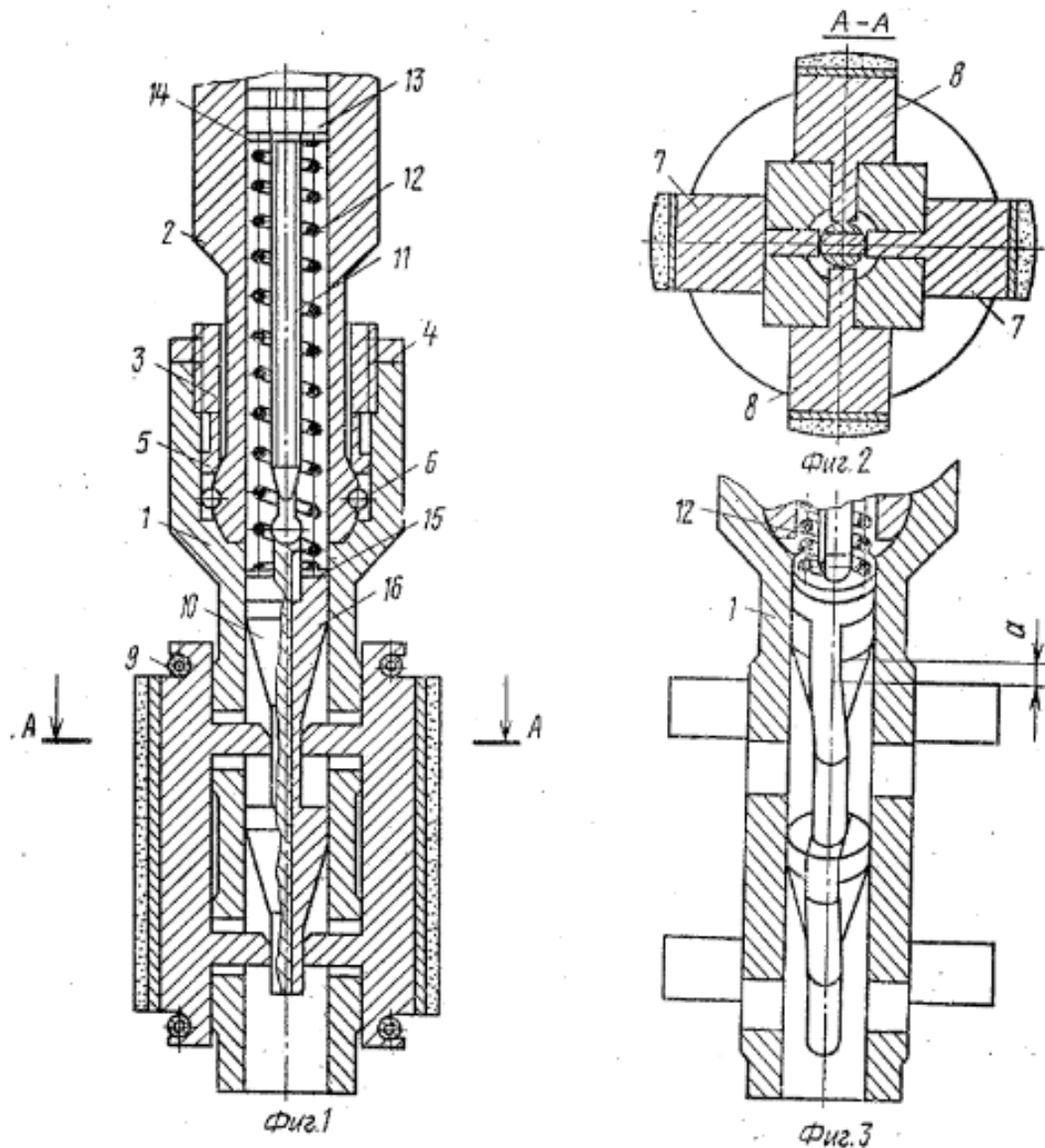


Рисунок 1.16.2 - Хонинговальная головка с упругим разжимом брусков.

Подпружиненный пружиной 12, разжимное усилие которой отрегулировано гайкой 13 и шайбами 14 и 15, дополнительный шток 16, разжимные элементы которого выполнены клиновыми и смещены в осевом направлении в продольных пазах основного штока 10 на некоторую величину относительно разжимных элементов основного штока.

1.17. Технологическое оборудование.

Процесс хонингования осуществляется на хонинговальных станках. Различают одношпиндельные и многошпиндельные. По расположению оси разделяют на вертикальные и горизонтальные станки. Технологическое оборудование с вертикальным расположением шпинделя пользуется массовым распространением в производстве.

Специальные станки используют для обработки деталей при крупносерийном или массовом производстве. В качестве примеров можно назвать модель NAGEL VS8 - 50F рисунок 1.17, предназначен для окончательной обработки зеркала цилиндров двигателей.



Рисунок 1.17 - Хонинговальный станок NAGEL VS8 - 50F.

1.18.Режимы хонингования.

Основными режимами хонингования являются удельное давление брусков, окружная скорость и осевая. Осевую скорость и окружную определяют по следующим формулам 1.21.1 и 1.21.2.

$$V_{OK} = \frac{\pi d_{отв} n_1}{1000} \quad 1.18.1$$

$$V_{ВП} = \frac{2Ln_2}{1000} \quad 1.18.2$$

где n_1 - окружная скорость хонинговальной головки в об/мин.

n_2 - число двойных ходов хонинговальной головки в минуту.

$d_{отв}$ - диаметр хонингуемого отверстия в мм.

L - длина рабочего хода хонинговальной головки в мм.

$$L = l_{отв} + 2l_{пер} - l_{бр} \quad 1.18.3$$

где $l_{отв}$ - длина хонингуемого отверстия в мм

$l_{пер}$ - перебеж бруска за пределы отверстия в мм

$l_{бр}$ - длина хонинговального бруска мм

Отношение между скоростями дает новый входной фактор, который называется угол скрещивания. Качество обрабатываемой поверхности зависит от угла скрещивания. От 30 до 60 считается самым оптимальным диапазоном угла. Это соотношение выражается безразмерной величиной:

$$\lambda = \frac{V_{OK}}{V_{ВП}} \quad 1.18.4$$

При осуществлении прижима брусков к обрабатываемой поверхности под воздействием постоянного усилия, создаваемого гидромеханической системой или радиальным перемещением брусков S_p в мкм на двойной ход при жесткой дозированной системе радиальной подачи называется удельным давлением.. На практике предварительно выбранный режим уточняют и корректируют при опытной отладке процесса хонингования.

Правильность определения режима проверяется количественной оценкой эффективности и оценкой экономичности процесса. Для этой цели наиболее часто используют такие показатели, как производительность металлосъема, удельная производительность, удельный расход абразивов и алмазов, себестоимость операции.

Производительность съема металла при хонинговании определяется средним объемом металла, снимаемого с обрабатываемой поверхности одним квадратным сантиметром. Удельная производительность резания равна отношению объема снятого металла к объему изношенного материала брусков или веса снятого металла к весовому расходу алмазов.

$$q_1 = \frac{Q_{мет}}{Q_{бр}} \quad 1.18.5$$

$$q_2 = \frac{G_{мет}}{G_{алм}} \quad 1.18.6$$

Удельный расход абразива выражается отношением объема изношенного материала брусков на единицу объема снятого материала при абразивном хонинговании.

1.19. Скорость вращения и возвратно - поступательного движения хонинговальной головки.

При предварительном хонинговании, когда не требуется высокая чистота обработки, но желательна более высокая производительность, рекомендуется работать с более высокими скоростями возвратно - поступательного движения головки. Наибольшее значение этой скорости ограничивается условием плавного реверса шпиндельной бабки и предельным значением скорости по станку.

Условием плавного реверса выполняется при ограничении числа двойных ходов шпиндельной бабки в минуту. Для этого при уменьшении длины хонингования следует снижать скорость возвратно - поступательного движения. На рисунке проиллюстрировано качество поверхности при определенном угле хонингования. Отношение этих скоростей ведут к понятию безразмерной величины, которая называется углом хонингования.

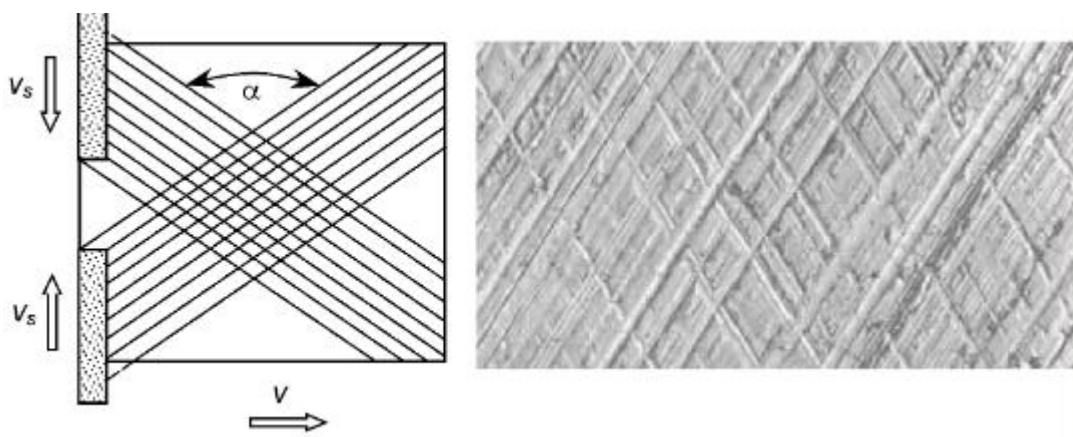


Рисунок 1.19 - Схема хонингования.

1.20.Равномерность хонингования.

Рассмотрим дефекты, которые наблюдаются при неправильном хонинговании рисунок 1.20.

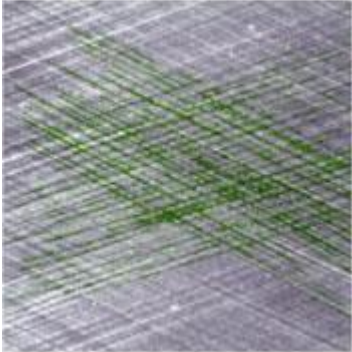
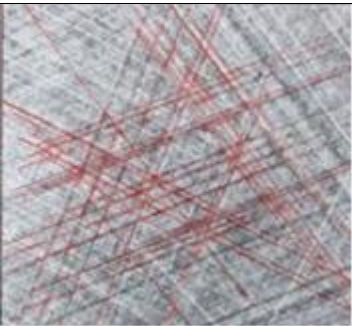
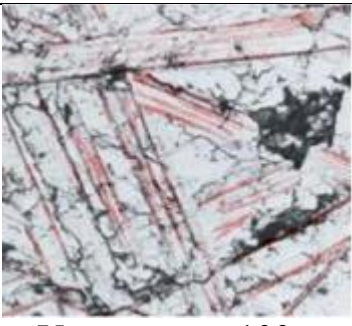
Внешний вид поверхности должен быть отчетливым, однородным, и чистым	 Увеличение 15:1	 Увеличение 80:1
Дефекты: Неодинаковый угол хонингования, неравное расстояние между бороздками; матовая внешняя поверхность.	 Увеличение 15:1	 Увеличение 100:1
Возможные причины дефектов	-Несоответствующее состояние инструмента -недостаточно закреплена деталь -многократное повторение процесса -хонингование различными брусками и с разной скоростью.	
Следствие выявленных дефектов.	Недостаточное распределение смазки, быстрый износ поверхности.	

Рисунок 1.20. - Дефекты хонингования.

1.21. Угол хонингования.

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

Дефекты:

Слишком большой угол более 60° рисунок 1.21.1 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.

Слишком малый угол, менее 30° будет наблюдаться в том случае если брусок движется слишком медленно, а шпиндель вращается слишком быстро рисунок 1.21.1. Следствием этому при работе ДВС будет наблюдаться вибрация изделия, соответственно быстрый износ поверхности.

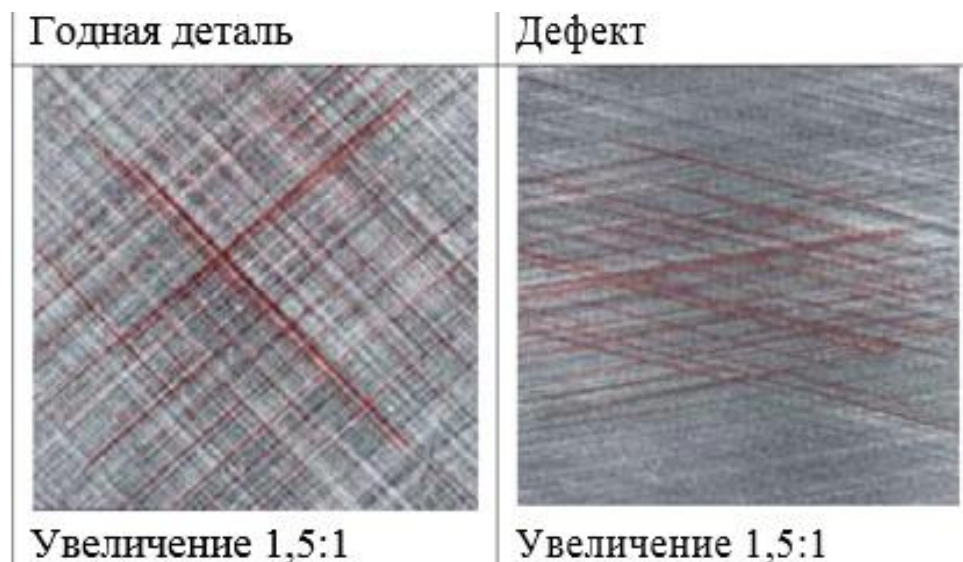
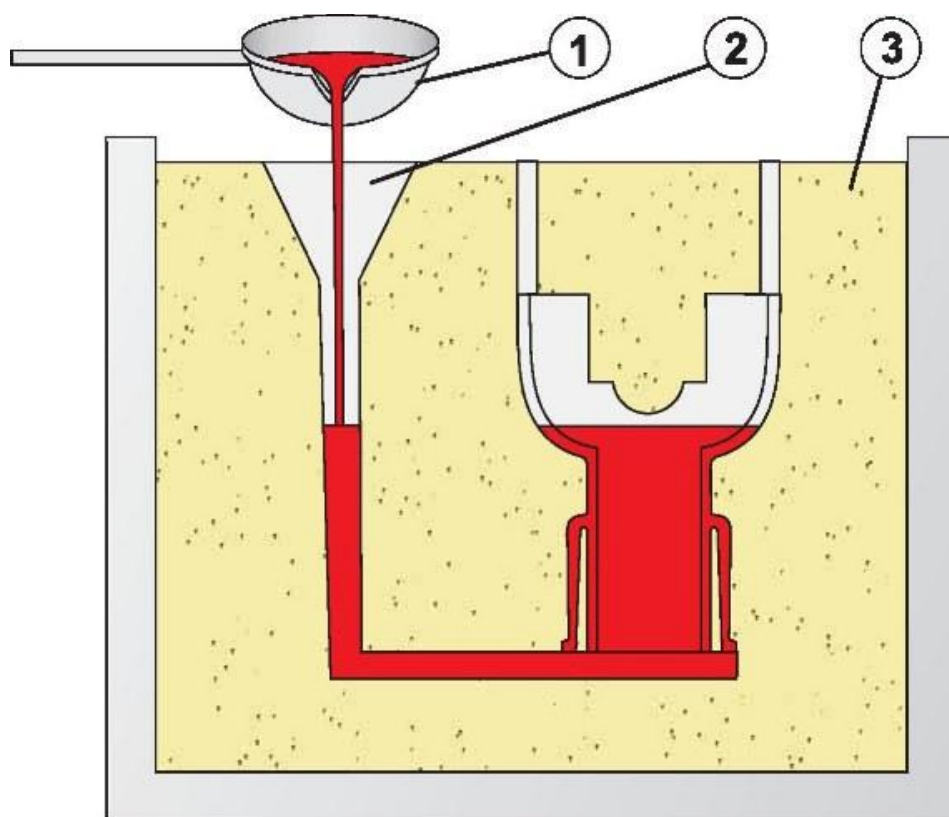


Рисунок 1.21.1 - Поверхность после хонингования.

1.22. Способ получения заготовки блока цилиндров.

Литьё в песчаные формы:

Самой современной технологией получения заготовки блока цилиндров является литьё с разрушаемыми песчаными формами. Формочки, создают из песка с применением связующих средств для отливки. Обычно такой способ литья применяется в среднесерийном производстве. Применяются для изготовления деталей мелких серий и прототипов. Чистый процесс литья в песчаные формы производится литьем под низким давлением. На рисунке 1.22.1 продемонстрирован данный способ литья.



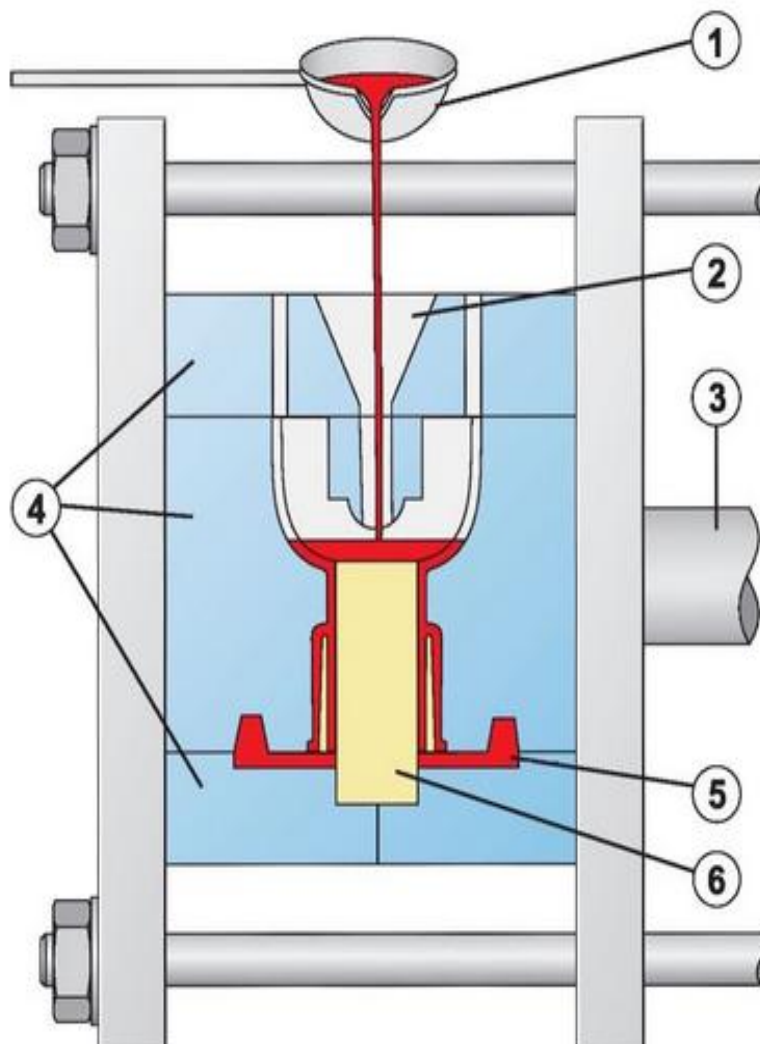
1-ковш; 2-литник; 3-песчаная форма.

Рисунок 1.22.1 - Литье в песчаные формы.

Свободное литьё в кокиль:

При таком методе литья форма заполняется под действием силы тяжести рисунок 1.22.2. Литье может происходить вручную или на автоматизированных машинах. Таким образом, реализуемы также разрезы

сзади или полости, недостижимые механообработкой. Достигается более тонкая структура, благодаря быстрому застыванию массы.

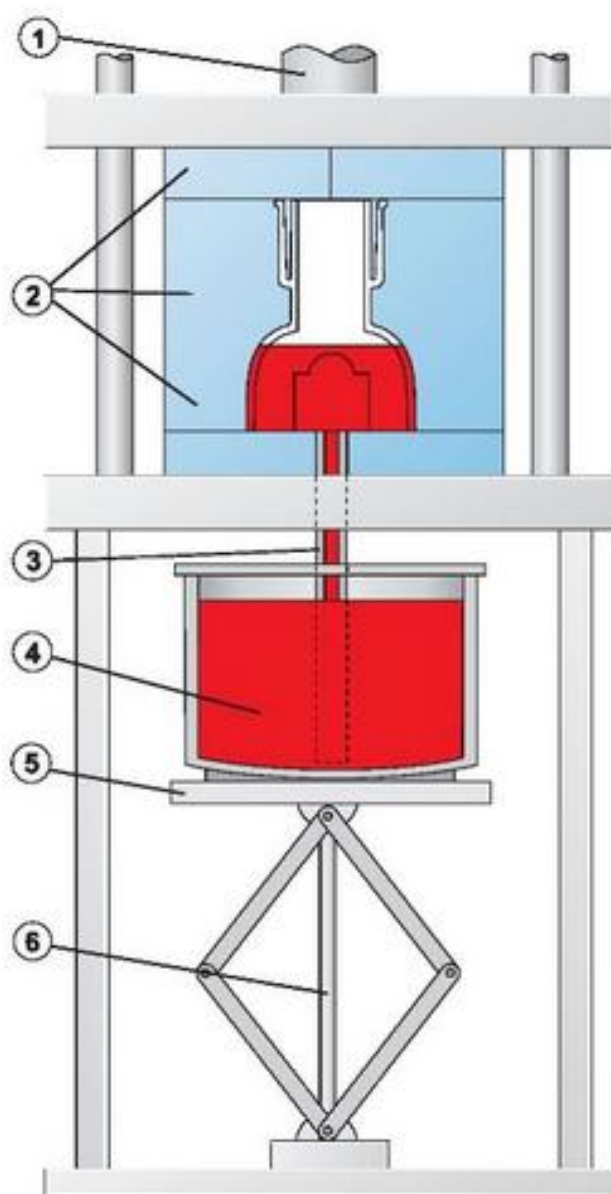


1-ковш; 2-литник; 3-гидроцилиндр; 4-кокиль; 5-литниковая система; 6-песчаный стержень.

Рисунок.1.22.2 - Свободное литье в кокиль.

Литьё в кокиль под низким давлением:

При таком литье, расплав поднимается под давлением в кокиль и при этом давлении кристаллизуется. Давление заполнения необходимо, чтобы жидкий металл доставить в литейную машину наверх. Данное давление поддерживается до тех пор, пока не произойдёт кристаллизация. рисунок 1.22.3.



1- гидроцилиндр; 2-кокиль; 3-сифонный литник; 4-литейная печь с расплавом; 5-стол; 6-подъемное приспособление.

Рисунок 1.22.3 - Литье в кокиль под низким давлением.

Вывод к первой главе.

В ходе литературного обзора были получены следующие итоги:

1) Основными входными факторами хонингования, которые оказывают существенное влияние на качество обрабатываемой поверхности являются окружная скорость, осевая и удельное давление.

2) Хонинговальная головка состоит из хонинговального бруска из алмазного или абразивного материала и корпуса хонинговальной головки. Под действием пневматического привода шток смещается в осевом направлении и за счет клинового механизма стремится сместить упругий элемент с вулканизируемыми на нем брусками в радиальном направлении.

3) Соотношение двух скоростей называется угол скрещивания. Угол скрещивания зависит от качества поверхностного слоя. Оптимальный диапазон угла скрещивания от 45-60 градусов.

4) Различают абразивные и алмазные хонинговальные бруски. Преимуществом алмазных брусков заключается в повышенной режущей способностью и низкой теплопроводностью.

5) Самой лучшей оценкой шероховатости поверхности блока цилиндров является кривые аббота. По кривым аббота можно точно определить шероховатость поверхности и объем удерживающего масла.

2. Исследование микрогеометрии поверхности зеркала цилиндра ДВС различных.

2.1. Цели исследований

Основной целью работы является определение оптимальных параметров микрогеометрии зеркала цилиндров ДВС. Сравнение показателей микрогеометрии зеркала цилиндров ДВС отечественного производителя с показателями ведущих мировых представителей Автозаводов (Ауди, Нисан).

Данные цели будут достигнуты при помощи методики оценки по кривым Аббота. В результате измерений, при помощи профилографа, будут получены параметры микрогеометрии хонингованной поверхности зеркала цилиндра ДВС.

2.2. Методика оценки и применяемое оборудование.

В условиях Станции Технического Обслуживания автомобилей в отсутствие систем автоматического контроля предпочтительными методами контроля микрогеометрии зеркала цилиндра после капитального ремонта являются: замер профиля поверхности и регистрация профилографом, регистрация несущей кривой Аббота.

Регистрация микропрофиля поверхности осуществляется на профилограмме, но представляет собой лишь общеупотребительную и признанную основу для оценки параметров шероховатости поверхности.

Такой регистрацией профиля не дается точной характеристики платохонингованной структуры поверхности, однако видны частотность и распределение, а также ширина и глубина хонинговальных следов, поэтому необходимо также оценить поверхность зеркала цилиндра с помощью несущей кривой Аббота.

Регистрация несущей кривой Аббота с соответствующими компонентами осуществляется автоматически на основе находящегося в памяти прибора профиля поверхности. Для использования параметра несущей шероховатости "Tr" и несущей кривой Аббота на практике необходимо, как и при любой характеристике технических размеров, определить целесообразные допуски. Отсюда следует расширение параметра несущей шероховатости, которое обуславливает более широкую интерпретацию параметров поверхности.

Данные по параметрам допуска различных производителей ДВС (держатся в секрете) необходимы как для практического выполнения платохонингования, так и для контроля результатов обработки в производстве а также и в ремонтных технологиях.

Таким образом на основании данных, полученных в результате анализа методик оценки ведущих мировых производителей, производителей деталей шатунно-поршневой группы.

2.3. Расчет припусков на механическую обработку.

Рассмотрим обработку отверстия блока цилиндра и занесем данные в таблицу 2.3.

Таблица 2.3 - Расчетные данные точности отверстия.

№	переходы	Квалитет	Допуски	Составляющие припуска			Предельные размеры		Предельные припуски	
				a	Δ	ε	D _{min}	D _{max}	Z _{min}	Z _{max}
0	Литье в кокиль	10	2,5	0,2	0,25	0	83,07	85,576	-	-
1	Рассверливание	7	0,087	0,035	0,02	0	82,17	82,263	0,45	1,7445
-	ТО	8	0,193	0,041	0,04	0			-	-
2	Хонингование черновое	6	0,035	0,015	0,005	0	82,01	82,049	0,081	0,195
3	Хонингование чистовое	5	0,022	0,003	0,004	0	82	82,022	0,007	0,0355

$$Z_{\min}^i = a^{i-1} + \sqrt{\Delta^2 + \varepsilon^2}$$

$$Z_{\min}^1 = 0,2 + \sqrt{0,25^2} + 0 = 0,45$$

$$Z_{\min}^2 = 0,041 + \sqrt{(0,04)^2} + 0 = 0,081$$

$$Z_{\min}^3 = 0,003 + \sqrt{(0,004)^2} + 0 = 0,007$$

Определим расчетный диаметр для каждого перехода.

$$D_{\min p}^{i-1} = D_{\min p}^i + 2Z_{\min p}^i$$

$$D_{\min p}^2 = 82 + 2 \cdot 0,007 = 82,014$$

$$D_{\min p}^1 = 82,014 + 2 \cdot 0,081 = 82,176$$

$$D_{\min p}^0 = 82,176 + 2 \cdot 0,45 = 83,076$$

Определим максимальный размер для каждого перехода.

$$D_{\max}^i = D_{\min}^i + IT$$

$$D_{\max}^0 = 83,076 + 2,5 = 85,576$$

$$D_{\max}^1 = 82,176 + 0,087 = 82,263$$

$$D_{\max}^2 = 82,014 + 0,035 = 82,049$$

$$D_{\max}^3 = 82 + 0,022 = 82,022$$

Определим максимальный припуск для каждого перехода.

$$Z_{\max}^i = Z_{\min}^i + 0,5(JT + JT^{i-1})$$

$$Z_{\max}^1 = 0,45 + 0,5(0,087 + 2,5) = 1,7435$$

$$Z_{\max}^2 = 0,081 + 0,5(0,035 + 0,193) = 0,195$$

$$Z_{\max}^3 = 0,007 + 0,5(0,022 + 0,035) = 0,0355$$

Определяем предельные значение припусков.

$$2Z_{\max}^i = D_{\max}^{i-1} - D_{\max}^i$$

$$2Z_{\min}^i = D_{\min}^{i-1} - D_{\min}^i$$

$$2Z_{\max}^3 = 82,049 - 82,022 = 0,027$$

$$2Z_{\max}^2 = 82,263 - 82,014 = 0,249$$

$$2Z_{\max}^1 = 85,576 - 82,263 = 3,313$$

$$2Z_{\min}^3 = 82,014 - 82 = 0,014$$

$$2Z_{\min}^2 = 82,176 - 82,014 = 0,162$$

$$2Z_{\min}^1 = 83,076 - 82,176 = 0,9$$

Проверка:

$$2Z_{\max}^i - 2Z_{\min}^i = JT^{i-1} - JT^i$$

$$0,027 - 0,014 = 0,035 - 0,022;$$

$$0,013 = 0,013$$

Построим схему расположения припусков рисунок 2.3.

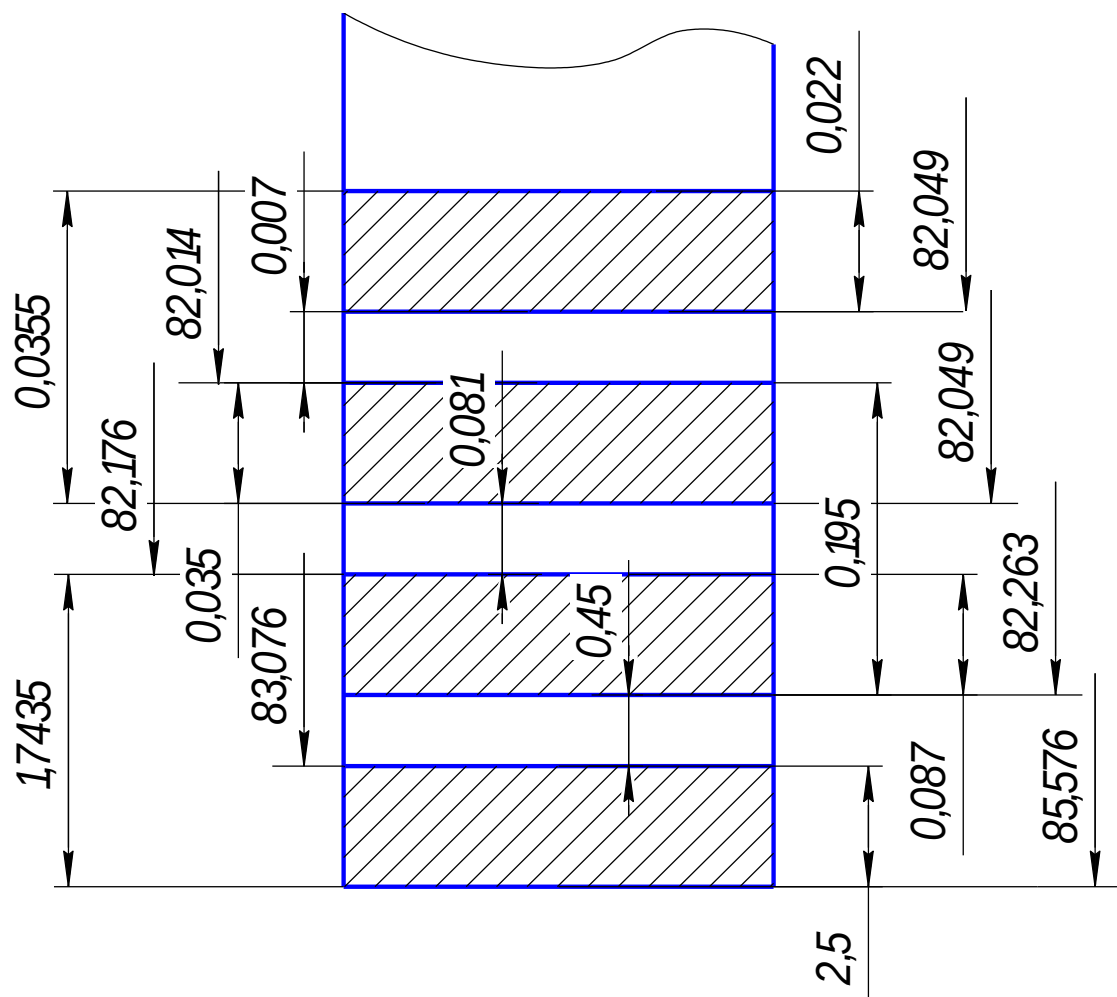


Рисунок 2.3 - Схема расположения припусков.

2.4. Сравнительный анализ поставщиков хонинговальных инструментов.

Данные о параметрах инструмента различных производителей занесем в таблицу 2.4

Таблица 2.4 - Обобщающая таблица о производителях

Бренд, поставщик	Зернистость	Связка	Материал
Nagel Precision, Германия	80/63	Металлическая	АС
Rottler, США	63/50	Металлическая	АС
Delapena, Англия	50/40	Металлосиликатная	АС

Английская компания DELAPENA Honing Equipment Ltd – это самые успешные новейшие разработки и проекты в области хонингования. Работы компании всегда обусловлены потребностями клиентов и надежно подкреплены высокой квалификацией персонала компании. Компания DELAPENA специализируется на хонинговании уже в течение более чем 70 лет, и за это время приобрела такой опыт и разработала такую продукцию, которые позволяют предлагать клиентам самые лучшие решения для хонингования. DELAPENA работает с новой и уже существующей клиентурой так, чтобы обеспечить лучшее окончательное решение, отобранное из большого диапазона выпускаемых станков, как в стандартном исполнении, так и с автоматизированным управлением, чтобы в конечном счете удовлетворить любое требование клиента. Кроме того DELAPENA обеспечивает полный набор хонинговальных инструментов и проверенные технологические решения для организации правильной и эффективной работы на всех поставляемых станках. Проверенные многолетней практикой технологии финишной обработки отверстий хонингованием одинаково важны как в производстве различных деталей, так и в ремонте автомобильных двигателей. Именно поэтому компания DELAPENA для эксклюзивного представления своих станков и инструмента на российском рынке выбрала Специализированный моторный центр «АБ-Инжиниринг», как одну из ведущих ремонтно-производственных фирм в области разработки и продвижения правильных технологий ремонта и производства. За годы своей работы компания DELAPENA получила огромный опыт в технологии эффективного хонингования отверстий огромной номенклатуры деталей любой конфигурации. Реализация этих технологий на практике потребовала разработки соответствующих технических средств – высокопроизводительных станков, точного инструмента и удобной оснастки. О том, как производятся хонинговальные станки, оснастка, оправки, хонинговальные головки и хонинговальные бруски на заводе компании DELAPENA в Англии. Несмотря на то, что хонинговальный инструмент

и оборудование DELAPENA не были широко распространены в России в прошлые годы, эта продукция довольно быстро приобретает популярность благодаря высокому качеству при сравнительно умеренной цене. Значительный опыт использования алмазных абразивов в сфере ремонта двигателей позволили компании ROTTLER существенно улучшить их эксплуатационные параметры, добиться максимальной долговечности и оптимального качества обработки поверхности. Алмазные абразивы компании ROTTLER способны работать в два раза больше, чем более дешевые абразивы других производителей. Для достижения наилучшего качества обработки, необходимо использовать соответствующий охладитель. Охлаждающие жидкости на водной основе ROTTLER были разработаны специально для работы с алмазными абразивами данной компании. Новые синтетические охладители экологически безопасны по сравнению с традиционными хонинговальными маслами. Компания ROTTLER MANUFACTURING является лидером в сфере использования алмазных абразивов на рынке вторичных автомобилей. Алмазные абразивы - разработка ведущих специалистов из многих областей науки, ими был создан весь процесс, позволивший алмазным технологиям попасть в автоспорт, промышленное восстановление двигателей и на рынок небольших мастерских по ремонту двигателей. Процесс обработки алмазными абразивами показал себя наиболее экономичным из всех доступных, а также обеспечивающим постоянно высокий результат. Фирма "Нагель ГмбХ", производитель станков и инструментов является одной из ведущих мировых специалистов в области хонинговальной и суперфинишной технологии. Общая цель: отличное качество, высочайшая прецизионность, развитие и повышение производства. Как всемирно известное и действующее предприятие с заводами в Германии, Великобритании, Бразилии, США, Индии и Китае, на местах, мы вникаем в проблему нашего заказчика и идем на встречу его требованиям.

2.5. Описание измерительного прибора.

Hommel T1000 wave является модернизированной единицей на базе T1000 Basic. У данного оборудования существуют одинаковые характеристики, как у базовой версии, однако с расширенной функцией измерения шероховатости. T1000 Wave может использоваться в качестве переносного устройства в цехе или может обеспечить очень экономичную систему без скольжения в измерительной комнате. Основной блок обработки и дисплей, используется в сочетании с модулем поперечной направляющей waveline 20, который включает в себя высокоточные данные для измерений без скольжения. На производственной линии в мастерской или в лаборатории, HOMMEL T1000 wave выполняет самые высокие требования, также он является переносным блоком. Пять измерительных программ гарантируют быстрое применение и хранение многих различных типов измерительных задач, результаты которых показаны на экране с высоким разрешением. HOMMEL TESTER T1000 basic / top - идеально подходит для точного измерения поверхности и поперечные измерения. Кроме того, HOMMEL T1000 wave top поставляется с приводом PCMCIA и компактной флеш-картой 32 МБ для передачи и архивирования измерений. Hommelwerke предлагает пакет программного обеспечения, который позволит облегчить труд. Программа для измерения шероховатости Windows TURBO DATAWIN, проста в эксплуатации. На рисунке 2.4 представлен измерительный прибор. В таблице 2.4 представлены основные характеристики прибора.

Преимущества:

- 1) Способность измерения шероховатости, профиля и волнистости.
- 2) Дополнительный привод PCMCIA доступен для хранения данных и результатов.
- 3) Гранитная станина и колонна доступны для стационарного применения.
- 4) Переносная установка с перезаряжаемыми батареями и дополнительный ремешок для переноски.

2.6. Описание процесса измерения.

С помощью спроектированного приспособления и закрепленного в нем прибора по образующей цилиндра ДВС снимается профилограмма шероховатости хонингованной поверхности, а также регистрируется кривая Аббота, и производится обработка данных в самом приборе с помощью анализа измеренных величин. В качестве результатов будем использовать значения параметров которые необходимы для построения кривых Аббота, обобщающая таблица приведена в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Параметры измерительного прибора.

Дисплей	Графический дисплей с задней подсветкой 240 x 160 точек
Источник питания	Ni-Metallhydrid-Battery, перезаряжаемый 24 В / 2,5 А
Емкость батареи	500 измерений
Рабочая температура	0-50 ° С, макс. 85% относительной влажности
Интерфейс	V24, RS232
Хранение данных	999 измерений
Измерительные программы	5 измерительных программ
Размеры	253x193x80 мм
Вес	1.600 г.
Параметры шероховатости	Ra, Rz, Rmax, Rt, Rq, R _{Pc} , R _{Sm} , R _{Mr} (c), R _p , R _v , R _{pm} , R _{3z} , R _z -ISO, R _{sk} , R _{ku} , R _{δс} , R _{mr} %, R _{mr} μm; RDQ
Параметры шероховатости сердцевины	R _k , R _{pk} , R _{vk} , M _{r1} , M _{r2} , R _{pk} *, R _{vk} *, V _o
Языки	Немецкий, английский, французский, испанский, итальянский, чешский, польский, шведский
Пределы допуска - нижний/верхний	Настраивается для всех параметров
Вертикальное увеличение	Автоматическое в 50000 кратность
Горизонтальное увеличение	10/20/40/50/100/200/400-кратный траверс.
Бумага	Термобумага 40-50 г / м ² - ширина 57,5 мм, длина 10 м
Скорость печати	30мм/с
Разрешение	8 точек/мм



Рисунок 2.6. Измерительный прибор Hommelwerke.

Измерительный прибор представлен на рисунке 2.6.

Контроль производится на базовой длине L_t (соответствующие нормам ISO) , которая делится на предельные длины L_c .

R_{pk} – Уменьшенная , сокращенная высота выбросов определяющая износ.

R_k – глубина явной шероховатости , сердцевина шероховатости – определяет часть поверхности, находящейся длительное время в работе.

R_{vk} - Сокращенная глубина впадин.

Mr_1 , Mr_2 – Доля материала в % соответствующая точкам перегиба на кривой Аббота.

2.7. Экспериментальные данные кривой Аббота различных производителей.

Рассмотрим экспериментальные данные кривых аббота различными производителями.

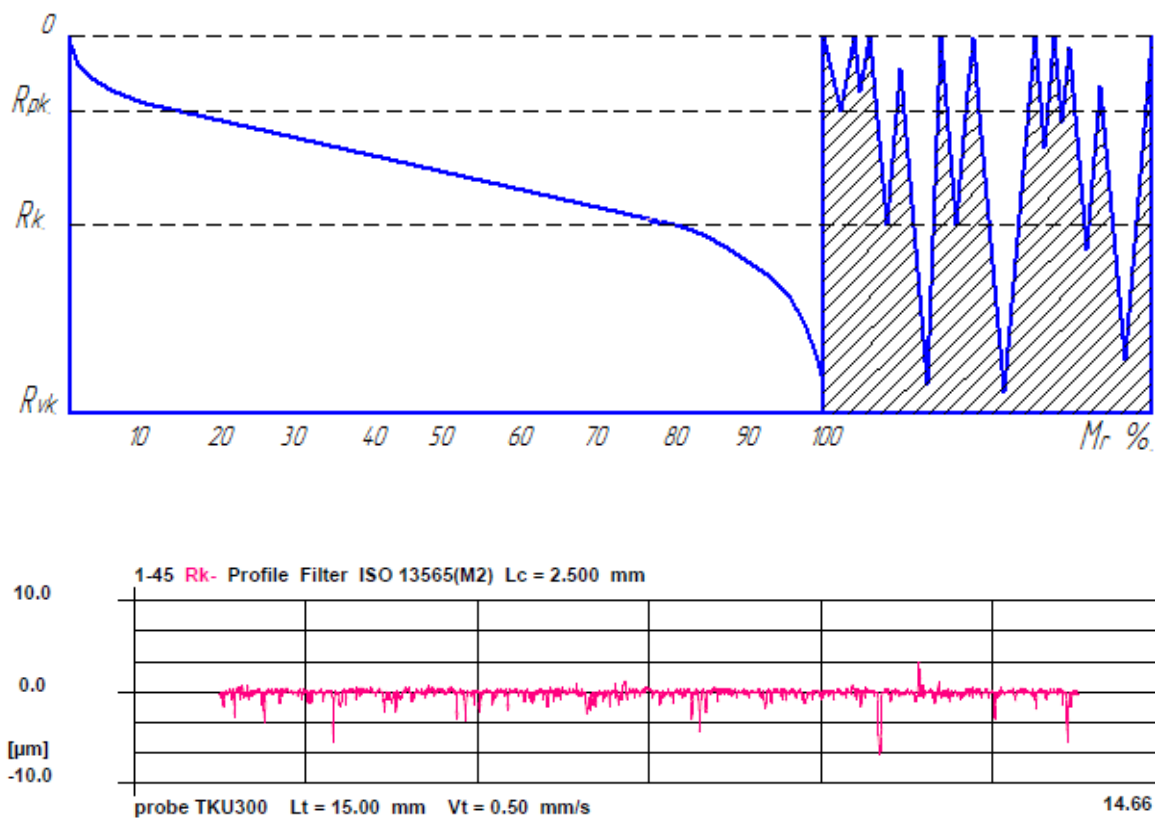


Рисунок 2.7.1. Кривая аббота дв.21126.

$R_{pk}=0,43 \text{ мкм}$

$R_k=0,67 \text{ мкм}$

$R_{vk}=1,39 \text{ мкм}$

$R_a=0,38 \text{ мкм}$

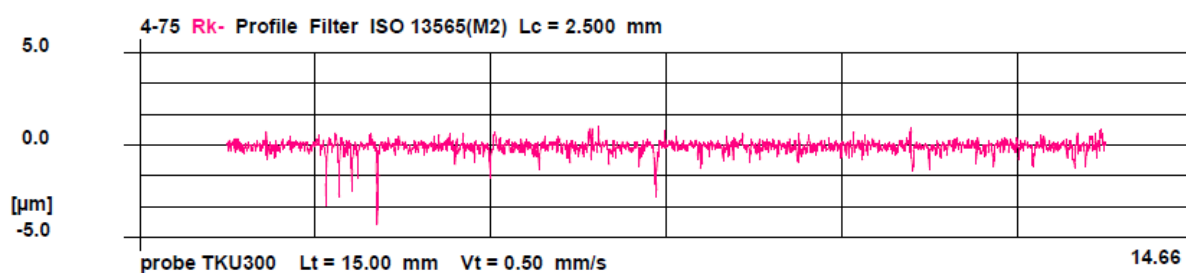
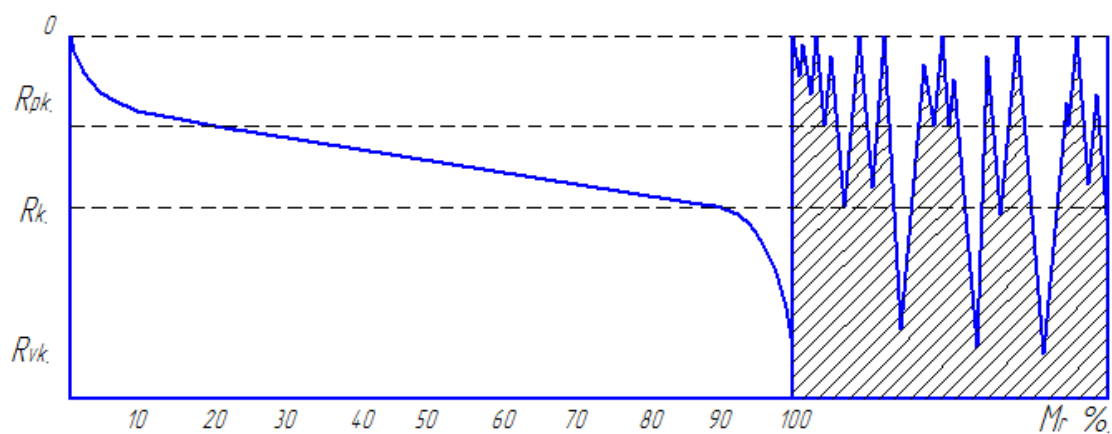


Рисунок 2.7.2. Кривая аббота дв.Ауди.

$R_{pk}=0,31$ мкм

$R_k=0,56$ мкм

$R_{vk}=0,67$ мкм

$R_a=0,22$ мкм

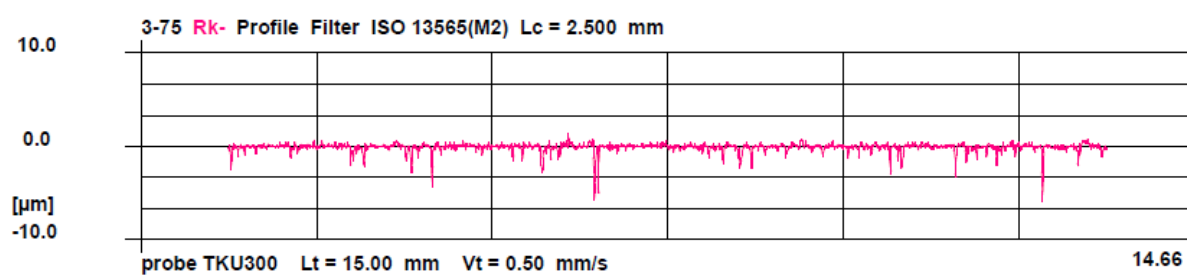
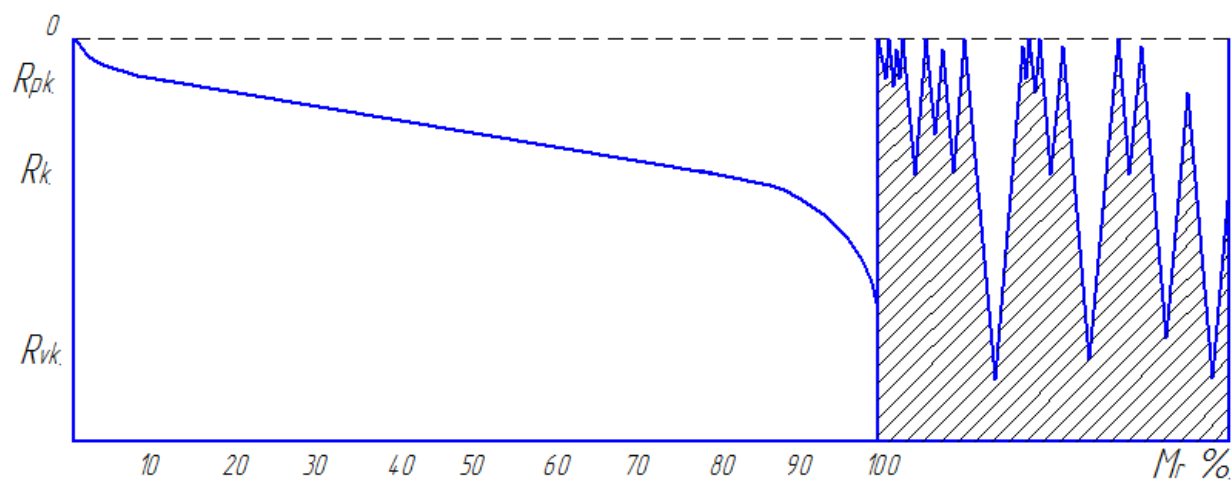


Рисунок 2.7.3. Кривая аббота дв.Ниссан

$R_{pk}=0,27$ мкм

$R_k=0,58$ мкм

$R_{vk}=1,27$ мкм

$R_a=0,30$ мкм

Вывод к главе 2.

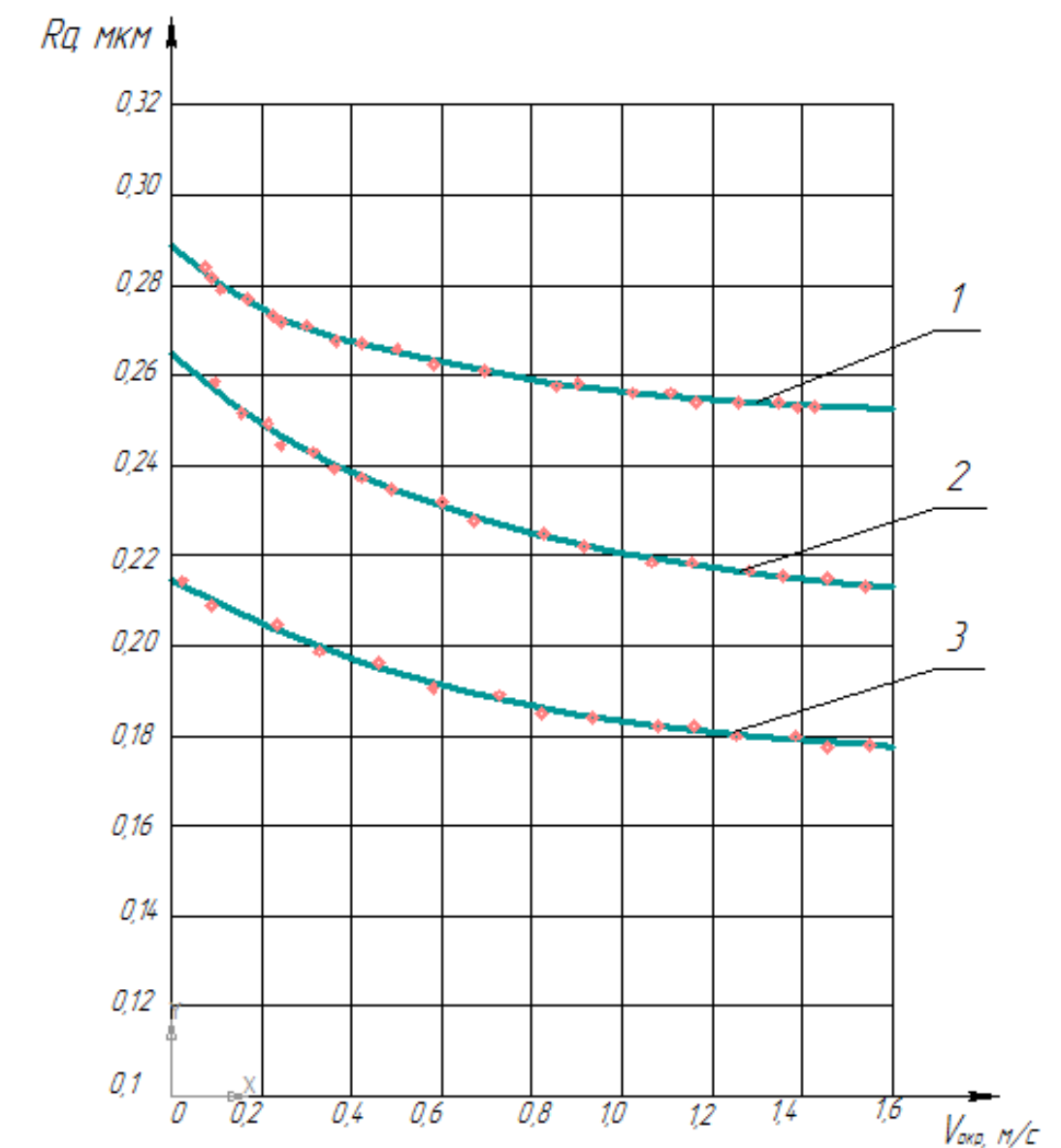
Рассмотрены три мировых производителя хонинговальных инструментов DELAPENA, ROTTLER, NAGEL. В ходе эксперимента было обнаружено самым эффективным инструментом является производитель DELAPENA. По оценке качества мы обнаружили самую минимальную шероховатость из серии экспериментов. За счет своей мелкозернистости и связки данный производитель получил хорошие результаты.

Эксперименты проводились в лаборатории ПАО АВТОВАЗ на измерительном инструменте HOMMELWERKE. Стоит отметить, что объем удерживающего масла значительно больше у производителя NAGEL. Из трех производителей самым рациональным является NAGEL. Так как у инструмента по кривой аббота получились неплохие результаты и к тому же инструмент не дорогой.

3. Исследование влияния входных факторов на параметр шероховатости.

3.1. Экспериментальные зависимости.

Исследуем эмпирическую зависимость шероховатости от окружной скорости хонинговальной головки рисунок 3.1.1.

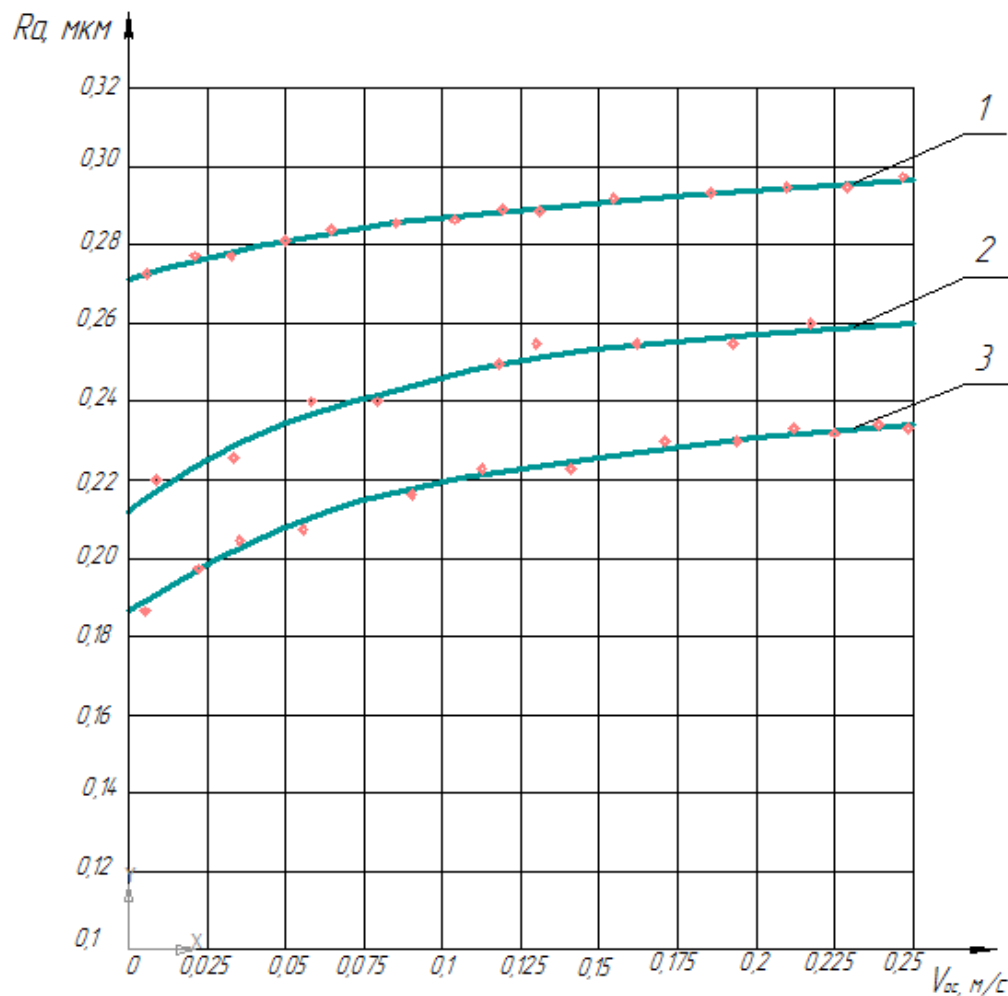


1 - хонинговальная головка производителя NAGEL; 2 - хонинговальная головка производителя ROTTLER; 3 - хонинговальная головка производителя DELAPENA.

Рисунок 3.1.1 - Зависимость шероховатости от окружной скорости.

Как видно из исследований, самый эффективный производитель является DELAPENA. Также можно отметить, что с увеличением окружной скорости шероховатость обрабатываемой поверхности снижается. Это объясняется тем, что режущие зерна брусков проходят по одному и тому же пути значительное число раз и оставляют после себя менее глубоки риски.

Исследуем эмпирическую зависимость шероховатости от окружной скорости хонинговальной головки рисунок 3.1.2.



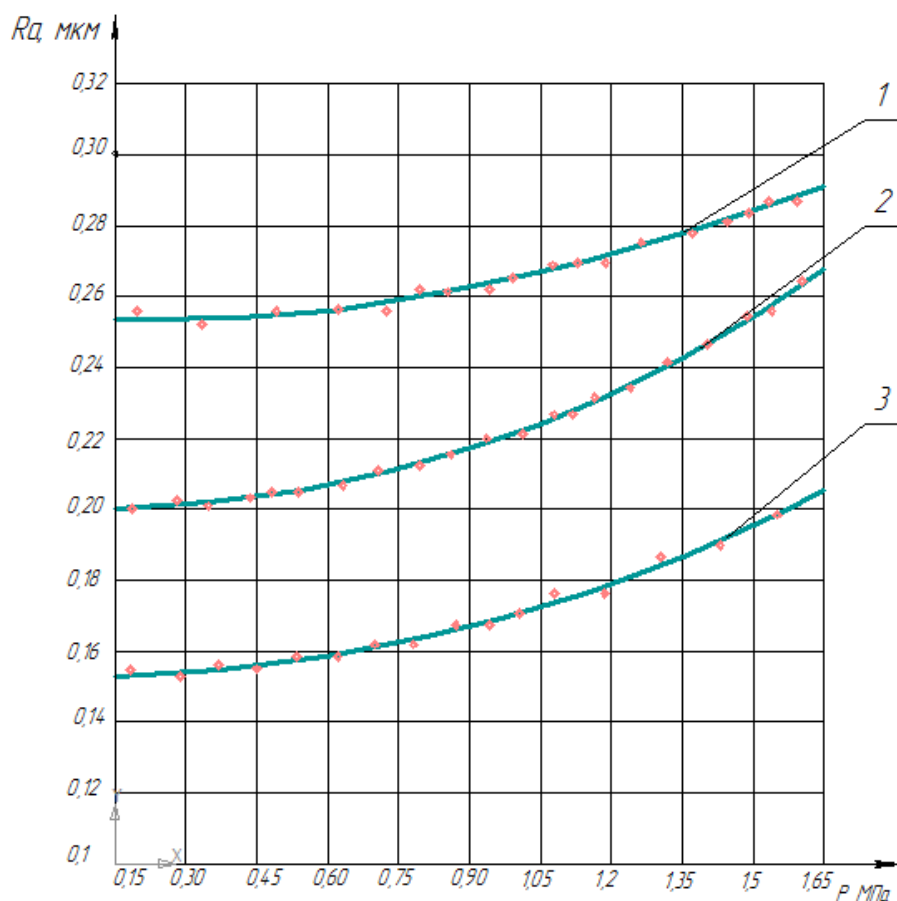
1 - хонинговальная головка производителя NAGEL; 2 - хонинговальная головка производителя ROTTLER; 3 - хонинговальная головка производителя DELAPENA.

Рисунок 3.1.2 - Зависимость шероховатости от осевой скорости

По графику видно, что показатели производителя DELAPENA являются самыми наилучшими по сравнению с другими. С увеличением осевой скорости возрастает микронеровность. Связано с тем, что при

изменение направления движения режущие грани зерен меняются на противоположные. Это приводит к дополнительному обновлению режущей поверхности, ухудшению качества.

Исследуем эмпирическую зависимость шероховатости от окружной скорости хонинговальной головки рисунок 3.1.3.



1 - хонинговальная головка производителя NAGEL; 2 - хонинговальная головка производителя ROTTLER; 3 - хонинговальная головка производителя DELAPENA.

Рисунок 3.1.3. Зависимость шероховатости от контактного давления.

Производитель DELAPENA занимает положение среди рассматриваемых производителей. Стоит отметить, что с увеличением контактного давления на обрабатываемую заготовку, ухудшается качество поверхности. Связано с тем, что зерна внедряются на глубину обрабатываемой поверхности и царапают ее.

3.2. Получение математической модели.

1) Рассматриваемые факторы, влияющие на шероховатость обрабатываемой поверхности при хонинговании алмазным брусом АСВ 63/50 таблица 3.2.

Таблица 3.2 - Таблица факторов влияющие на шероховатость.

Фактор	Наименование фактора
X_1	Давление хон-бруска на обрабатываемую заготовку, МПа
X_2	Окружная скорость хон-головки, м/с
X_3	Осевая скорость хон-головки, м/с

2) Найдем зависимость кодированной переменной от натуральной и занесем результаты в таблицу 3.2.

Определим центр плана: [6, стр.5]

$$Z_i^0 = \frac{Z_i^+ + Z_i^-}{2} \quad 3.1$$

$$Z_1^0 = \frac{Z_1^+ + Z_1^-}{2} = \frac{1,50 + 0,25}{2} = 0,875$$

$$Z_2^0 = \frac{Z_2^+ + Z_2^-}{2} = \frac{1,6 + 0,4}{2} = 1$$

$$Z_3^0 = \frac{Z_3^+ + Z_3^-}{2} = \frac{0,23 + 0}{2} = 0,115$$

Определим интервал варьирования: [6, стр.5]

$$\lambda_i = \frac{Z_i^+ - Z_i^-}{2}$$

$$\lambda_1 = \frac{Z_1^+ - Z_1^-}{2} = \frac{1,50 - 0,25}{2} = 0,625$$

$$\lambda_2 = \frac{Z_2^+ - Z_2^-}{2} = \frac{1,6 - 0,4}{2} = 0,6$$

$$\lambda_3 = \frac{Z_3^+ - Z_3^-}{2} = \frac{0,23 - 0}{2} = 0,115$$

Таблица 3.2 - Кодированные переменные.

Факторы	Верхний уровень z_i^+	Нижний уровень z_i^-	Центр z_i^0	Интервал варьирования λ_i	Зависимость кодированной переменной от натуральной.
Z_1	1,50	0,25	0,875	0,625	$X_1 = \frac{100z_1 - 875}{625}$
Z_2	1,6	0,4	1	0,6	$X_2 = \frac{5(z_2 - 1)}{3}$
Z_3	0,23	0	0,115	0,115	$X_3 = \frac{200Z_3 - 23}{23}$

$$y_{cp1} = \frac{1}{3} (0,30 + 0,34 + 0,32) = 0,32$$

$$y_{cp2} = \frac{1}{3} (0,29 + 0,33 + 0,30) = 0,31$$

$$y_{cp3} = \frac{1}{3} (0,28 + 0,31 + 0,282) = 0,29$$

$$y_{cp4} = \frac{1}{3} (0,273 + 0,29 + 0,27) = 0,278$$

$$y_{cp5} = \frac{1}{3} (0,268 + 0,28 + 0,25) = 0,266$$

$$y_{cp6} = \frac{1}{3} (0,265 + 0,27 + 0,235) = 0,257$$

Таблица 3.3 - Количественные значения выходного параметра.

№ Опыта	Матрица			Натуральные значения переменных			Выходная величина			
	X_1	X_2	X_3	P	$V_{окр}$	$V_{ос}$	y_1	y_2	y_3	y_{cp}
1	+	+	+	1,50	0,4	0,23	0,30	0,34	0,32	0,32
2	-	+	+	1,25	0,55	0,20	0,29	0,33	0,30	0,31
3	+	-	+	1,0	0,65	0,15	0,28	0,31	0,282	0,29
4	-	-	+	0,8	0,75	0,10	0,273	0,29	0,27	0,278
5	+	+	-	0,6	0,80	0,05	0,268	0,28	0,25	0,266
6	-	+	-	0,50	0,9	0,025	0,265	0,27	0,235	0,257
7	+	-	-	0,35	1,5	0,01	0,262	0,24	0,23	0,244
8	-	-	-	0,25	1,6	0	0,26	0,235	0,225	0,24

Таблица 3.4 - Взаимодействие факторов.

№ Опыта	Факторы			Взаимодействия				Результаты опытов			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	y _{ср}
1	+	+	+	+	+	+	+	0,30	0,34	0,32	0,32
2	-	+	+	-	-	+	-	0,29	0,33	0,30	0,31
3	+	-	+	-	+	-	-	0,28	0,31	0,282	0,29
4	-	-	+	+	-	-	+	0,273	0,29	0,27	0,278
5	+	+	-	+	-	-	-	0,268	0,28	0,25	0,266
6	-	+	-	-	+	-	+	0,265	0,27	0,235	0,257
7	+	-	-	-	-	+	+	0,262	0,24	0,23	0,244
8	-	-	-	+	+	+	-	0,26	0,235	0,225	0,24

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j$$

$$b_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ji} y_{cpj}$$

$$b_{r,p} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{jr} x_{jp} y_{cpj}$$

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3$$

$$b_0 = \frac{1}{8} (0,32 + 0,31 + 0,29 + 0,278 + 0,266 + 0,257 + 0,244 + 0,24) = 0,2756$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (0,32 - 0,31 + 0,29 - 0,278 + 0,266 - 0,257 + 0,244 - 0,24) = 0,0044$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (0,32 + 0,31 - 0,29 - 0,278 + 0,266 + 0,257 - 0,244 - 0,24) = 0,0126$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (0,32 + 0,31 + 0,29 + 0,278 - 0,266 - 0,257 - 0,244 - 0,24) = 0,0239$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} (0,32 - 0,31 - 0,29 + 0,278 + 0,266 - 0,257 - 0,244 + 0,24) = 0,004$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} (0,32 - 0,31 + 0,29 - 0,278 - 0,266 + 0,257 - 0,244 + 0,24) = 0,0011$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} (0,32 + 0,31 - 0,29 - 0,278 - 0,266 - 0,257 + 0,244 + 0,24) = 0,0029$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} (0,32 - 0,31 - 0,29 + 0,278 - 0,266 + 0,257 + 0,244 - 0,24) = -0,009$$

Таблица 3.5 - Дисперсия выходного параметра.

№ опыта	$(y_1 - y_{cp})^2$	$(y_2 - y_{cp})^2$	$(y_3 - y_{cp})^2$	S_j^2
1	0,0004	0,0004	0	0,0004
2	0,0004	0,0004	0,0001	0,00045
3	0,0001	0,0004	0,000064	0,000282
4	0,000025	0,000144	0,000064	0,0001165
5	0,000004	0,000196	0,000256	0,000228
6	0,000064	0,000169	0,000484	0,000358
7	0,000324	0,000016	0,000196	0,000268
8	0,0004	0,000025	0,000225	0,000325

Определим дисперсию воспроизводимости. [6, стр.16]

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^1 \frac{1}{m-1} \sum (y_{ji} - y_{cpj})^2 = \frac{0,002475}{8} = 0,00030$$

Определим среднее квадратическое отклонение коэффициентов [6, стр.17]

$$S_{коэф} = \sqrt{\frac{S^2}{n \cdot m}} = \sqrt{\frac{0,00030}{8 \cdot 3}} = 0,0035$$

Из таблиц распределения Стьюдента по числу степеней свободы 16 и при уровне значимости 0,05 находим $t_{кр} = 2,12$.

$$t_{кр} \cdot S_{коэф} = 2,12(0,0035) = 0,00742$$

Коэффициенты уравнения регрессии считаются не значимыми, если их абсолютное значение меньше 0,00742. С учетом этого условия, сравним полученные значения с коэффициентами уравнения регрессии и получим уравнение регрессии в кодированных переменных.

$$y = 0,2756 + 0,0126 x_2 + 0,0239 x_3$$

7) Проверим уравнение регрессии на адекватность по критерию Фишера.

$$\tilde{y}_1 = 0,2756 + 0,0126(+1) + 0,0239(+1) = 0,3121$$

$$\tilde{y}_2 = 0,2756 + 0,0126(+1) + 0,0239(+1) = 0,3121$$

$$\tilde{y}_3 = 0,2756 + 0,0126(-1) + 0,0239(+1) = 0,2869$$

$$\tilde{y}_4 = 0,2756 + 0,0126(-1) + 0,0239(+1) = 0,2869$$

$$\tilde{y}_5 = 0,2756 + 0,0126(+1) + 0,0239(-1) = 0,2643$$

$$\tilde{y}_6 = 0,2756 + 0,0126(+1) + 0,0239(-1) = 0,2643$$

$$\tilde{y}_7 = 0,2756 + 0,0126(-1) + 0,0239(-1) = 0,2391$$

$$\tilde{y}_8 = 0,2756 + 0,0126(-1) + 0,0239(-1) = 0,2391$$

$$S_{ocm}^2 = \frac{m}{n-r} \sum \left(y - \bar{y} \right)^2 = 0,0001415$$

$$F_{расч} = \frac{S_{ocm}^2}{S_{\{y\}}^2} = \frac{0,0001415}{0,00030} = 0,4716$$

$$F_{расч} = 0,4716 \leq F_T = 2,85$$

$$y = 0,2756 + 0,0126 \left(\frac{5z_2 - 1}{3} \right) + 0,0239 \left(\frac{200z_3 - 23}{23} \right) = -12,4052 + 0,189z_2 + 109,94z_3$$

Вывод к главе 3.

1) Как показали результаты экспериментальных зависимостей самым лучшим производителем является DELAPENA. Хонинговальный брусок из алмазного материала позволяет получить высокое качество поверхности блока цилиндров. Более бюджетной версией является NAGEL, который применяется на многих современных предприятиях в частности ПАО АВТОВАЗ.

2) Построено уравнение регрессии. В котором исследовались степень влияния входных факторов на выходной параметр шероховатости. В уравнение регрессии входят три фактора, такие как окружная скорость, осевая и удельное давление брусков. Самые влияющие факторы на параметр шероховатости является окружная и осевая скорость продемонстрировано на рисунке 1

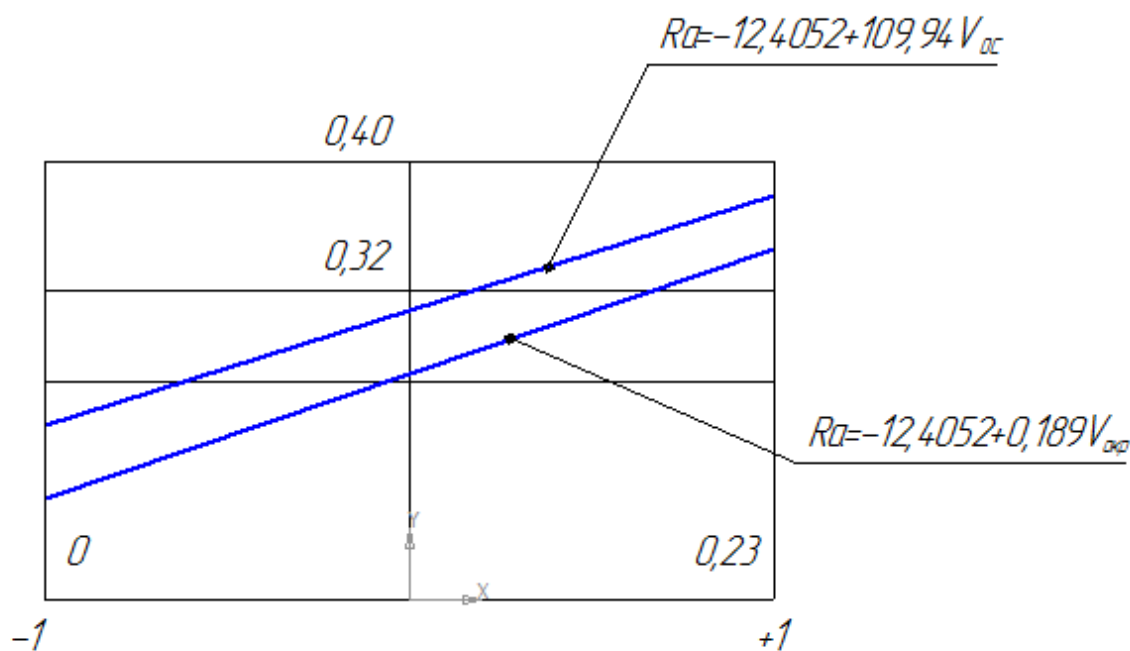


Рисунок 3.1.4 - Влияние входных факторов.

Как видно из рисунка осевая скорость максимально оказывает влияние на параметр шероховатости.

4. Статический расчет хонинговальной головки.

4.1. Статический анализ хонинговальной головки.

Хонинговальная головка состоит из штока-толкателя, корпуса, упругого элемента на котором вулканизированы хон-бруски. За счет усилия от гидропривода шток-толкатель 1 перемещается в осевом направлении, взаимодействуя с упругим элементом 2 и жестко с ним связанных хон-брусков, которые перемещаются в радиальном направлении, тем самым внедряясь в обрабатываемую заготовку рисунок 4.1.2, рисунок 4.1.3. Механизм имеет клиновой вид рисунок 4.1.1 и как описывалось выше под действием усилия на штоке упругий элемент имеет возможность перемещаться в радиальном направлении на некоторую величину.

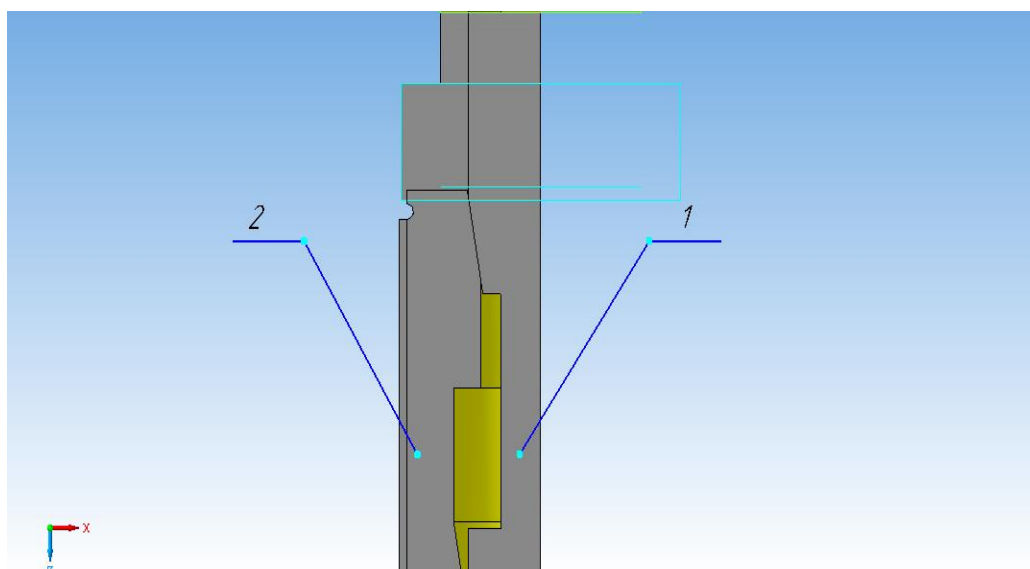
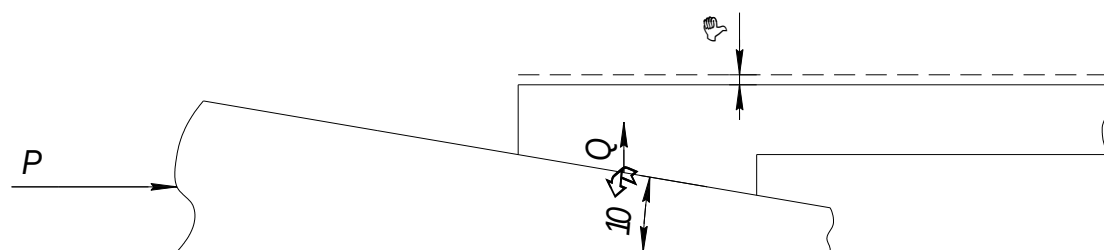


Рисунок 4.1.3 - Конструктивные элементы хонинговальной головки.

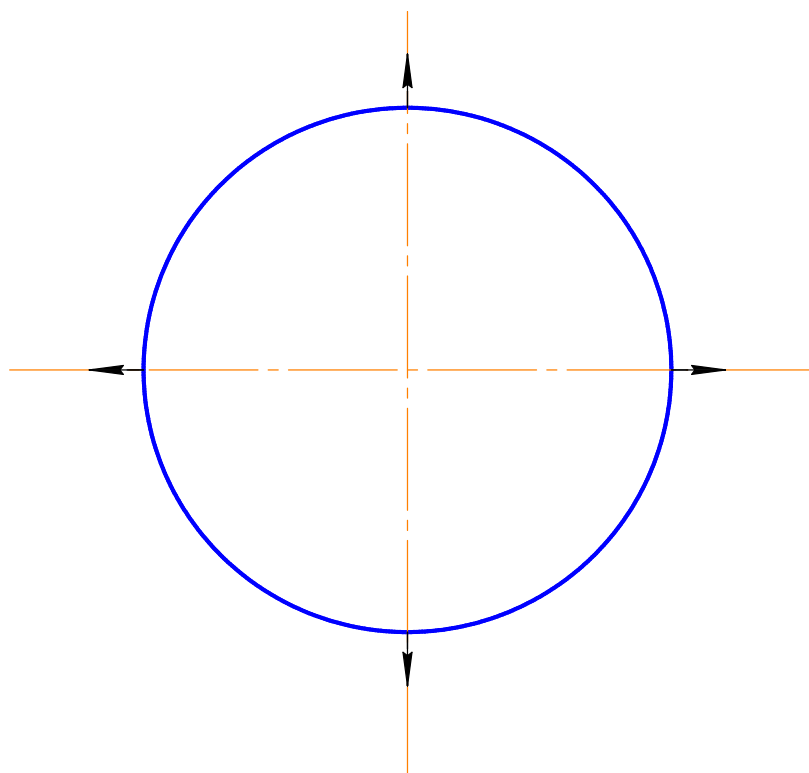


Рисунок 4.1.2. Радиальное перемещение хон-брусков.

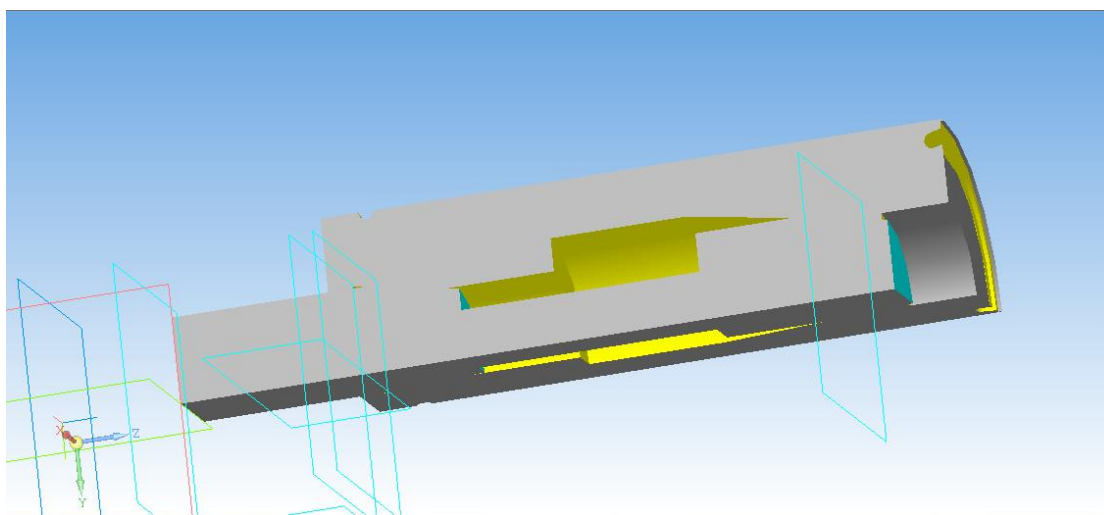


Рисунок 4.1.4 - Конструктивные элементы хонинговальной головки.

1) Выбор материала конструктивных элементов хонинговальной головки и обрабатываемой заготовки.

2) Внесем основные характеристики материалов в ИС ANSY рисунок 4.1.5

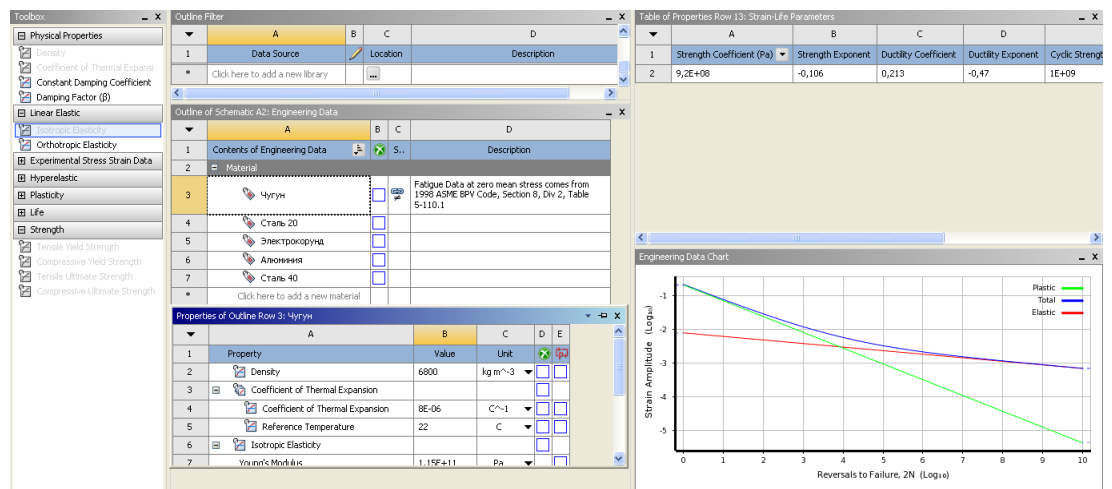


Рисунок 4.1.5 - Выбор материала в ИС ANSYS.

3) Построим сетку конечных элементов. Для производительности расчета от осесимметричного изделия оставим 1/4 часть рисунок 4.1.6

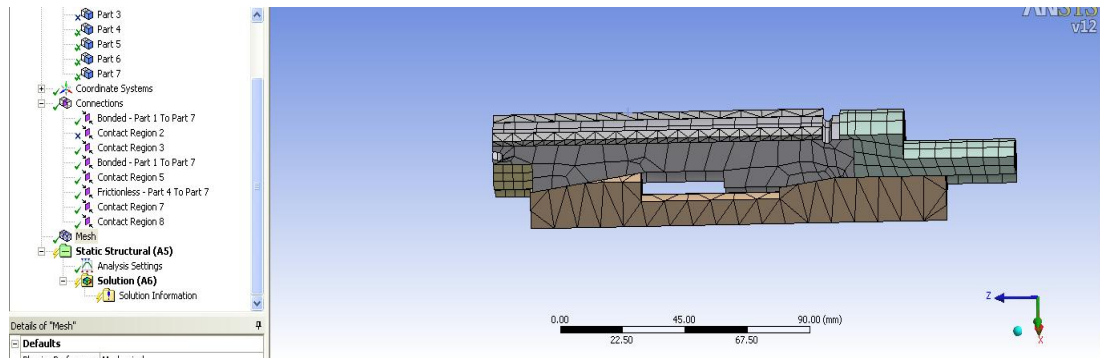


Рисунок 4.1.6 - Сетка конечных элементов.

4) Приложим усилие от гидропривода на шток-толкатель рисунок 4.1.7

$$P=6511,04 \text{ Н}$$

$$P=1/4(6511)=1627,76 \text{ Н}$$

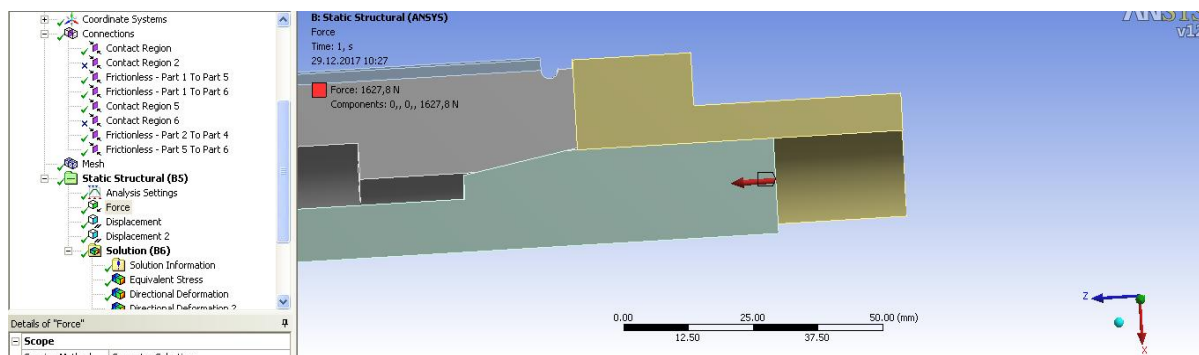


Рисунок 4.1.7 - Усилие на шток-толкатель.

5) Определим максимальное перемещение хон-брусков при усилии на штоке $P=1627,76$ Н рисунок 4.1.8

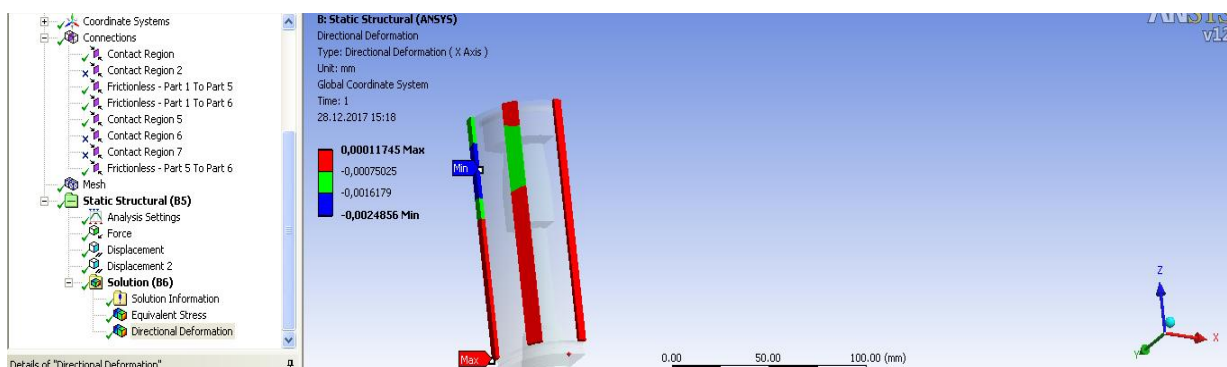


Рисунок 4.1.8 - Перемещение хон-брусков.

6) Максимальное перемещение хон-брусков составляет $\Delta = 0,0024$ мм рисунок 4.1.9

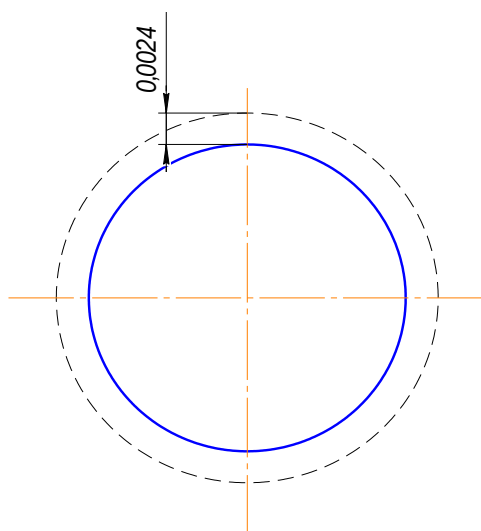


Рисунок 4.1.9 - Максимальное перемещение хон-бруска.

7) Определим контактное давление в зоне контакта между обрабатываемой поверхностью и хон-брусками рисунок 4.1.10.

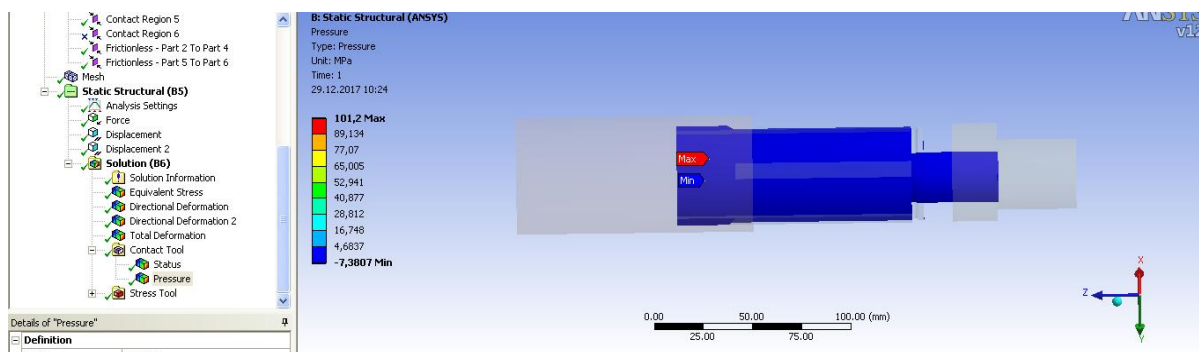


Рисунок. 4.1.10 Контактное давление между заготовкой и хон-брусками.

Из рисунка. 4.1.10 видно, что максимальное контактное давление составляет $P_{\max} = 1,81$ МПа.

8) Определим по эмперической зависимости интенсивность удельного съема материала от контактного давления рисунок 4.1.11.

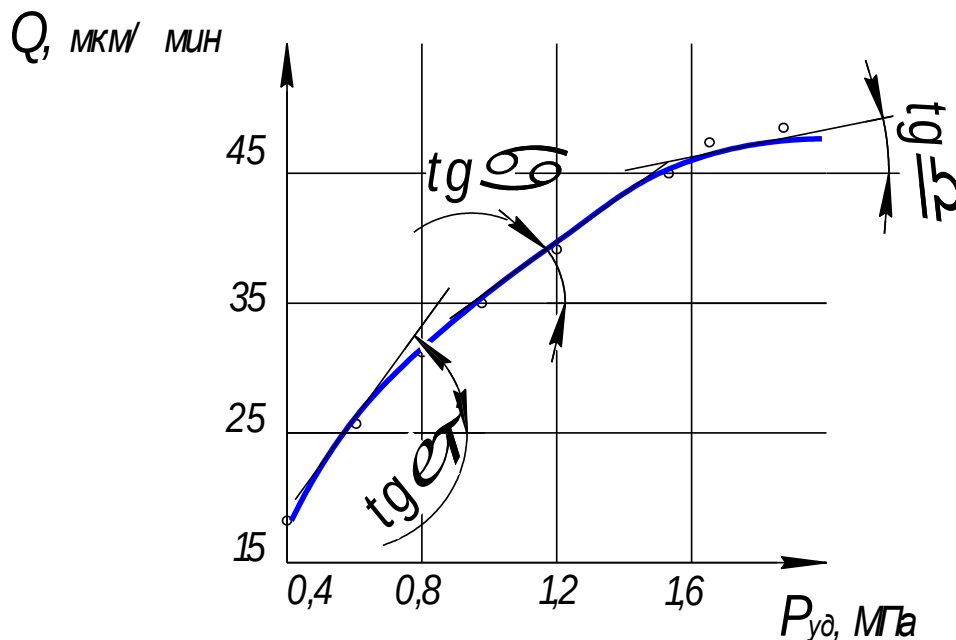


Рисунок 4.1.11 - Зависимости интенсивность удельного съема материала от контактного давления.

Из зависимости видно, что при контактном давлении $P_{\max}=1,81$ МПа интенсивность съема материала составляет $Q=0,00083$ мм/с.

9) Определим усилие резания:

$$F = P \cdot S = 1,81 \cdot 36864 = 66723,84 \text{ Н}$$

10) Проанализируем опасные сечения в хонинговальной головки Ст20.

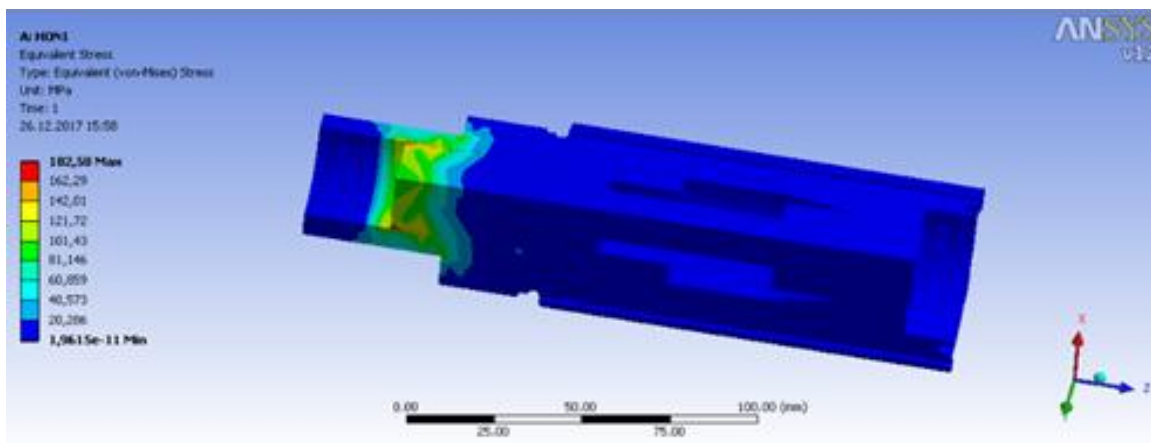


Рисунок 4.1.12 - Поле напряжений хонинговальной головки Ст20.

Как видно из рисунка, самым опасным участком является нормальная площадка клинового механизма $P_{\max}=182,58$ МПа.

11) Сравним хонинговальную головку Ст20 с материалом Ст45.

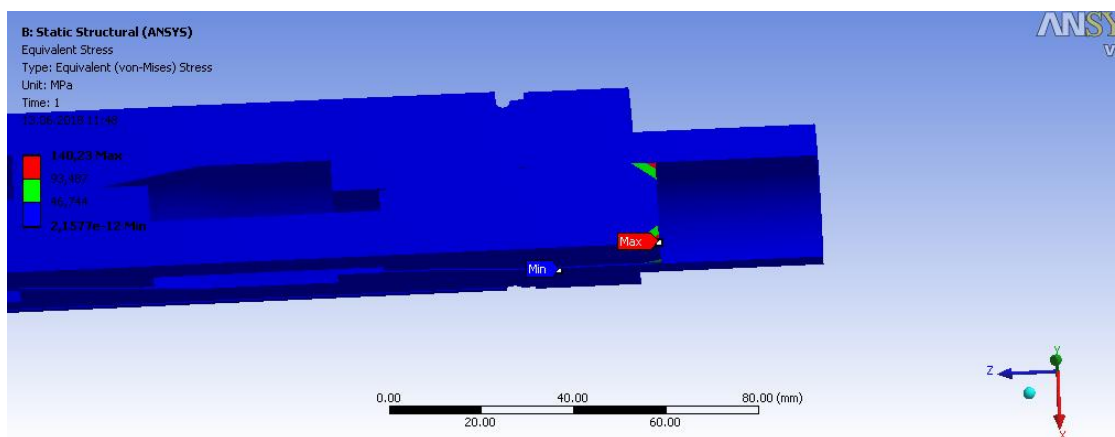


Рисунок 4.1.13 - Поле напряжений хонинговальной головки Ст45.

Как видно из рисунка максимальное напряжение составляет 140,23 МПа.

Вывод к главе 4.

В ходе работы со статическим расчетом было исследовано два материала клинового элемента хонинговальной головки Ст20 и Ст45 с разными прочностными характеристиками. После проделанного эксперимента можно убедиться, что материал Ст40 более надежней выдерживает нагрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Как показали результаты экспериментальных зависимостей самым лучшим производителем является DELAPENA. Хонинговальный брусок из алмазного материала позволяет получить высокое качество поверхности блока цилиндров. Более бюджетной версией является NAGEL, который применяется на многих современных предприятиях в частности ПАО АВТОВАЗ.

2) Построено уравнение регрессии. В котором исследовались степень влияния входных факторов на выходной параметр шероховатости. В уравнение регрессии входят три фактора, такие как окружная скорость, осевая и удельное давление брусков. Самые влияющие факторы на параметр шероховатости является окружная и осевая скорость.

3) Рассмотрены три мировых производителя хонинговальных инструментов DELAPENA, ROTTLER, NAGEL. В ходе эксперимента было обнаружено самым эффективным инструментом является производитель DELAPENA. По оценки качества мы обнаружили самую минимальную шероховатость из серии экспериментов. За счет своей мелкозернистости и связки данный производитель получил хорошие результаты.

4) Эксперименты проводились в лаборатории ПАО АВТОВАЗ на измерительном инструменте HOMMELWERKE. Стоит отметить, что объем удерживающего масла значительно больше у производителя NAGEL. Из трех производителей самым рациональным является NAGEL. Так как у инструмента по кривой аббота получились неплохие результаты и к тому же инструмент не дорогой.

5) В ходе работы со статическим расчетом было исследовано два материала клинового элемента хонинговальной головки Ст20 и Ст45 с разными прочностными характеристиками. После проделанного эксперимента можно убедиться, что материал Ст40 более надежней выдерживает нагрузки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С.И.Куликов, Ф.Ф. Ризванов , В.А.Романчук , С.В.Ковалевский . Прогрессивные методы хонингования . Москва , Машиностроение , 1983 .135 с. с ил.
2. С.Г.Бабаев, Н.К.Мамедханов ,Р.Ф.Гасанов. Алмазное хонингование глубоких и точных отверстий . Москва , Машиностроение , 1978 . 103 с. с ил.
3. В.А.Жуков Технологический процесс плосковершинного хонингования цилиндров двигателей ВАЗ . Самарканд, 1989.
4. В.В.Дегтярев. Курс Лекций по Технологии Автомобилестроения . 2003.
5. И.Х.Чеповецкий , В.Л.Стрижаков, А.В.Бараболя. Методические указания по антифрикционному плосковершинному хонингованию гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Киев, ИСМ АНУССР,1986 – 11с.
6. Хонингование гильз цилиндров и изучение рабочей поверхности . Материалы , проспекты акционерного общества “ГетцеВерке” Германия.
7. Создание оптимального микропрофиля рабочей поверхности гильз-цилиндров двигателей . Материалы , проспекты фирмы “Паркинск” Англия.
8. Каталог измерительных систем фирмы “Pat Mondo” , Германия
9. Материалы сайта www.yuui.ru ЗАО НПО Южуралинструмент
- 10.С.Н. Степанов А.Н. Табенкин С.Б. Тарасов Метрологическое обеспечение производства 2012г. 147с.
11. Материалы сайта www.sp-vms.com Критерии качества процесса хонингования.
12. Материалы сайта www.mahle.ru
13. Каталог измерительных систем фирмы “Pat Mondo” , Германия
14. Материалы сайта ЗАО НПО Южуралинструмент

15. В.В.Дегтярев. Курс Лекций по Технологии Автомобилестроения . 2003.
16. Хонингование гильз цилиндров и изучение рабочей поверхности . Материалы , проспекты акционерного общества “ГетцеВерке” Германия.
17. Н.И. Сидняев, Введение в теорию планирования эксперимента [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н.И. Сидняев. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2011.-463
18. В.П. Яковлев, Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учебное пособие/ В.П. Яковлев.-3-е изд. - Москва : Дашков и К, 2012ю - 181 с : ил., табл. - Библиогр.: с. 179-181.
19. Производство деталей металлорежущих станков: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин.- Старый Оскол: ТНТ, 2010.-592 с.
20. Расторгуев, Д.А. Разработка плана изготовления деталей машин: учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев.- Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013.-52 с. : обл.
21. Каталог измерительных систем фирмы “Pat Mondo” , Германия
22. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине "Технология машиностроение". Размерный анализ технологических процессов изготовления деталей машин. Сост. Михайлов А.В. - Тольятти, 2002.
23. Создание оптимального микропрофиля рабочей поверхности гильз-цилиндров двигателей . Материалы , проспекты фирмы “Паркинск” Англия.
24. Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении: учеб. пособие / А. Г.Схиртладзе [и др.]. – Гриф УМО; ТГУ. – Тольятти: ТГУ, 2003. – 179 с.
25. Мягков, В.Д. Допуски и посадки / В.Д.Мягков [и д.р.] - Машиностроение: Ленингр. отд–ние", 1982. - 543 с.
26. F. Klocke // Process Model for Honing Larger Gears.
27. M .Calvin // Microabrasives for Honing and Super Finishing.
28. M. Jonson // Honing Oils and Coolants.

29. Harshal Anil Bhole // Analysis of Super-Finishing honing operation with old and new plateau honing machine concept.
30. P. Glock // Honing and superfinishing stones for the perfect finish.

ПРИЛОЖЕНИЕ

УДК 539.422.32

М.Г. Кадошников, А.А. Блинов, О.В. Авдеев, Г.В. Кожеевников

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЕСА В ПРОГРАММЕ ANSYS

Научный руководитель: Бобровский Н.М., д.т.н., профессор

Тольяттинский государственный университет

(Россия, г. Тольятти)

Рисунок 1 - Титульная страница сборника.

Введение: Испытания для определения сопротивления колеса удару под углом 13° проводят с целью оценки прочностных характеристик диска при ударе свободно падающего груза. Ударная нагрузка приходится на бортовую закраину обода колеса. Брусек падает со скоростью 2,12 м/с на обод диска перекрывая бортовую закраину на 25 мм. Угол между осью и горизонтальной плоскостью составляет 13° (Рис. 1).

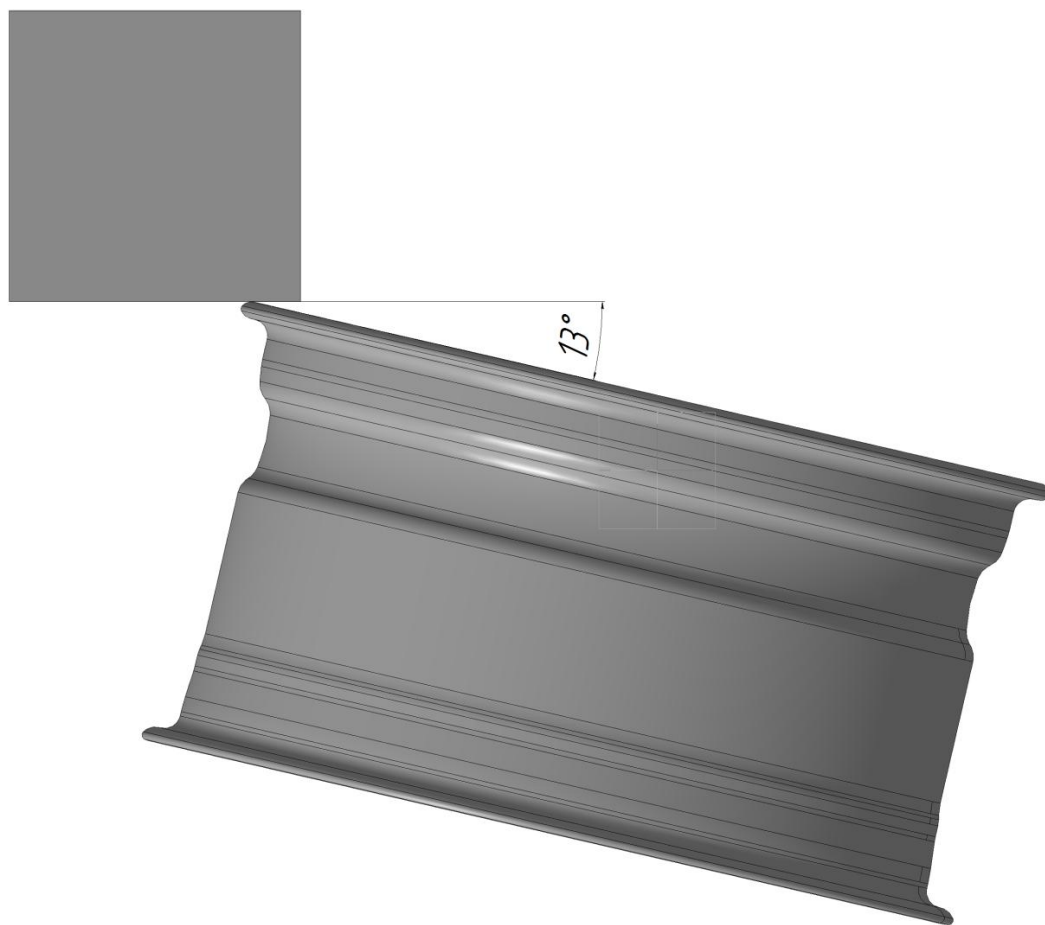


Рис. 1 – Угол 13° между грузом и диском.

Размеры груза – ударного элемента составляют 125×125×375 мм.

Важно отметить, что последующий динамический расчет в информационной системе ANSYS проводится в момент соударения бруска с диском. Используя команду «Contact Sizing» мы выбираем грань, которая будет соприкасаться с закраиной обода диска (Рис. 2).

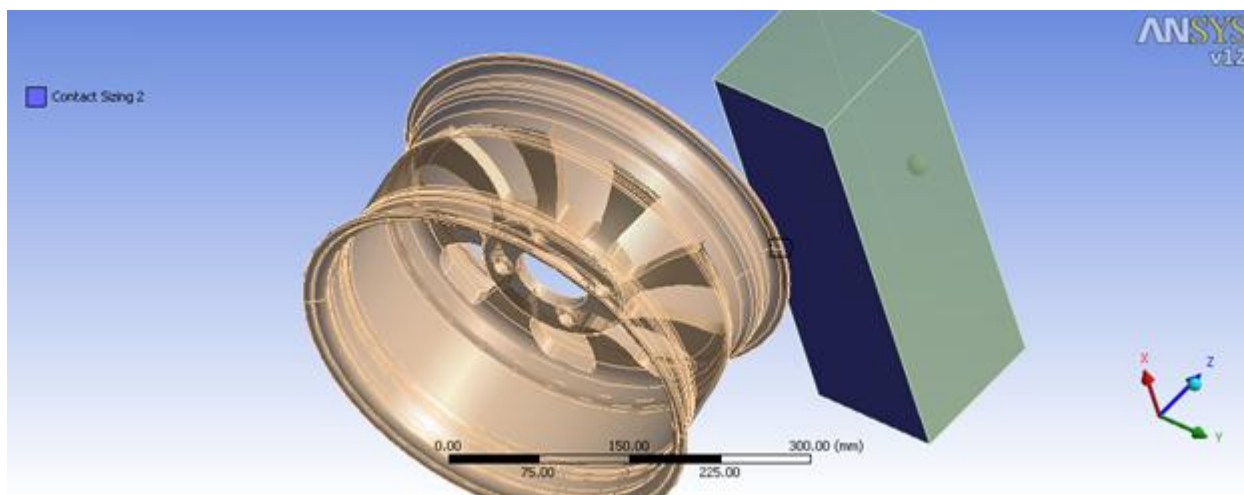


Рис. 2 – Плоскость соприкосновения – *Contact Sizing*.

Далее необходимо выбрать грань или плоскость, где будет задана заделка. Мы выбираем плоскость ступицы и фиксируем её благодаря команде «Fixed Support» как показано на Рис. 3.

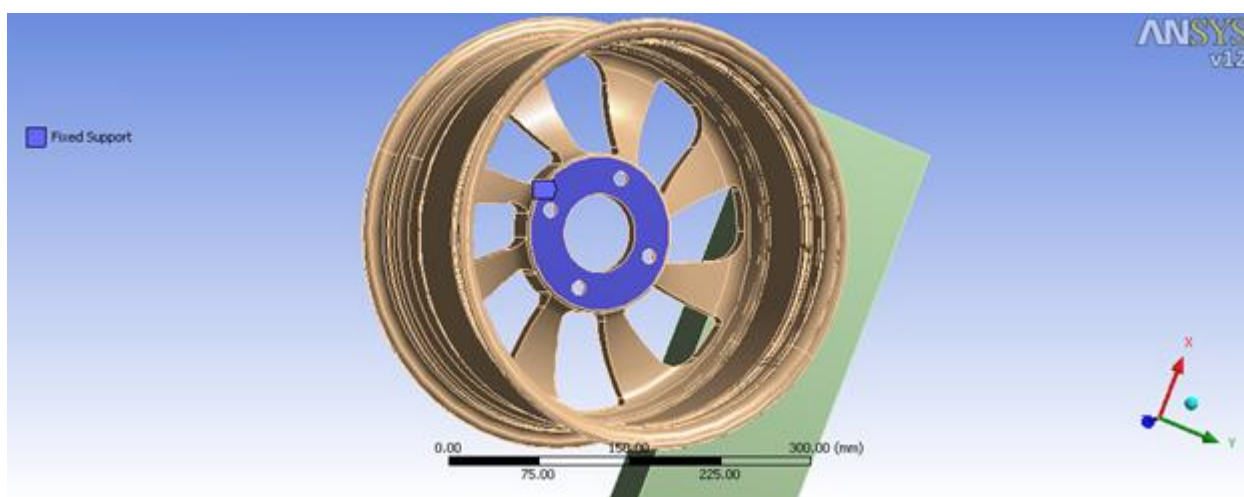


Рис. 3 – Плоскость заделки (*Fixed Support*)

Ударная нагрузка должна быть приложена строго вертикально. Поэтому чтобы груз во время своего движения не сместился в сторону необходимо

ограничить его перемещения по плоскостям X и Y. Для этого воспользуемся командой «Displacement», которая позволит ограничить движение груза исключительно по плоскости Z. Эти ограничения по перемещению можно увидеть на Рис. 4, 5.

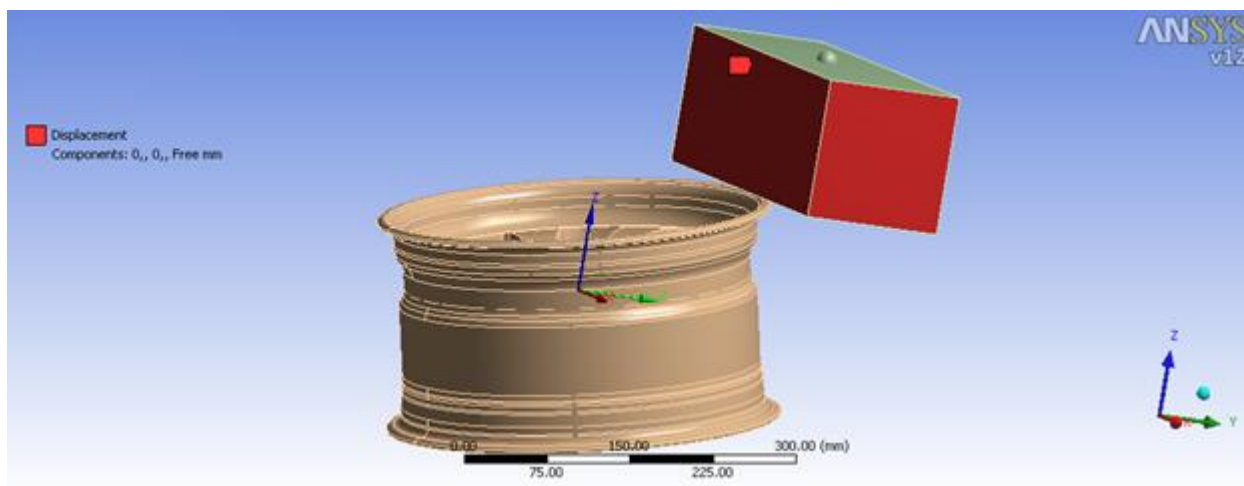


Рис. 4 – Ограничение перемещения по плоскости X (Displacement)

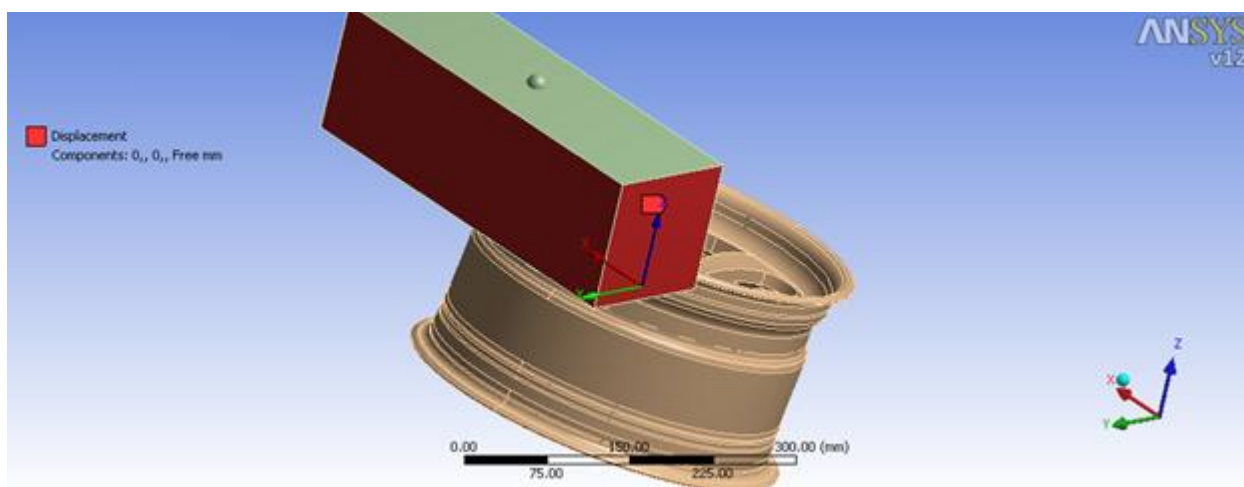


Рис. 5 – Ограничение перемещения по плоскости Y (Displacement)

Далее задаётся сетка «Mesh». И так как эти динамические испытания более чувствительны к точности сетки, то в зоне соприкосновения нам необходимо уменьшить её размер (Рис.6). Это позволит получить наиболее точные результаты.

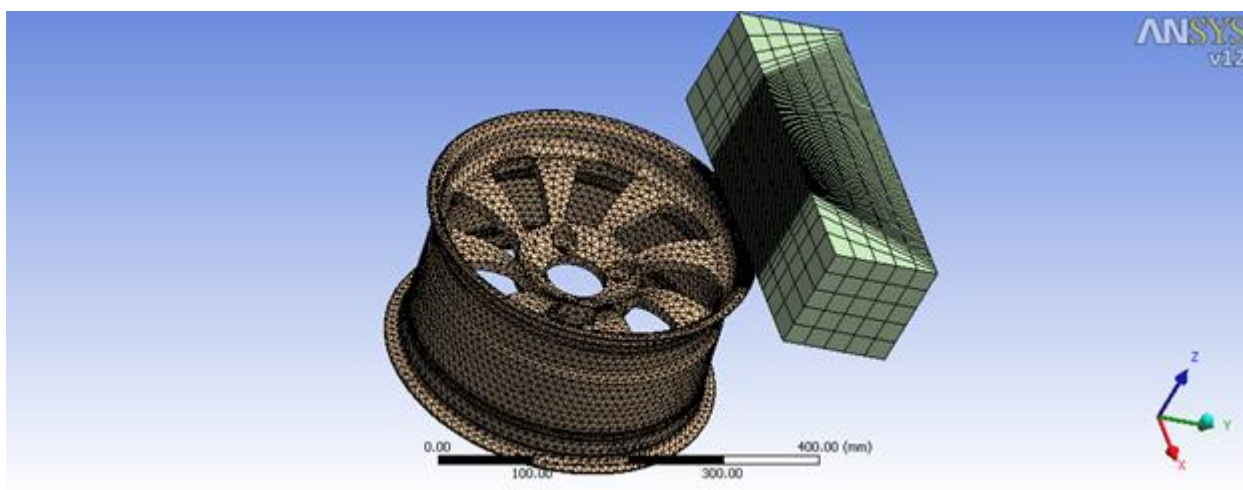


Рис. 6 – Создание уменьшенной сетки «Mesh» в зоне контакта

Полученные в ходе динамических испытаний (Transient Structural) результаты отображены на Рис. 7. Они позволяют увидеть напряжения и деформации, после приложенной ударной нагрузки.

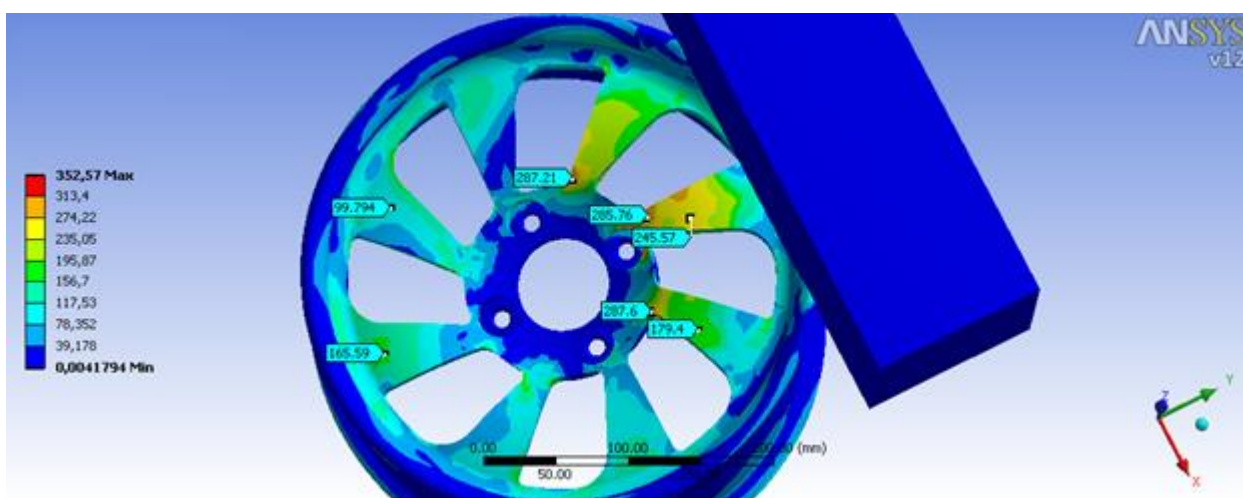


Рис.7 – Результаты динамических испытаний колёсного диска (с замерами)

Вывод:

По результатам проделанных испытаний, можно сделать вывод, что приложенную ударную нагрузку данный колёсный диск прошёл. Полученные данные соответствуют допустимым пределам напряжений, и диск можно считать прочным.



Рисунок 8 - Диски в цвете.