

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
Направление 15.03.01 «Машиностроение»
Профиль «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой _____ А.В.Бобровский

«__» _____ 2016г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

(уровень бакалавра)

Направление 15.03.01 «Машиностроение»

Профиль «Технология машиностроения»

Студент Битюков Владимир Владимирович гр. МСб-1203

1. Тема Совершенствование технологии изготовления корпуса тормозного цилиндра автомобиля Лада.

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы «__» ____ 2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе Материалы преддипломной практики.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (объем 40-60 с.)

Титульный лист. Задание. Аннотация. Содержание.

Введение.

1. Анализ состояния вопроса. Цель и задачи работы

2. Разработка технологии изготовления детали корпус тормозного цилиндра

2.1 Технология получения заготовки

2.2 Расчет припусков на обработку

2.3 Расчет режимов резания

2.4 Проектирования режущего инструмента

2.5 Выбор оборудования

2.6 Проектирование станочного приспособления

2.7 Контроль детали корпус тормозного цилиндра

3. Безопасность и экологичность технического объекта

4. Экономическая эффективность работы Заключение.

Список используемой литературы. Приложения: технологическая документация

АННОТАЦИЯ

Битюков В.В. Выпускная квалификационная работа. Совершенствование изготовления корпуса тормозного цилиндра автомобиля Лада.

Кафедра: Оборудование и технологии машиностроительного производства.

ТГУ: Тольятти, 2016г., 90 с., 6 л. формата А1, 2 л. формата А2.

Целью выпускной квалификационной работы является совершенствование технологии изготовления корпуса тормозного цилиндра.

На основе исследований, проведенных в данной работе, а также полученных за время обучения знаний был разработан новый метод получения заготовки, также разработан новый техпроцесс механической обработки корпуса колесного цилиндра. Было подобрано оборудование, заменяющее старые автоматические линии с дополнительными станциями, в виде станков расточной группы.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 5 |
| 1. Анализ состояния вопроса. Цель и задачи работы..... | 6 |
| 2. Разработка технологии изготовления детали корпус тормозного цилиндра | 16 |
| 2.1. Технология получения заготовки..... | 16 |
| 2.2. Расчет припусков на обработку..... | 27 |
| 2.3. Расчет режимов резания..... | 29 |
| 2.4. Проектирование режущего инструмента..... | 38 |
| 2.5. Выбор оборудования..... | 41 |
| 2.6. Проектирование станочного приспособления..... | 48 |
| 2.7. Контроль детали корпус тормозного цилиндра..... | 52 |
| 3. Безопасность и экологичность технического объекта..... | 67 |
| 4. Экономическая эффективность работы..... | 76 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 81 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 82 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 86 |

Введение

Научно-технический прогресс в машиностроении в значительной степени определяет успешное решение задачи повышения эффективности общественного производства.

Важнейшими условиями ускорения научно-технического прогресса и общественного производства являются рост производительности труда и улучшение качества продукции. Совершенствование технологических методов изготовления машин имеет при этом первостепенное значение.

Качество машины, ее надежность, долговечность и экономичность в эксплуатации зависят не только от совершенства ее конструкции, но и от технологии изготовления. Применение прогрессивных, высокопроизводительных методов обработки, обеспечивающих высокую точность и качество поверхностей деталей машин, а также прогрессивных форм организации и экономии производственных процессов, - все это направлено на решение главных задач: повышения эффективности производства и качества продукции.

1. Анализ состояния вопроса. Цель и задачи работы

1.1. Служебное назначение узла и детали

Задний барабанный тормоз автомобилей LADA служит для замедления скорости движения автомобиля и (или) его полной остановки. Барабанный тормоз состоит из защитного диска 1, гидравлического цилиндра 2, стяжных пружин колодки 3,9, тормозных колодок 4, накладок колодок 5, тормозного барабана 6, установочного штифта 7, направляющей пружины 8. (рис 1.1.1.).

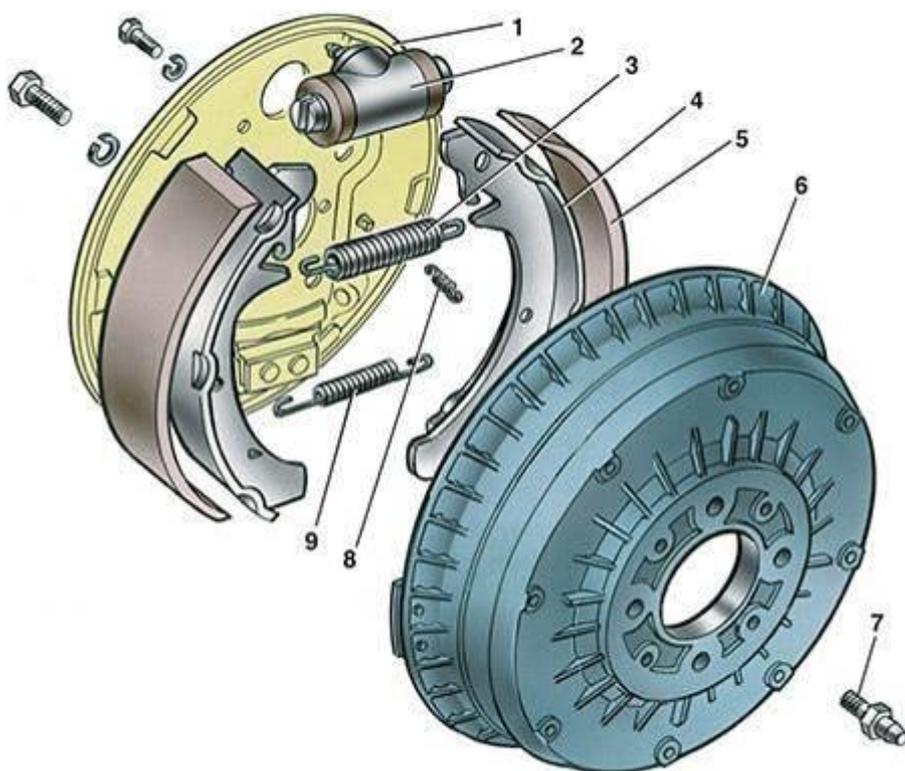


Рис.1.1.1. Барабанный тормоз

Деталь - корпус тормозного цилиндра входит в сборочную единицу - тормозной цилиндр заднего барабанного тормоза.

Тормозной цилиндр представляет собой чугунный корпус 1, внутри которого, по обеим сторонам, расположены небольшие рабочие поршни 2, на которых установлены уплотнительные манжеты 3. Благодаря этим манжетам тормозная жидкость не просачивается во время рабочего хода. Имеется распорная пружина 4, упорная шайба 5, толкатель 6, грязезащитный чехол 7

и впускное отверстие 8. Чтобы из системы можно было спустить воздух, существует специальный спускной клапан 9, который вкручивается в сам корпус гидравлического цилиндра.(рис 1.1.2.).

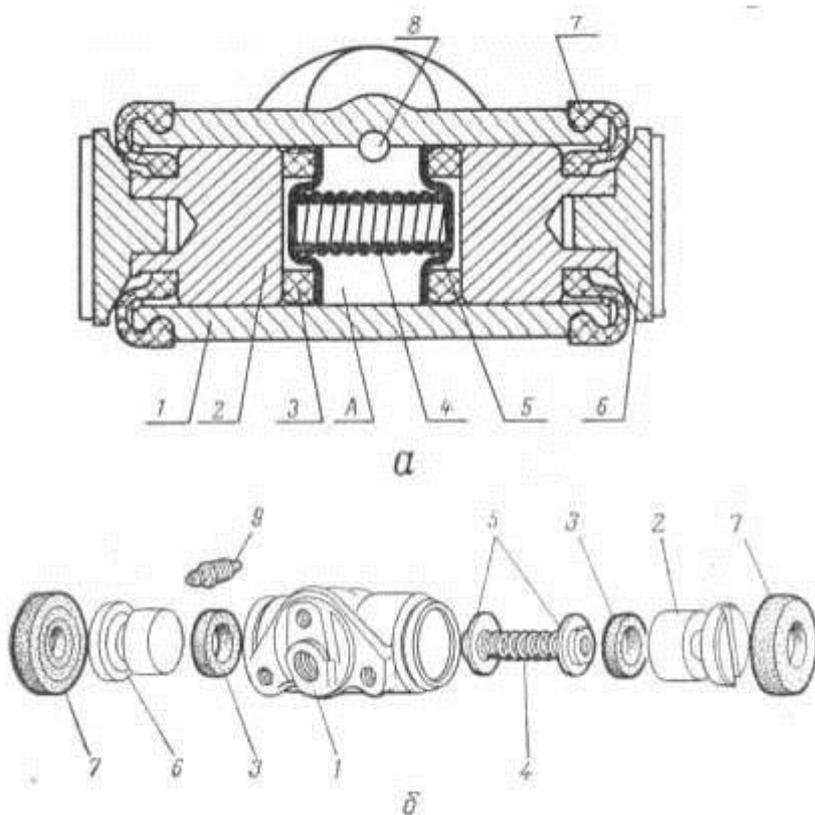


Рис.1.1.2

Тормозной цилиндр в сборе, предназначен для создания усилия давления тормозных колодок к тормозным барабанам, с целью осуществления торможения.

1.2 Действующий процесс изготовления детали

Деталь – корпус цилиндра заднего барабанного тормоза можно отнести к группе корпусных деталей.

Заготовка для корпуса изготавливается из чугуна марки Gh190, путем использования технологии литья в землю. Технология механической обработки корпуса тормозного цилиндра строится на использовании специальных автоматических линий. Данное оборудование представляет

собой многосекционный конвейер с приспособлениями для базирования обрабатываемых деталей, вокруг которого расположены несколько многошпиндельных силовых станций, выполняющих одновременную узкоспециализированную обработку изделий, а также зоны загрузки/выгрузки изделий оператором.

Цикл обработки изделий полностью автоматизирован и производится оператором с отдельно стоящего блока управления автоматической линией.

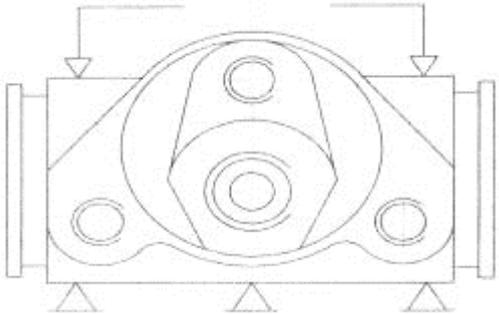
Суточная производительность линии 3600 штук. Годовая программа выпуска деталей 2000000 штук.

Условия труда при изготовлении данного изделия относятся к нормальным, вредность производства отсутствует.

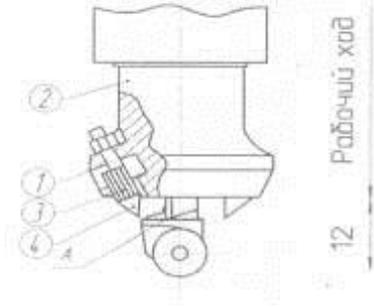
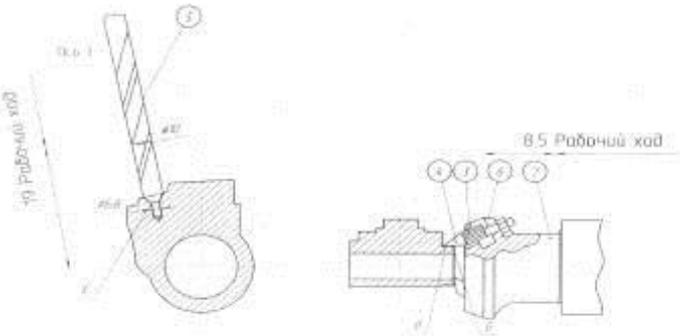
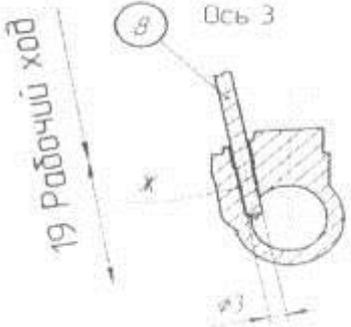
1.2.1 Технологический процесс изготовления

Весь технологический процесс изготовления приведен в виде таблиц операций с эскизом и описанием перехода.

Таблица 1.2.1 - Операция 010 «Агрегатная»

| № и описание перехода | Эскиз |
|---|---|
| 1. Цикл ручной загрузки четырех деталей на спутник. |  The sketch shows a symmetrical mechanical assembly, likely a satellite for a multi-spindle lathe. It features a central circular component with two smaller concentric circles inside. This central part is mounted on a larger, rectangular base. On the left and right sides of the base, there are two vertical rectangular blocks, each with a downward-pointing arrow above it, indicating loading points. The entire assembly is supported by three triangular feet at the bottom. The drawing is a line-art technical sketch. |

Продолжение таблицы 1.2.1

| | |
|--|--|
| <p>2. Автоматический цикл обработки поверхности А согласно эскизу.</p> |  |
| <p>3. Автоматический цикл сверления отверстия Е и точения поверхностей В, Б согласно эскизу.</p> |  |
| <p>4. Автоматический цикл сверления отверстия Ж.</p> |  |

Продолжение таблицы 1.2.1

| | |
|--|--|
| <p>5. Автоматический цикл сверления двух отверстий Д, З согласно эскизу.</p> | |
| <p>6. Автоматический цикл точения поверхностей Л, Н и сверления отверстия И согласно эскизу.</p> | |
| <p>7. Автоматический цикл сверления отверстия П и обработки поверхности О согласно эскизу</p> | |
| <p>8. Автоматический цикл сверления отверстия Ю согласно эскизу.</p> | |

Продолжение таблицы 1.2.1

| | |
|--|--|
| <p>9. Автоматический цикл обработки поверхностей Р, С согласно эскизу.</p> | |
| <p>10. Автоматический цикл цекования поверхности Т, У согласно эскизу.</p> | |
| <p>11. Автоматический цикл обработки фасонной поверхности Ф и Х согласно эскизу.</p> | |
| <p>12. Автоматический цикл нарезания резьбы в отверстии Ц согласно эскизу.</p> | |

Продолжение таблицы 1.2.1

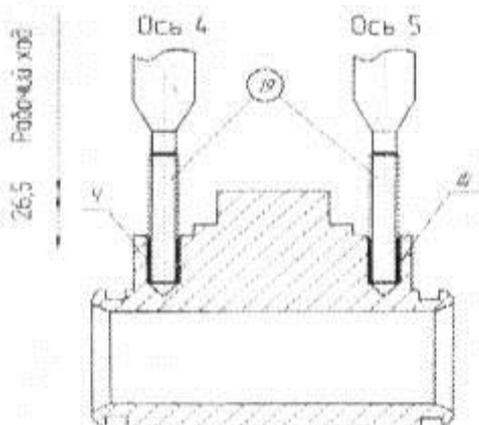
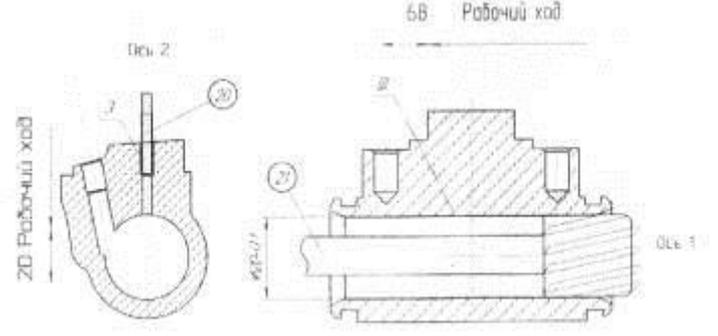
| | |
|---|---|
| <p>13. Автоматический цикл нарезания резьбы в отверстиях Ц, Щ согласно эскизу.</p> |  |
| <p>14. Автоматический цикл нарезания резьбы в отверстиях Э и обработка отверстия Ш согласно эскизу.</p> |  |
| <p>15. Автоматический цикл разгрузки обработанной детали.</p> | |

Таблица 1.2.2 - Операция 020 «Расточная»

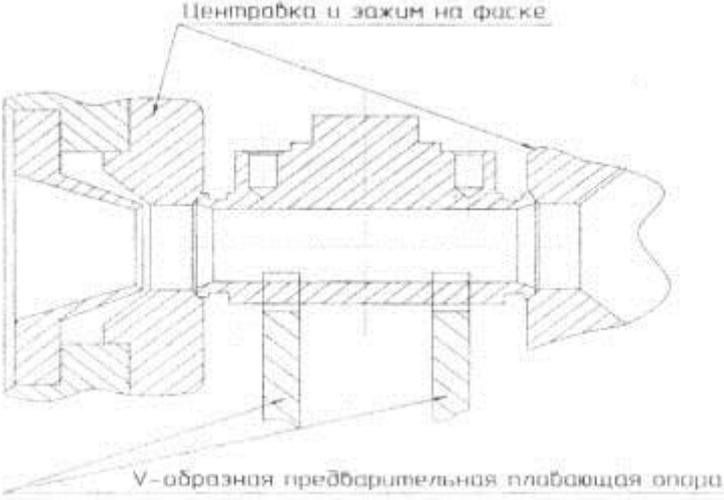
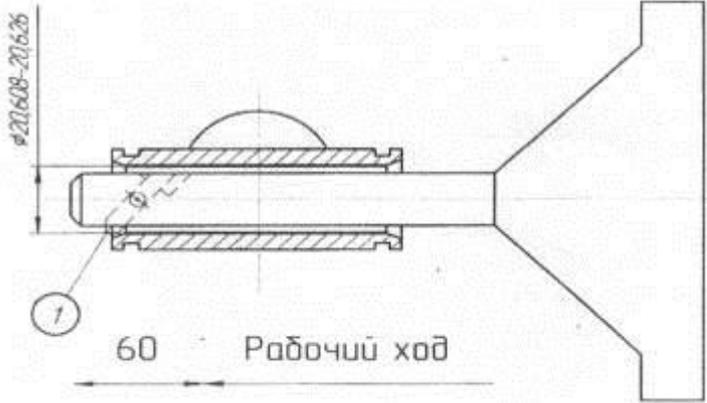
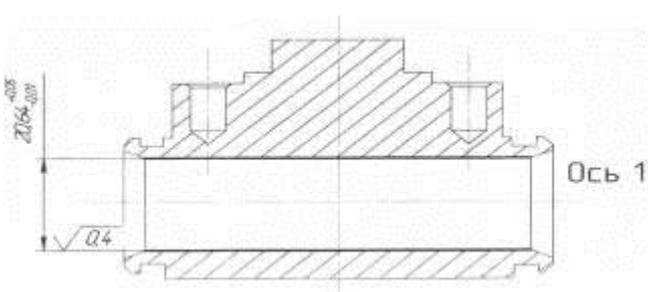
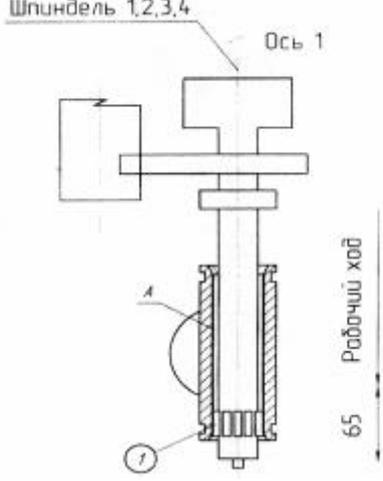
| | |
|--|---|
| <p>1. Визуальный осмотр детали. Цикл ручной загрузки трех деталей в зажимное приспособление согласно эскизу. Включение станка двуручное от кнопок.</p> |  |
| <p>2. Автоматический цикл обработки отверстия $\varnothing 20,608-20,626$ согласно эскизу.</p> |  |
| <p>3. Ручной цикл разгрузки деталей.</p> | |

Таблица 1.2.3 - Операция 030 «Раскатная»

| | |
|---|--|
| <p>1. Визуально осмотреть детали. Цикл ручной загрузки четырех деталей на 4 раскатных ролика согласно эскизу. Включение станка двуручное от кнопок. Включение шпинделей одноручное от кнопок.</p> |  |
|---|--|

Продолжение таблицы 1.2.3

| | |
|---|--|
| <p>2. Автоматический цикл раскатки отверстия $\varnothing 20,64+0,05;-0,01$ согласно эскизу.</p> |  |
| <p>3. Ручной цикл разгрузки деталей.</p> | |

1.2.2 Недостатки действующего технологического процесса

При изготовлении детали корпус заднего тормозного цилиндра на производстве сталкиваются с рядом определенных проблем. Самой основной проблемой является низкое качество заготовок. А именно наличие газовых раковин на исполнительной поверхности, которые получаются вследствие использования морально устаревшей технологии получения заготовки. Это литье в литейные формы. Количество дефектных заготовок по данным 2015 года составляет 50719 шт.

Кроме того, чугун обладает большой тепловой инерцией, что не благоприятно сказывается на тормозной системе автомобилей. При дальнейшей механической обработке возникают и другие проблемы. Одной из важнейших является дороговизна инструмента и его малая стойкость, вследствие неоднородной структуры заготовки. Оборудование, на котором производится механическая обработка данного корпуса, имеет значительный моральный и физический износ. Отсутствует автоматический контроль отливки перед обработкой на наличие всевозможных раковин и трещин, геометрии формы и веса детали. Все это непосредственно сказывается на качестве изготавливаемой продукции. Данные автоматические линии

занимают большие производственные площади. Наличие дополнительных станций на маршруте изготовления детали, в виде расточных станков, напрямую влияет на производительность.

Перечисленные выше факторы являются недостатками существующего технологического процесса.

Цель данной работы: модернизация метода получения заготовки для корпуса; модернизация самого технологического процесса изготовления детали, с применением новых и прогрессивных методов, для повышения качества изготавливаемой детали.

2. Разработка технологии изготовления детали корпус тормозного цилиндра

2.1. Технология получения заготовки

Предлагается изменение материала заготовки, а также самого способа получения этой заготовки.

Основываясь на опыте автомобильных гигантов и первопроходцев в области внедрения новых технологий, предлагаем в качестве материала заготовки использовать алюминий АД35Т6. Он обладает массой преимуществ, одними из которых являются: хорошая обрабатываемость при механической обработке, легкость и малая тепловая инерция. Данный материал не является дефицитным и применяется в автомобилестроении достаточно давно [1].

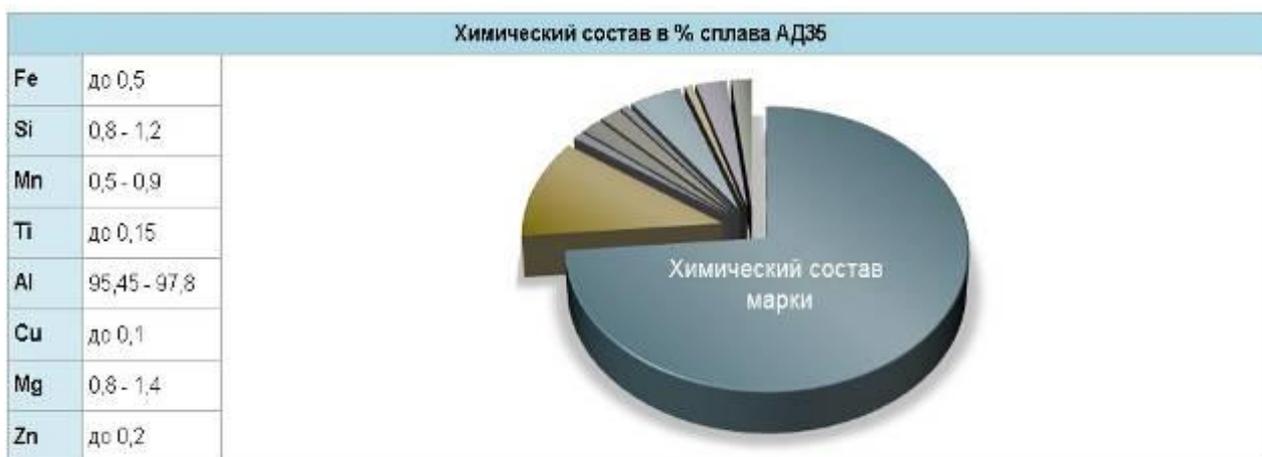


Рис.2.1.1

При помощи метода конечных элементов, мы определили область максимальных перемещений (Рис. 2.1.3.), возникающих при давлении в рабочей полости 130Н/мм^2 .

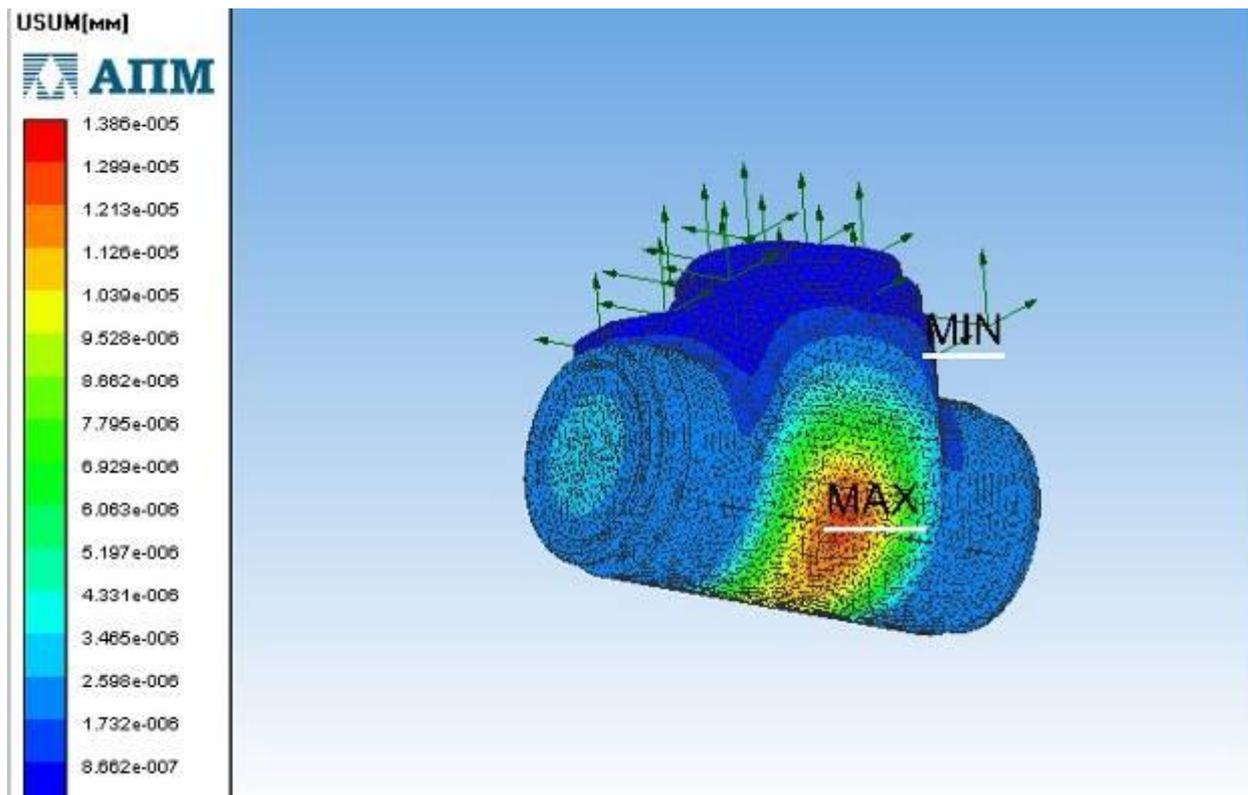


Рис.2.1.3 - Расчет перемещений

Зона максимальных перемещений окрашена красным цветом. Величина максимального перемещения равна 0,01386 мкм. Данные испытания проводились в условиях полной замкнутости внутренней полости цилиндра, с целью проверки корпуса на способность противостоять избыточному давлению. В реальных условиях при данном давлении происходит выдавливание поршней из рабочей полости, с отрывом грязезащитного чехла, что приводит к поломке изделия. Исходя из всего этого мы можем предположить, что наш алюминиевый корпус способен выдерживать максимальные нагрузки, выдаваемые тормозной системой.

В качестве метода получения заготовки, предлагаем использовать горячую объемную безоблойную штамповку на гидравлическом штамповочном станке от компании «Neotecman» (рис. 2.1.4.).

Данная компания является ведущим мировым производителем станков для горячей безоблойной штамповки с ЧПУ. Станок модели F-32L NTM позволит создавать заготовку, с минимальным припуском под механическую

обработку, что в свою очередь говорит нам о высоком коэффициенте использования материала, и как следствие, о снижении затрат на механической обработке.

$$K = \left(\frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}} \right) = \frac{0,073}{0,080} = 0,9125$$

где $Q_{\text{дет}}$ - вес детали, $Q_{\text{дет}} = 0,073$ кг;

$Q_{\text{заг}}$ - вес заготовки, $Q_{\text{заг}} = 0,080$ кг.



Рисунок 2.1.4 - Станок для горячей безоблойной штамповки

Эффективность использования данного метода заключается в следующем:

1. В значительной экономии материала по сравнению с традиционными системами, благодаря использованию уникального метода безотходной резки прутка в горячем состоянии, при этом система нагрева интегрирована в конструкцию машины.

2. Данный метод исключает дальнейшую обработку детали для удаления облоя и заусенцев.

3. В существенной экономии времени, рабочей силы, производственной площади и энергии, поскольку весь процесс штамповки осуществляется на одном станке.

4. В резком уменьшении объемов инвестиций, необходимых для организации производства деталей из алюминия, по сравнению с традиционной технологией.



Рис.2.1.5 - Предлагаемый технологический процесс

Система подачи и нагрева прутка:

- емкость подачи – 10-15 прутков, в зависимости от диаметра прутка (12÷32 мм);
- максимальная длина прутка – до 3500 мм;
- автоматическое определение «последнего прутка»;
- подачник прутка, оснащенный сервоприводом и системой опорожнения печи перед сменой диаметра прутка;
- многозонный печной нагрев с использованием от 7 независимых печных газовых горелок с форсированной вентиляцией;
- автоматическая настройка положения горелки: рабочая высота, боковое / поперечное, переднее / заднее;
- автоматическая регулировка температуры нагрева в зоне каждой горелки и в системе нагрева в целом;

В системе нагрева печи используется бесконтактный метод, обеспечивающий деликатный сквозной прогрев прутка для улучшения качества штамповки. Реализована технология непрямого нагрева, обеспечивающая постоянство температуры заготовки в каждой точке ее поперечного и продольного сечения. Данная технология нагрева обеспечивает до 50% экономии на энергоносителях.

Система резки прутка на заготовки:

- модуль автоматизированной резки ножничного типа с двумя двусторонними лезвиями, каждое из которых имеет независимый сервопривод. Заготовки для штамповки режутся в горячем состоянии, что позволяет сэкономить примерно 1,2 мм длины прутка на резке каждой заготовки;

- блок автоматического фиксирования держателя во время операции резки;

- регулировка веса заготовки путем автоматического измерения, контролируемого серводвигателем, позволяет быстро начать производство новой детали или изменить параметры заготовки во время процесса штамповки и обеспечивает безотходную прецизионную резку заготовки с точным объемом материала, необходимого для изготовления качественной детали.

Система резки прутка на заготовки (Рис.2.1.6.) обеспечивает безотходную и экономичную резку горячего прутка до самого его конца, выполняет ровный срез без складок и деформации заготовки, универсальна для всех диаметров прутка, находящихся в диапазоне технических характеристик станка. Конструкция узлов системы резки позволяет осуществлять быструю смену ножей и держателя (зажима).

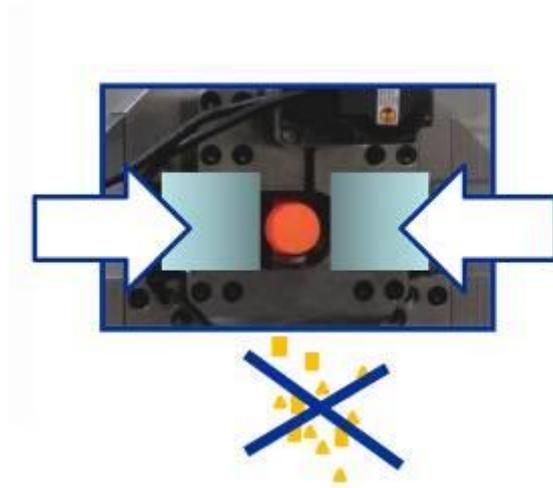


Рис.2.1.6. Система резки ножничного типа

Система гидравлического прессового штампования с тремя независимыми пуансонами:

прессовые цилиндры:

- 3 гидроцилиндра с гидроаккумулятором приводящие в движение три соответствующих пуансона с независимым контролем каждого программируемыми логическими контроллерами, управляющими возвратно-поступательными перемещениями пуансонов, их скоростями, а также различными временными задержками.

-автоматический контроль параметров потока и давления гидравлической жидкости.

-автоматизированный программируемый выбор моментов активации требуемых цилиндров для обеспечения движения нагретого металла в штампе, позволяющего штамповать такие детали как тройники, уголки, втулки;

- независимый триггерный запуск импульсами с частотой не более 0,01 секунды;

- автоматизированный программируемый выбор количества пуансонов и их комбинации, необходимых для изготовления конкретной детали;

запирающий цилиндр:

- цилиндр с гидроприводом и дроссельным клапаном;
- группа сжатия для быстрого смыкания и обеспечения запирающего давления;
- автоматическая регулировка высоты запираения;
- пневматический цилиндр для удаления детали как в верхнем, так и в нижнем штампах (матрицах).

штампы и штамподержатели (плиты):

- верхняя и нижняя плиты (штамподержатели), имеющие встроенную систему охлаждения, включая форсунки в 16 различных точках для распыливания графитового масла, с возможностью быстрой замены штампа в процессе эксплуатации (время замены – не более 20 минут);

-16 точек смазки, управляющиеся распределителем, позволяющим каждой из них независимо выбирать следующие режимы:

- «нет воздуха / нет графитового масла»;
- «есть воздух / нет графитового масла»;
- «есть воздух и есть графитовое масло».

автоматическая смазка штампа:

- регулируемая дозировка;
- регулируемая продолжительность распыления.

выталкиватель:

- выталкиватель отштампованной детали, предназначенный для обеспечения ее постоянного нахождения в верхней половине штампа в период размыкания штампа;

- сенсор для выталкивания детали.

гидравлическая станция:

- гидростанция, имеющая электродвигатель мощностью 45 кВт и два регулируемых центробежных насоса;
- автоматическая система охлаждения «масло/воздух»;
- теплообменник «масло/вода».

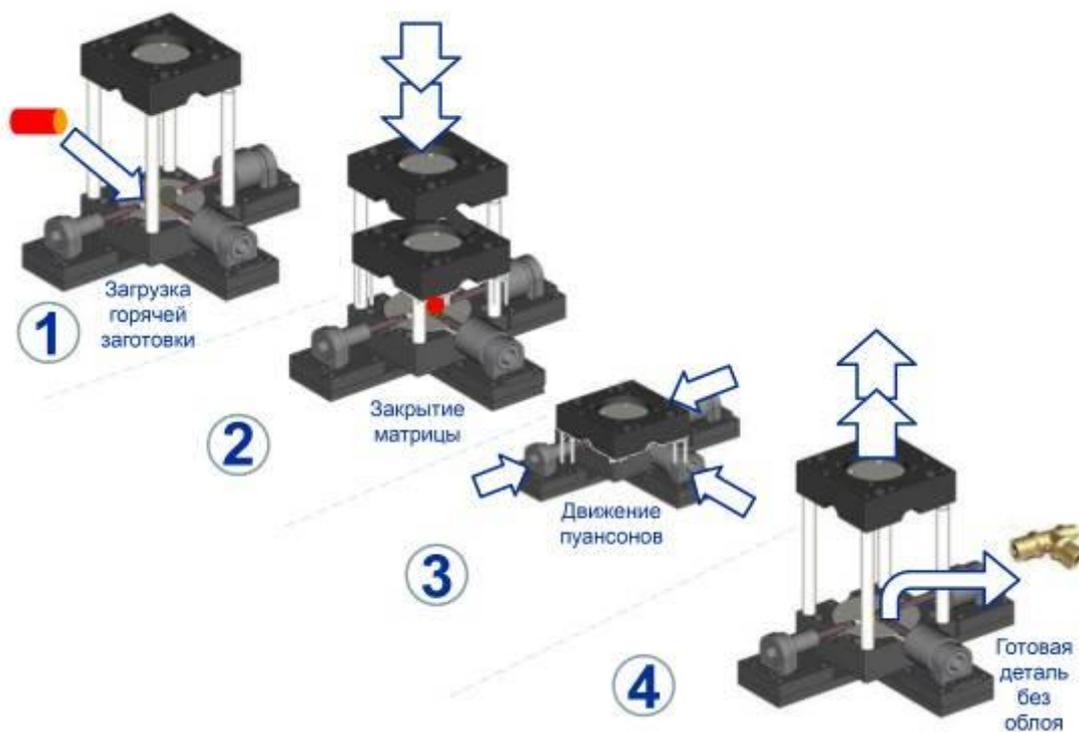


Рис.2.1.7 - Схема штамповки

Таблица 2.1.1 - Предлагаемый технологический маршрут изготовления заготовки

| № перехода | Описание перехода |
|------------|--|
| 1. | Автоматический цикл загрузки прутка Ø30x3464,5 мм. |
| 2. | Автоматический цикл нагрева прутка до 540°C. |
| 3. | Автоматический цикл отрезки части прутка Ø30x42,24 мм. |
| 4. | Штамповка. |
| 5. | Автоматический цикл разгрузки деталей в тару. |

Предлагаемый маршрут механической обработки детали.

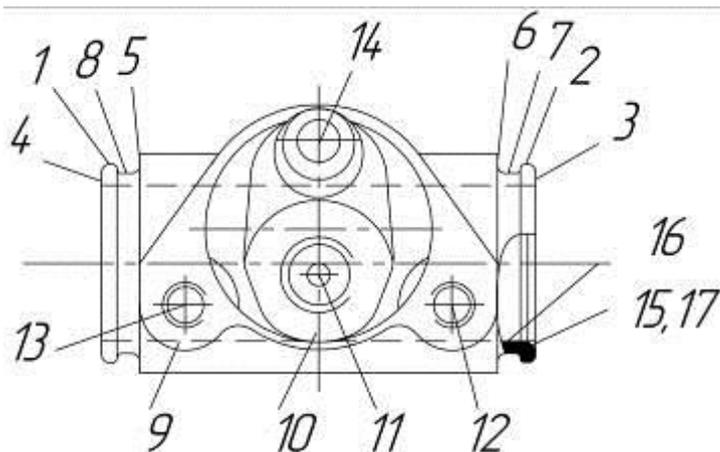


Рис.2.1.9 – схема обозначения поверхностей

Таблица 2.1.2 - Описание переходов операции 020 «Агрегатная»

| № | Описание перехода | Оснащение | Режимы обработки |
|---|---|--|--|
| 1 | Автоматический цикл загрузки детали в зажимное приспособление | Робот-манипулятор, специальное зажимное приспособление. | |
| 2 | Автоматический цикл: Точения поверхности 9 в размер 21,5 на глубину 0,7 мм. Точения поверхности 10 в размер 30,7 на глубину 0,7 мм. | Фреза торцевая ISO 2P160-1200NA H10F. | $V = 565$ м/мин, $n = 1500$ об/мин. |
| 3 | Автоматический цикл: Точения поверхности 16 в $\varnothing 20,5$ мм. Точения | Специальная расточная оправка 9XC ISO 40 DIN69871, пластины ромбические сменные ISO CNMP 12 04 08 H10F 4шт., | 1. $V = 483$ м/мин, $s = 0,4$ мм/об, $n = 7500$ об/мин. 2. $V = 120$ м/мин, $s = 0,2$ мм/об, $n = 7500$ об/мин. |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | <p>поверхностей 1 и 2 в размер 26,2 мм.</p> <p>Точения фаски 1x45° на поверхностях 15 и 17.</p> <p>Сверления отверстий 12 и 13 Ø5,1 мм на глубину 9,5 мм.</p> | <p>сверло ISO 863.1-0510-030A1-H10F Ø5,1 мм.</p> | |
| 4 | <p>Автоматический цикл:</p> <p>Нарезания канавки на поверхности 7 и 8 на глубину 1,2 мм.</p> <p>Нарезания резьбы М6х1-6Н в отверстиях 12 и 13 на глубину 6,5 мм.</p> | <p>Специальная расточная гоправка 9XC ISO 40 DIN 69871,</p> <p>пластина канавочная ISO MB-09G318-02-14L H10F,</p> <p>пластина ромбическая сменная ISO CNMP 12 04 08 H10F,</p> <p>метчик М6-6Н ISO E096M6.</p> | <p>1. V = 483 м/мин, s = 0,4 мм/об, n = 7500 об/мин.</p> <p>2. V = 20,5 м/мин, s = мм/об, n = 600 об/мин.</p> |
| 5 | <p>Автоматический цикл:</p> <p>Развертки отверстия 16 в Ø 20,6 мм.</p> <p>Сверления отверстия 11 в Ø8,6 мм на глубину 11,5 мм.</p> <p>Сверления отверстия 11 в Ø3 мм на глубину 8,5 мм.</p> <p>Нарезания резьбы М10х1,25 в</p> | <p>Сверло Ø8,6 мм ISO 863.1-0861-045A1-H10F,</p> <p>сверло Ø3 мм ISO 863.1-0310-020A1-H10F,</p> <p>развертка Ø 20,5 ISO 435.T-2050A1-XF H10F мм,</p> <p>метчик М10х1,25 ISO E096M10.</p> | <p>1. V = 156 м/мин, s = 0,2 мм/об, n = 6000 об/мин.</p> <p>2. V = 40 м/мин, s = 0,2 мм/об, n = 4200 об/мин.</p> <p>3. V = 24.7 м/мин, n = 700 об/мин.</p> <p>4. V = 100 м/мин, s = 1,41 мм/об, n = 1550 об/мин.</p> |

| | | | |
|---|--|---|--|
| | отверстия 11 на глубину 11,5 мм. | | |
| 6 | <p>Автоматический цикл:</p> <p>Сверления отверстия 14 в Ø8,6 мм на глубину 11,5 мм.</p> <p>Сверления отверстия 14 в Ø3 мм на глубину 11,5 мм.</p> <p>Нарезания резьбы M10x1,25 в отверстиях 14 на глубину 11,5 мм.</p> | <p>Сверло Ø8,6 мм ISO 863.1-0861-045A1-H10F,</p> <p>сверло Ø3 мм ISO 863.1-0310-020A1-H10F,</p> <p>метчик M10x1,25 ISO E096M10.</p> | <p>1. V = 156 м/мин, s = 0,2 мм/об, n = 6000 об/мин.</p> <p>2. V = 40 м/мин, s = 0,2 мм/об, n = 4200 об/мин.</p> <p>3. V = 24.7 м/мин, n = 700 об/мин.</p> |
| 7 | <p>Автоматический цикл:</p> <p>Раскатки отверстия 16 в Ø 20,64 мм.</p> | Раскатка роликовая Ø20,64. | <p>1. V = 120 м/мин, s = 0,14 мм/об, n = 1600 об/мин.</p> |
| 8 | Автоматический цикл разгрузки деталей. | Робот-манипулятор, тара для разгрузки. | |

2.2 Расчет припусков на обработку

На самую точную поверхность рассчитаем припуски расчетно-аналитическим методом [50]. Минимальный припуск должен включать в себя размеры погрешности обработки и дефекты поверхностного слоя, получаемые на предыдущих переходах, а так же должен включать величину погрешности установки заготовки. На остальные поверхности назначим припуски графо-аналитическим методом [10].

Расчет припусков выполним для внутреннего $\varnothing 20,64$ (поверхность 16).

Определим значение минимального припуска $2[Z_i]_{\min}$ после каждой операции по формуле (2.2.1.).

$$2Z_{i\min} = 2\left[\left(R_z^{i-1} + h^{i-1} \right) + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right], \quad (2.2.1)$$

где R_z^{i-1} , h^{i-1} , мм - высота неровностей и дефектный слой, образовавшиеся на обрабатываемой поверхности при предыдущей обработке;

Δ_{i-1} , мм - суммарное значение пространственных отклонений;

ε_{yi} , мм - погрешность установки (0,005мм).

$$2Z_{2\min} = 2\left[(25 + 30) + \sqrt{43,5^2 + 90^2} \right] = 0,310\text{мм};$$

$$2Z_{3\min} = 2\left[(10 + 15) + \sqrt{26,5^2 + 5^2} \right] = 0,104\text{мм};$$

$$2Z_{4\min} = 2\left[(3,2 + 10) + \sqrt{7^2 + 3^2} \right] = 0,0416\text{мм};$$

Определим расчётные размеры для каждой операции по формуле (2.2.2). Для диаметра $\varnothing 20,64$: $D_{\min} = 20,639$ мм, $D_{\max} = 20,645$ мм.

Расчетный диаметр равен:

$$D_{pi} = D_{i\max} - 2Z_{i\min}; \quad (2.2.2)$$

$$D_{P4} = 20,64\text{мм};$$

$$D_{P3} = D_{P4} - 2Z_{4\min} = 20,64 - 0,041 = 20,604\text{мм};$$

$$D_{P2} = D_{P3} - 2Z_{3\min} = 20,604 - 0,104 = 20,5\text{мм};$$

$$D_{P1} = D_{P2} - 2Z_{2\min} = 20,5 - 0,310 = 20,190\text{мм};$$

Таблица 2.2.1. Припуски и операционные размеры на пов.16 Ø 20,64

| Технологи- ческие переходы | Элементы припуска, мкм | | | | Расчетный припуск $2Z_{min}$, мм | | | Допу ск ТD, мм | Предельные размеры заготовки, мм | | |
|--|---------------------------|--------|-------------------|--------|---|------------|-----------|-------------------------|--|------------|------------|
| | Rz | h | Δ_{Σ} | e_y | $2Z_{max}$ | $2Z_{min}$ | $2Z_{cp}$ | | D_{max} | D_{min} | D_{cp} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1. Отливка | 25 | 3 0 | 43, 5 | - | - | - | - | 0,8 | 20,19 0 | 19,39 0 | 19,79 |
| 2. Токарная (расточива ние отв). | 10 | 1 5 | 26, 5 | 9 0 | 0,60 8 | 0,31 0 | 0,45 9 | 0,5 | 20,5 | 20,0 | 20,25 |
| 3. Развертка (расточива ние отв). | 3,2 | 1 0 | 7 | 5 | 0,50 4 | 0,10 4 | 0,30 4 | 0,1 | 20,60 4 | 20,50 4 | 20,55 4 |
| 4. Раскатка | 1,2 8 | 4 | - | 3 | 0,13 5 | 0,04 1 | 0,88 | 0,006 | 20,64 5 | 20,63 9 | 20,64 2 |

Исходный размер отверстия в заготовке Ø 19,5 мм.

Наибольшие предельные размеры получаем по расчетным размерам, округленным до точности допуска соответствующего перехода:

$$D_{1max} \approx 20,190 \text{ мм};$$

$$D_{2max} \approx 20,5 \text{ мм};$$

$$D_{3max} \approx 20,640 \text{ мм};$$

$$D_{3max} \approx 20,645 \text{ мм};$$

Наименьшие предельные размеры:

$$D_{i \min} = D_{i \max} - TD_i$$

(2.2.3)

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 20,190 - 0,8 = 19,390\text{мм}$$

$$D_{2\min} = D_{2\max} - TD_2 = 20,5 - 0,5 = 20\text{мм}$$

$$D_{3\min} = D_{3\max} - TD_3 = 20,604 - 0,1 = 20,504\text{мм}$$

$$D_{4\min} = D_{4\max} - TD_3 = 20,645 - 0,006 = 20,639\text{мм}$$

Определим максимальные значения припусков по формуле:

$$2Z_{i\max} = Z_{i\min} + TD_i - TD_{i-1n}; \quad (2.2.4)$$

$$2Z_{4\max} = 0,041 - 0,006 + 0,1 = 0,135\text{мм};$$

$$2Z_{3\max} = 0,104 - 0,1 + 0,5 = 0,504\text{мм};$$

$$2Z_{2\max} = 0,310 - 0,5 + 0,8 = 0,600\text{мм};$$

Общий номинальный припуск:

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\min} + B_3 + B_d, \quad (2.2.5)$$

где $Z_{0\min}$ - общий минимальный припуск; $Z_{0\min} = 0,5$ мм;

B_3 - верхнее отклонения поля допуска размера на заготовке, $B_3 = 0,5$ мм;

B_d - верхнее отклонения поля допуска размера на детали, $B_d = 0,05$ мм;

$$Z_{0\text{ном}} = 0,5 + 0,5 + 0,05 = 1,05\text{мм}$$

2.3 Расчет режимов резания

Скорость резания – важный параметр механической обработки, оказывающий влияние на качество поверхности. Обычно величина шероховатости поверхности является обратно пропорциональной скорости резания. При низких скоростях резания, происходит налипание материала заготовки на инструмент, поэтому при обработке алюминия стараются избегать области низких скоростей резания. Рекомендуется применять высокие скорости резания, для достижения минимальной шероховатости поверхности при прочих равных условиях. При расчете режимов резания, стоит учитывать, что алюминий обрабатывается со скоростями в 5-6 раз большими, чем углеродистая конструкционная сталь. При этом силы резания

возникающие при обработке алюминия составляют 25% от силы резания стали [4].

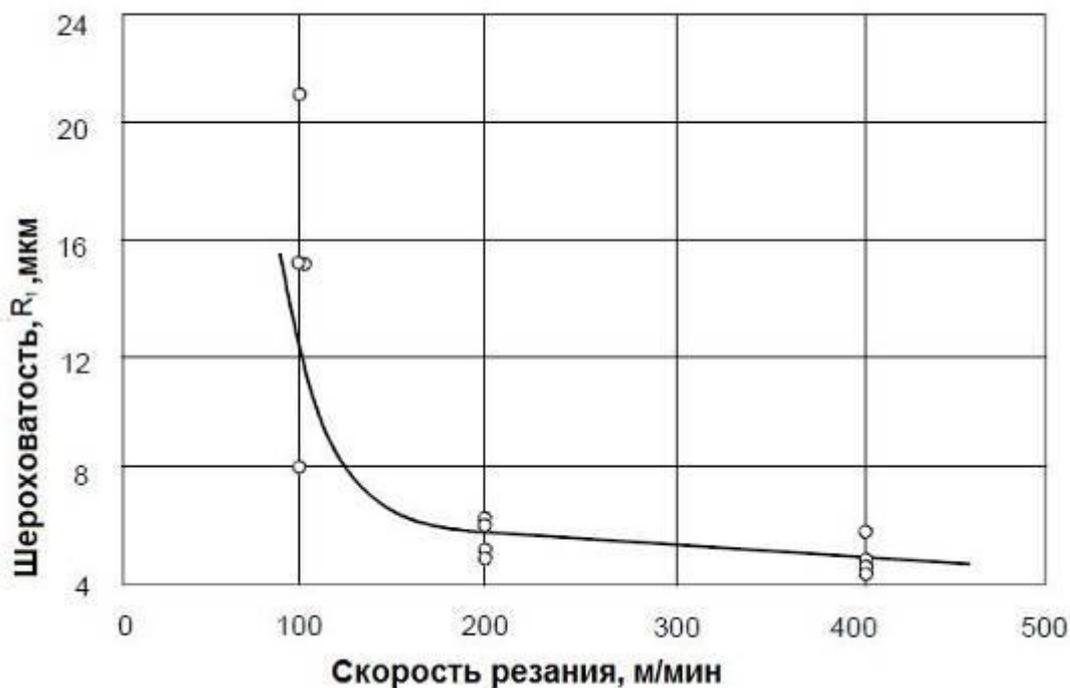


Рис 2.3.1. Зависимость шероховатости от скорости резания

Скорость резания (м/мин) при обтачивании цветных металлов быстрорежущими резцами

| Обрабатываемый материал | Глубина резания, мм | Подача, мм/об | | | | |
|-------------------------|---------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 0,1...0,2 | 0,2...0,4 | 0,4...0,6 | 0,2...1,0 | 1,0...1,5 |
| Алюминий | 0,5...1,0 | 778...447 | 589...315 | 247 | - | - |
| | 1...3 | 589...288 | 447...203 | 315...159 | 247...117 | - |
| | 3...6 | 380...218 | 288...154 | 203...121 | 159...89 | 117...69 |
| | 6...10 | 287...178 | 218...126 | 154...89 | 121...72 | 89...57 |

Рис. 2.3.2. Рекомендуемые скорости резания

2.3.1. Расчет режимов резания для перехода №3

Разработаем технологическую наладку и рассчитаем режимы резания для перехода №3.

Описание перехода:

На данном переходе производится автоматический цикл

Точения поверхности 16 в Ø 20 мм.

Точения поверхностей 1 и 2 в размер 26,2 мм.

Точения фаски $1 \times 45^\circ$ на поверхностях 15 и 17.

Сверления отверстий 12 и 13 $\varnothing 5,1$ мм на глубину 9,5 мм

Инструмент на данном переходе используется специальный:

Специальная расточная оправка из стали 9XC ISO 40, пластины ромбические сменные ISO CNMP 12 04 08 H10F 4шт., сверло ISO 863.1-0510-030A1-H10F $\varnothing 5,1$ мм.

Точение:

1. Глубина резания:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{27,6 - 26,2}{2} = 0,7 \text{ мм.}$$

(2.3.1)

2. Выбираем подачу:

$$S = 0,4 \text{ мм/об.}$$

Данный параметр назначен на основании таблицы предпочтительных подач в зависимости от требуемой шероховатости поверхности.

Рассчитаем фактическую подачу:

$$S = S_0 \cdot K_s .$$

(2.3.2)

K_s - поправочный коэффициент действительного значения подачи.

$$S = 0,46 \text{ мм/об.}$$

3. Рассчитаем скорость резания:

$$V_0 = 483 \text{ м / мин.}$$

Данное значение назначено на основании таблицы предпочтительных скоростей при растачивании алюминия.

$$V_\phi = V_0 \cdot K_v .$$

(2.3.3)

K_v - поправочный коэффициент на скорость.

$$V_\phi = 483 \text{ м / мин.}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 483}{3,14 \cdot 20,6} = 7452,55 \text{ мин}^{-1}.$$

5. Мощность затрачиваемая на резание.

$$N_{рез.} = \frac{P_z \cdot V_\delta}{60 \cdot 1020} = \frac{824,83 \cdot 332,87}{1020 \cdot 60} = 4,49 \text{ кВт.} \quad (2.3.4)$$

7. Расчет норм времени:

Штучное время;

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{пер}, \text{ мин} \quad (2.3.5)$$

- где – T_0 – основное время, мин;
- T_B – вспомогательное время, мин;
- $T_{об}$ – время обслуживания, мин;
- $T_{пер}$ – время перерывов, мин;

Основное время:

$$T_0 = \frac{L_{p.x.}}{S_\delta \cdot n_\delta}; \quad (2.3.6)$$

- где – L – длина обработки, мм;
- S_δ – действительная подача, мм;
- n_δ – действительная частота шпинделя, об/мин;

Вспомогательное время определяется в долях от основного:

$$T_B = 0,20 \cdot T_0 = 0,015 \text{ мин.}; \quad (2.3.7)$$

Время обслуживания и время перерывов определяются в долях от суммы вспомогательного и основного времен.

Время обслуживания:

$$T_{об} = 0,06 \cdot (T_0 + T_B) = 0,0054 \text{ мин.};$$

(2.3.8)

Время перерывов:

$$T_{пер} = 0,025 \cdot (T_0 + T_6) = 0,00225 \text{ мин.};$$

(2.3.9)

Штучное время на операции автоматического точения:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{пер} = 0,075 + 0,015 + 0,0054 + 0,00225 = 0,09765 \text{ мин.};$$

(2.3.10)

Сверление:

1. Глубина сверления согласно чертежу.

$$t = 6,5 \text{ мм}$$

2. Выбираем подачу:

$$S = 0,2 \text{ мм/об.}$$

Данный параметр назначен графо-аналитически. Так как коэффициент поправки подачи $K_s = 1$, то выбранная нами подача и будет фактической.

3. Определим скорость сверления:

$$V_0 = 40 \text{ м / мин.}$$

Данное значение назначено на основании таблицы предпочтительных скоростей при сверлении алюминиевых сплавов..

$$V_\phi = V_0 \cdot K_v.$$

K_v - поправочный коэффициент на скорость.

$$V_\phi = 120 \text{ м / мин.}$$

4. Определим частоту вращения:

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi \cdot D} = 7493,44 \text{ об/мин};$$

(2.3.11)

5. Определим крутящий момент и осевую силу.

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 1,3005 \text{ Н•м};$$

(2.3.12)

$$P_0 = 10 C_p D^q s^y K_p = 499,8 \text{ Н}; \quad (2.3.13)$$

где, C_m , C_p , q , y , K_p – коэффициенты определяемые по таблицам.

6. Определим мощность сверления:

$$N_e = \frac{M_{кп} n_{нр}}{9750} = 1 \text{ кВт}; \quad (2.3.14)$$

где $n_{нр}$ – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

7. Рассчитаем основное время:

$$T_o = \frac{L}{n_{нр} S} = 0,0095 \text{ мин.};$$

где L – длина рабочего хода инструмента, мм;

Длина рабочего хода, мм, равна $L = l + l_1 + l_2$,

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 и l_2 – величины врезания и перебега инструмента, мм;

Разработаем карту наладки для данной операции на чертеже формата А1. Операционная карта для перехода № 3 согласно приложению А.

Суммарное время на переход, с учетом смены инструмента за 0.5 сек:

$$T = 0,107 \text{ мин (6,3 сек.)}$$

2.3.2. Расчет режимов резания для перехода №5 [8].

Описание перехода:

Производится развертка отверстия 16 в $\varnothing 20,5$ мм.

Просверливается отверстие 11. Предварительно создается отверстие $\varnothing 8,6$ мм и глубиной 12 мм. Затем просверливается канал $\varnothing 3$ мм и глубиной 8,5 мм. После на большем диаметре создается резьба, для закрепления штуцера.

Инструмент:

Сверло Ø8,6 мм ISO 863.1-0861-045A1-H10F, сверло Ø3 мм ISO 863.1-0310-020A1-H10F, развертка Ø 20,5 мм ISO 435.T-2050A1-XF H10F , метчик M10x1,25 ISO E096M10.

Сверление Ø8,6:

1. Глубина сверления согласно чертежу:

$$t = 12 \text{ мм. ;}$$

2. Выберем подачу:

$$S = 0,2 \text{ мм/об. ;}$$

Данный параметр назначен графо-аналитически. Так как коэффициент поправки подачи $K_s = 1$, то выбранная нами подача и будет фактической.

3. Определим скорость сверления:

$$V_0 = 52 \text{ м/ мин. ;}$$

Данное значение назначено по таблице.

$$V_\phi = V_0 \cdot K_v.$$

K_v - поправочный коэффициент на скорость.

$$V_\phi = 156 \text{ м / мин. ;}$$

4. Определим частоту вращения:

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi \cdot D} = 5777,77 \text{ об/мин. ;}$$

5. Определим крутящий момент и осевую силу.

$$M_{кр} = 10 C_m D^q s^y K_p = 2,44 \text{ Н•м;}$$

$$P_0 = 10 C_p D^q s^y K_p = 744,98 \text{ Н;}$$

где , C_m , C_p , q , y , K_p – коэффициенты определяемые по таблицам.

6. Определим мощность сверления:

$$N_e = \frac{M_{кр} n_{np}}{9750} = 1,446 \text{ кВт;}$$

где n_{np} – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

7. Рассчитаем основное время:

$$T_o = \frac{L}{n_{np} S} = 0,014 \text{ мин.};$$

где L – длина рабочего хода инструмента, мм;

Длина рабочего хода, мм, равна $L=l+l_1+l_2$,

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 и l_2 – величины врезания и перебега инструмента, мм;

Сверление Ø3:

1. Глубина сверления согласно чертежу:

$$t = 8,5 \text{ мм.};$$

2. Выберем подачу:

$$S = 0,2 \text{ мм/об.};$$

3. Определим скорость сверления:

$$V_0 = 40 \text{ м / мин.};$$

Данный параметр назначен по таблице. Коэффициент поправки подачи

$$K_s = 1.$$

$$V_\phi = V_0 \cdot K_v;$$

K_v - поправочный коэффициент на скорость.

$$V_\phi = 40 \text{ м / мин.};$$

4. Определим частоту вращения:

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi \cdot D} = 4246,28 \text{ об/мин,}$$

5. Определим крутящий момент и осевую силу.

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p = 0,03 \text{ Н•м};$$

$$P_0 = 10 C_p D^q S^y K_p = 259,88 \text{ Н};$$

где, C_m , C_p , q , y , K_p – коэффициенты определяемые по таблицам.

6. Определим мощность сверления:

$$N_e = \frac{M_{кр} n_{np}}{9750} = 0,02 \text{ кВт};$$

где n_{np} – частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

7. Рассчитаем основное время:

$$T_o = \frac{L}{n_{np} S} = 0,01 \text{ мин.};$$

где L – длина рабочего хода инструмента, мм;

Длина рабочего хода, мм, равна $L=l+l_1+l_2$,

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 и l_2 – величины врезания и перебега инструмента, мм;

Нарезание резьбы метчиком М10х1,25-6Н:

1. Глубина резьбы согласно чертежу:

$$t = 11 \text{ мм.};$$

2. Рассчитаем скорость нарезания резьбы:

$$V_0 = 21,7 \text{ м / мин.}$$

Рекомендованное значение по таблице.

$$V_\phi = V_0 \cdot K_v.$$

$K_v = 1$ - поправочный коэффициент на скорость.

$$V_\phi = 21,7 \text{ м / мин.}$$

3. Определим частоту вращения:

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi \cdot D} = 691,08 \text{ об/мин,}$$

4. Рассчитаем основное время:

$$T_o = \frac{L}{n_{np} S} = 0,038 \text{ мин.};$$

Развертка Ø20,5:

1. Определим длину рабочего хода:

$$L_{p.x.} = 57 \text{ мм.};$$

2. Определим значение подачи:

$$S_0 = 1,41 \text{ мм/об};$$

$$S_{\text{факт}} = S_0 \cdot K_s = 0,846 \text{ мм/об};$$

3. Определим скорость:

$$V_0 = 52 \text{ м / мин};$$

$$V_{\text{факт}} = V_0 \cdot K_v = 99,84 \text{ м / мин};$$

4. Определим частоту вращения развертки:

$$n = \frac{1000 v_p}{\pi \cdot D} = 1542,99 \text{ об / мин};$$

5. Рассчитаем основное время:

$$T_o = \frac{L}{n_{np} S} = 0,026 \text{ мин.}$$

Суммарное время на переход с учетом смены инструмента за 0,5 сек:

$$T = 0,088 \text{ мин. (4,2 сек.);}$$

Для данного перехода разработаем схему наладки и изобразим ее на чертеже формата А1. Операционная карта для перехода № 5 согласно приложению Б.

2.4. Проектирование режущего инструмента

В качестве объекта проектирования выберем инструмент – развертку.

Развертка – осевой режущий инструмент, применяемый для повышения точности формы по 6-9 качеству, а так же для снижения шероховатости поверхности отверстия $Ra = 0,32 - 1,25 \text{ мкм}$.

Развертка состоит из рабочей части, шейки и хвостовика, который служит для закрепления развертки и выполняется коническим в виде конуса Морзе 3 для разверток диаметром 10-42 мм. Рабочая часть состоит режущей и калибрующей части.

Исходя из малой твердости обрабатываемого материала, а так же незначительного размера снимаемого слоя материала, предлагается изготавливать развертки из твердого сплава марки Н10Ф. Для экономии твердого сплава предлагаем изготавливать крепежную часть из стали 40Х ГОСТ 454-44.

Расчет и назначение конструктивных размеров.

Передний угол $\gamma = 0^\circ$.

Подобное значение способствует укреплению режущего лезвия и повышает стойкость разверток.

Задний угол $\alpha = 10^\circ$.

Данное значение рекомендовано в ГОСТ 883-80.

Главный угол в плане $\varphi = 15^\circ$.

Данное значение угла рекомендуется использовать при обработке вязких металлов.

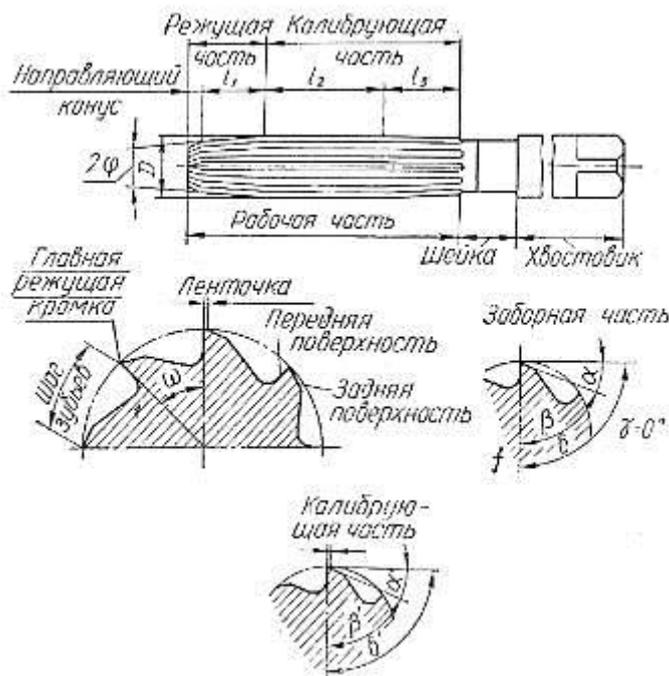


Рис. 2.4.1. Описание геометрии развертки

Рассчитаем количество зубьев развертки:

$$z = 1,5 \cdot \sqrt{D} + 2;$$

(2.4.1)

$$z = 8$$

Для получения меньшей шероховатости поверхности, шаг между зубьями делают неравномерным:

$$\omega_1 = 41^\circ 53';$$

$$\omega_2 = 44^\circ 05';$$

$$\omega_3 = 46^\circ 06';$$

$$\omega_4 = 47^\circ 56';$$

ω - угловые шаги зубьев развертки назначенные по ГОСТ 7722 – 77.

Остальные параметры назначим исходя из сведений указанных в справочнике технолога.

Длинна всей развертки $L = 180\text{мм.}$;

Длинна рабочей части $L_p = 40\text{мм.}$;

Длинна заборного конуса $l_1 = 5\text{мм.}$;

Длинна калибрующей части $l_2 = 25\text{мм.}$;

Длинна обратного конуса $l_3 = 10\text{мм.}$;

Длинна шейки $L_{ш} = 40\text{мм.}$;

Рассчитаем максимальный и минимальный диаметр развертки:

$$D_{MAX} = D_{MO} - 0,15IT ; \tag{2.4.2}$$

$$D_{MAX} = 20,63 \text{ мм};$$

- где D_{MO} - максимальный диаметр отверстия.

$$D_{MIN} = D_{MAX} - 0,35IT ; \tag{2.4.3}$$

$$D_{MIN} = 20,62 \text{ мм};$$

Чертеж развертки с указанием всех предельных отклонений и технических требований представлен на листе графической части выпускной квалификационной работы.

2.5. Выбор оборудования

При выборе оборудования будем руководствоваться следующими правилами:

1. Выбираемое оборудование должно в полном объеме заменить все операции, существующие на автоматической линии, и на прилегающих к ней станциях, в виде станков расточной группы.

2. Выбираемый станок должен обеспечивать высокую производительность, а именно 3600шт. за смену.

3. Оборудование должно быть в достаточной мере модернизированным и универсальным. Должно обеспечивать необходимое качество обработки, а так же должно обладать возможностью переналадки под другую номенклатуру изделий.

4. Оборудование должно отвечать требованиям безопасности, эргономичности и экологии.

Исходя из перечисленных выше пунктов, мы решили остановить свой выбор на агрегатном станке, так как:

- на станках данной группы возможно выполнить все операции разработанного нами технологического процесса.

- данные станки обладают хорошей производительностью, и как следствие, хорошим экономическим эффектом.

- агрегатные станки широко распространены в массовом производстве, а так же в любой нужный момент готовы к переналадке под другое выпускаемое изделие.

На основании технического задания, выданного заводом изготовителем фирмам-поставщикам оборудования, были получены технико-коммерческие предложения. Исходя из данных предложений был выбран агрегатный станок MOD.BB TRV 8S-12U ISO40 CNEL , фирмы VTB Transfer (Рис. 2.5.1), максимально удовлетворяющий нас по отношению цена-качество.



Рис.2.5.1 - Агрегатный станок TRV 8S-12U

В таблицах ниже приведено описание конструктивных элементов выбранного станка:

Таблица 2.5.1 - Станина Mod.TRV 8S-18U

| | |
|-------------|---|
| Описание | Выполнена из стали методом электросварки, гарантирует максимальную жесткость и виброустойчивость во время рабочего процесса. Пройдя первоначально нормализацию и пескоструйную обработку, станина подлежит процессу ручной шлифовки и полировки. Все направляющие станины проходят контроль уровнем высокой точности. |
| Особенности | Станина дает возможность разместить до 18 рабочих единиц. |

Таблица 2.5.2 - Поворотный стол 2 зуб. колеса Д.К.=630

| | |
|--------------------|--|
| Рабочий диаметр | Ø1300 |
| Вращение | Подается мотором BRUSHLESS с постоянным контролем ускорения и торможения. |
| Время цикла | 1.3 сек. включая блокировку и разблокировку рабочего стола. |
| Крепление | При помощи зубчатой муфты высокой точности системы HIRTH, оснащенная гидравлическим приводом блокировки и разблокировки стола и электронными датчиками контроля в двух позициях. |
| Точность | Точность позиционирования $\pm 3''$. |
| Другие особенности | Система лабиринтных уплотнений и прокладок, а также устройство выдувания сжатым воздухом и пульверизации рабочего стола предотвращает попадание стружки или воды. |

Таблица 2.5.3 - Токарная силовая головка Mod. UN-105 ELCN TO

| | | |
|------------------------|--|-----------------------|
| Подача | Осуществляется при помощи шарико-винтовой передачи с помощью электродвигателя и сервомотора. | |
| Данные силовой головки | Фиксирование выступа шпинделя. | Конус ISO40 DIN 69871 |
| | Рабочий ход макс. | 130мм |
| | Диаметр пиноли | 105мм |

Продолжение таблицы 2.5.3

| | | |
|---------|---|---|
| | Диаметр подшипников | 55мм |
| | Давление по оси | 10000Н |
| | Погрешность | ±0,005мм |
| | Скорость быстрой и рабочей подачи по оси Z | 0÷15 м/мин |
| | Двигатель шпинделя | Асинхронный однополярный двигатель управляемый с помощью инвертора или цифрового привода для возможности постоянного изменения скорости вращения шпинделя |
| | Мощность мотора | 5.5кВ |
| | Направление вращения шпинделя | Программируемое |
| | Трансмиссия шпинделя | Зубчатый ремень с многоступенчатым шкифом |
| Функции | <p>Контроль ЧПУ силовой головки на всех стадиях работы.</p> <ul style="list-style-type: none"> - система линейных измерений или абсолютный энкодер. - свободное программирование в соответствии с ISO RS27 4 - функции G код, M код и ряд других специальных функций | |

Таблица 2.5.4 - Сверлильно-резьбонарезная силовая головка Mod.UN-TRN ELCN с 3 шпинделями

| | | |
|--------------------|---|---------------------------------|
| Технические данные | Рабочий ход по оси X | 120мм (±60мм от центра) |
| | Рабочий ход по оси Y | 120мм (±60мм от центра) |
| | Рабочий ход по оси Z | 150мм |
| Подача | <p>Линейная ось Y с помощью шарико-винтовой передачи.</p> <p>Линейная ось Z с помощью шарико-винтовой передачи.</p> <p>Ось X: вращательной движение интерполированное с осью Y.</p> | |
| | Давление по оси | 20000Н |
| | Скорость быстрой и рабочей подачи по осям | 0÷20 м/мин |
| | Трансмиссия шпинделя | Зубчатый ремень |
| | Погрешность | ±0,005 мм |
| | Мотор шпинделя | Синхронный |
| | Мощность мотора | 33Нм |
| | Вращение шпинделя | Программируемое – 0-8000 об/мин |
| | Рабочий ход макс. (каждого шпинделя) | ±60мм Оси X и Y |
| | Система смены инструмента | Посредством вращение оси X-Y |
| | Время смены инструмента | 0,5 сек |
| | Наличие инструмента | 3 |

Продолжение таблицы 2.5.4

| | |
|---------------------|--|
| Функции | <p>Контроль ЧПУ силовой головки на всех стадиях работы.</p> <ul style="list-style-type: none"> - система линейных измерений или абсолютный энкодер. - свободное программирование в соответствии с ISO RS27 4 - функции G код, M код и ряд других специальных функций. - узел осуществляет резьбонарезку. |
| Вращающаяся головка | <p>Вращающаяся головка с 3 шпинделями и контролируемым при помощи ЧПУ позиционированием и интерполированным движением подачи салазки и шпиндельного блока.</p> <p>Крепление выступа шпинделя : HSK40 ручное</p> |

Смазочная система:

Система смазки для всех механических групп осуществляется смазыванием под высоким давлением, что предотвращает попадание стружки и/или охлаждающей жидкости, в такие элементы станка, как поворотный стол, зажимные приспособления, расточные головки и др.

Пневматическая система:

Стандартная пневматическая система включающая в себя 4 пневматических блока:

1. ПС распыления.
2. ПС продувки зажимного приспособления.
3. ПС высокого давления (поворотный стол, зажимы, расточные головки).
4. ПС регулировки давления.

Гидравлическая система:

Центральный гидравлический насос, с изменяемой производительностью, оснащен системой охлаждения для поддержания температуры масла в оптимальном диапазоне работы.

Система световых завесов:

Система световых завесов для обеспечения безопасности персонала. В случае вторжения в зону световых лучей, предусмотрена полная остановка станка, для обеспечения безопасности оператора.

Гидростатическая пиноль:

Блок оснащен гидростатической пинолью. Гидравлические камеры расположенные вокруг пиноли обеспечивают максимальную жесткость узла.

Система охлаждения:

Устройство для охлаждения и контроля температуры охлаждающей жидкости. Позволяет поддерживать постоянную температуру вывода охлаждающей жидкости из бака. Обратная подача после прогона через холодильную установку с заданной температурой.

Стандартный контроль поломки инструмента и контроль поломки инструмента высокой точности:

Электронное устройство для контроля износа и поломки инструмента. Позволяет контролировать фазы обработки, анализировать ошибки и осуществлять наблюдение за износом и поломкой инструмента при обработке среднего и большого слоя срезаемого материала.

Электронное устройство высокой точности для проведения контроля износа и поломки инструмента. Позволяет осуществлять поэтапный контроль работы, анализировать отклонения. А так же проследить износ и поломку на операциях с небольшим количеством удаляемого слоя материала, таких как расточка, сверление, резьбонарезание.

Габариты станка: 9600x13765.

Стоимость данного оборудования вместе с монтажом и обучением персонала, с предварительными испытаниями на территории производства, со всей специальной оснасткой, а так же с дополнительным роботом-манипулятором для загрузки в зажимное приспособление 31000000 рублей.

2.6. Проектирование станочного приспособления

Важным элементом технологической системы при механической обработке является приспособление. Оно влияет на такие важные параметры, как точность обработки детали и производительность. В данном разделе приведен расчет зажимного пневматического приспособления [5].

Наибольшие силы резания возникают на первом переходе, при фрезеровании поверхностей 9 и 10.

Исходя из высоких скоростей резания при которых обрабатывается алюминий, предлагается воспользоваться фрезой с твердосплавными круглыми пластинами.

Марки твердых сплавов выбирают в зависимости от обрабатываемого материала и характера обработки для чистовой обработки применяется твёрдый сплав с меньшим содержанием кобальта и большим содержанием карбидов. В качестве материала пластин примем сплав Н10Ф.

Рассчитаем скорость резания и силы, возникающие при фрезеровании.

Допустимая (расчётная) скорость резания определяется по эмпирической формуле:

$$V = \frac{C^V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v \quad (2.6.1)$$

$$V = 500 \text{ м/мин.}$$

где C_v - коэффициент, характеризующий материал заготовки и фрезы;

T - стойкость фрезы (мин);

t - глубина резания (мм);

S_z - подача на зуб (мм/зуб);

B - ширина фрезерования (мм);

Z - число зубьев фрезы;

q, m, x, y, u, p - показатели степени;

k_v - общий поправочный коэффициент на изменённые условия обработки.

P_z - главная составляющая (касательная) силы резания

Главная составляющая силы резания P_z при фрезеровании определяется по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p \quad (2.6.2)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 0,7^{0,86} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 20^{1,1} \cdot 10}{20^{0,86} \cdot 1} \cdot 1 = 168,4 \text{ Н}$$

где C_p - коэффициент, характеризующий обрабатываемый материал и другие условия;

K_p - общий поправочный коэффициент, представляющий собой произведение коэффициентов, отражающих состояние отдельных параметров, влияющих на величину силы резания,

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{v p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\varphi v} \quad (2.6.3)$$

- $K_{\mu p}$ - коэффициент, учитывающий свойства материала обрабатываемой заготовки ;

- $K_{v p}$ - коэффициент, учитывающий скорость резания ;

- $K_{\gamma p}$ - коэффициент, учитывающий величину переднего угла γ ;

- $K_{\varphi p}$ - коэффициент, учитывающий величину угла в плане φ ;

Величина радиальной составляющей силы резания P_y может быть определена по соотношению $P_y \approx 0,4 P_z$.

$$P_y = 67,36 \text{ Н} ;$$

Определим необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках:

$$W_z = \frac{2P_z \cdot k}{f}; \quad (2.6.4)$$

$$W_z = 4939,7 \text{ Н}$$

Значение коэффициента запаса K , в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции, определяется по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6; \quad (2.6.5)$$

$$K = 4.4$$

Коэффициент трения f между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности. Примем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевыми канавками и $f = 0,3$

Определим усилие зажима, препятствующее провороту заготовки вокруг оси [10].

$$W_y = \frac{1,5k(L \cdot P_y)}{f \cdot d}; \quad (2.6.6)$$

$$W_y = 4939,7 \text{ Н}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай;

$$W = 4939,7 \text{ Н.}$$

Величина усилия зажима W_1 прикладываемая к постоянным кулачкам несколько увеличивается по сравнению с усилием W и рассчитывается по формуле:

$$W_1 = \frac{W}{\left(1 - \left(\frac{2l_k}{H_k}\right)\right) \cdot f}; \quad (2.6.7)$$

$$W_1 = 9147,59 \text{ Н.}$$

Рассчитаем усилие зажима:

$$Q = \frac{W_1}{i_c}; \quad (2.6.8)$$

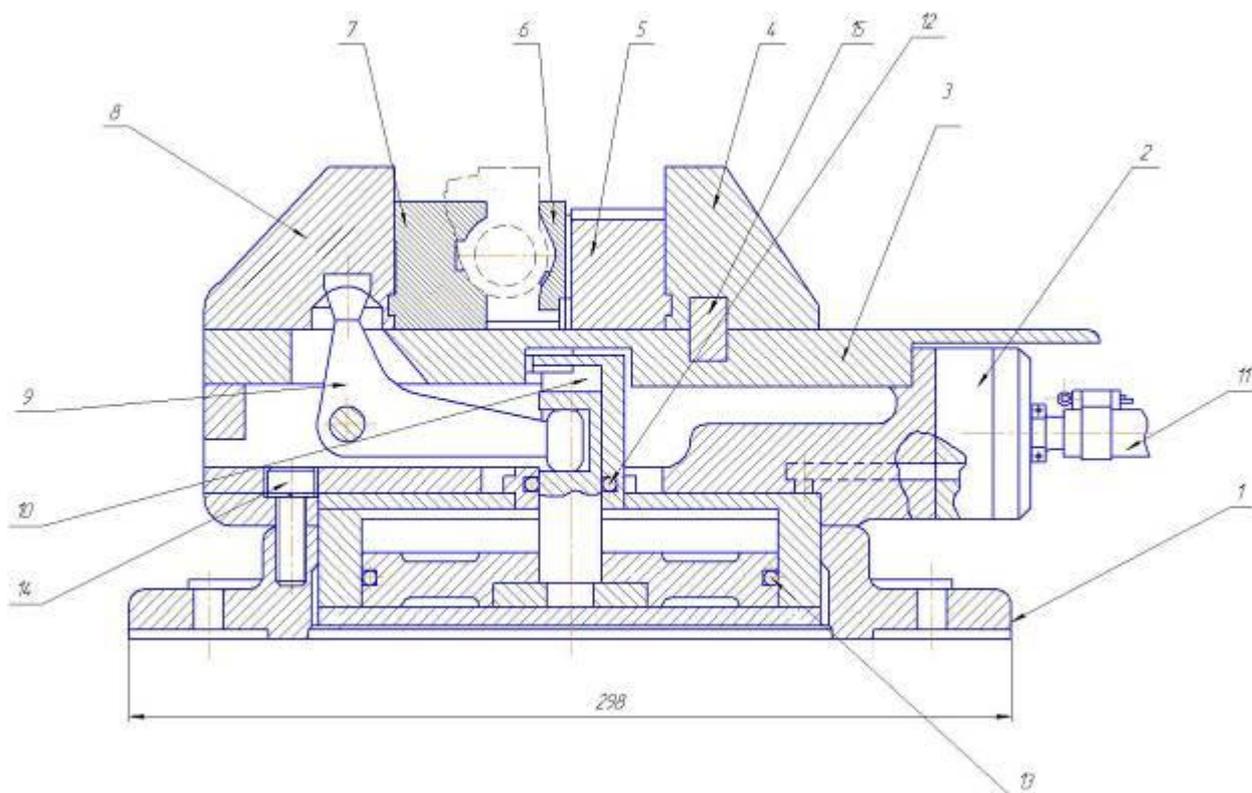
где i_c - передаточное отношение по силе зажимного механизма. Данное отношение для рычажного механизма равно:

$$i_c = A/B;$$

где - А и В - плечи рычага.

$$A=30, B=15.$$

$$Q = 4573,795\text{Н}.$$



Необходимое давление $P=0,4\text{МПа}$ подается пневматической системой встроенной в станке.

Описание работы приспособления:

Воздух подается через штуцер 11 в воздушную камеру тисков, тем самым заставляя перемещаться центральную втулку 10, которая перемещает подвижный кулачок 8 посредством рычага 9. При подаче воздуха тиски сжимаются. На неподвижный кулачок 4, устанавливается упор 5, к которому крепится упорная губка 6, имеющая заданный рельеф для надежной

фиксации детали. На подвижный кулачок крепится зажимная губка 7, которая так же имеет заданный рельеф. Именно благодаря рельефу губок обрабатываемая заготовка лишается всех степеней свободы.

Погрешность приспособления не должна превышать 0,005 мм.

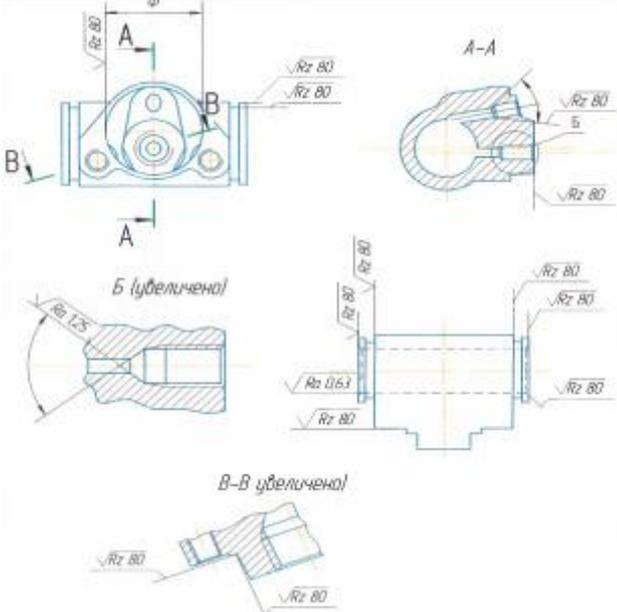
2.7. Контроль детали корпус тормозного цилиндра

Целью данного раздела является описание методики и средств контроля для корпуса тормозного цилиндра.

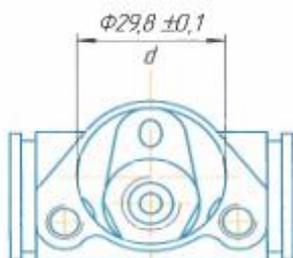
Данные методики разрабатывались согласно ISO/TS 16949 с целью обеспечения рабочих мест технологической документацией с максимальной визуализацией процесса проведения измерений.

Все методики, а так же эскизы с требованиями и размерами, приведены в виде единой таблицы.

Таблица 2.7.1 - Методики контроля корпуса тормозного цилиндра

| Размер, требование согласно КД (эскиз) | Методика |
|---|---|
|  <p>The drawing shows a technical sketch of a brake cylinder housing. It includes a top view with a diameter dimension \varnothing and a surface finish requirement of $\sqrt{Rz\ 80}$. A section line A-A is shown. A detail view of a chamfered edge shows a radius of $R\ 1,5$ and a surface finish of $\sqrt{Rz\ 16,3}$. Another detail view shows a surface finish of $\sqrt{Rz\ 80}$. The text 'Б (увеличена)' and 'В-В увеличена' indicates that these details are enlarged.</p> | <p>Визуально сравнить шероховатость указанных поверхностей с шероховатостью существующих поверхностей на контрольном образце.</p> |

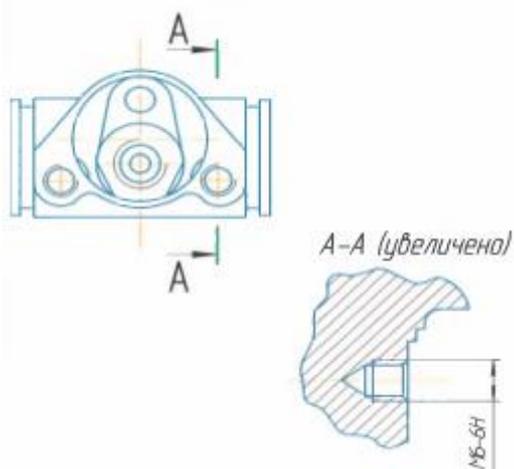
Продолжение таблицы 2.7.1



Допускается занижение размера d по горизонтальной оси до диаметра 29,6 мм

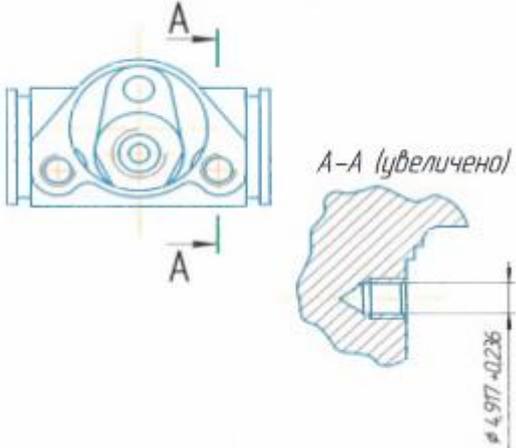
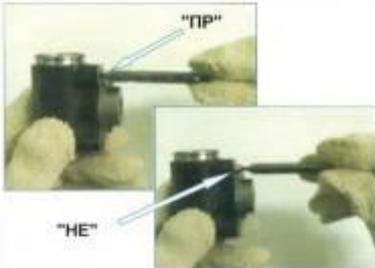
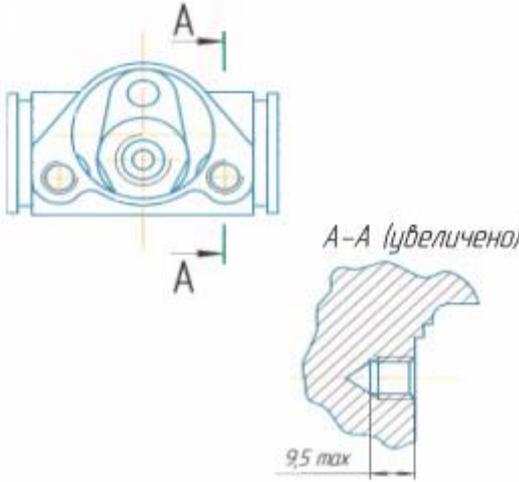
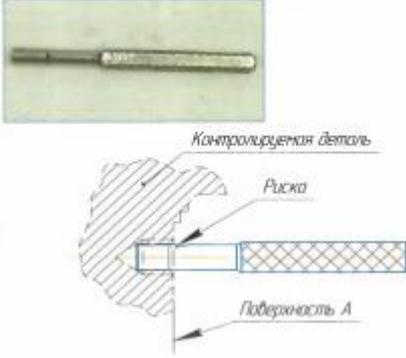


1. Установить скобу на поверхность установочного выступа детали. Проходной размер скобы «ПР» должен проходить, непроходной «НЕ» - не проходить.
2. Измерения производить не менее чем в трех различных местах по диаметру детали.

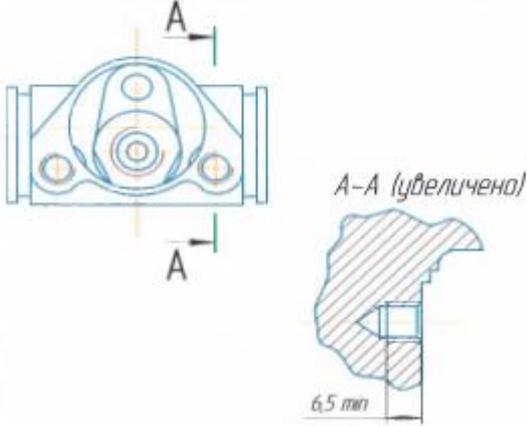
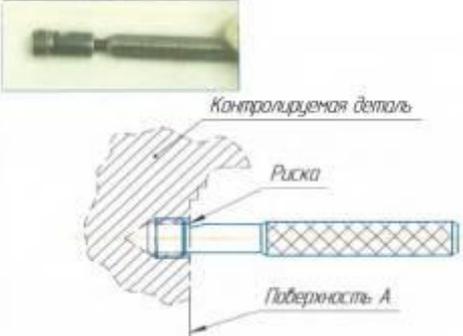
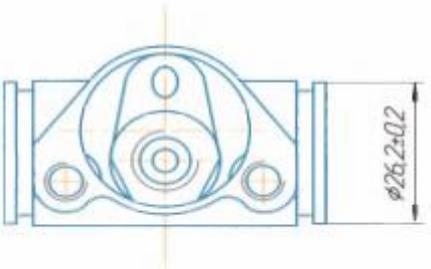
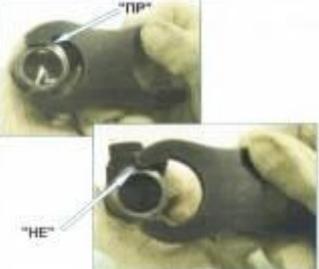


1. Ввернуть в резьбовое отверстие пробку. Резьба считается годной, если проходная сторона (ПР) резьбового калибра свинчивается с изделием по всей длине нарезки без усилия. Непроходная сторона (НЕ) калибра должна свинчиваться с изделием не более, чем на 1-2 нитки.
2. Повторить контроль для другого отверстия контролируемой детали.

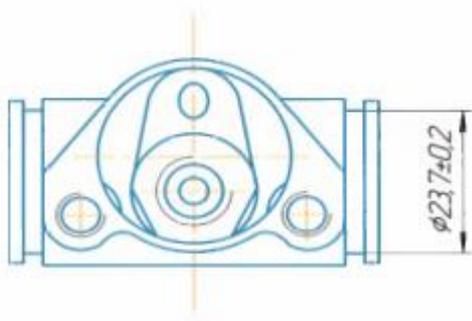
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|--|---|
|  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a threaded hole. The main view shows a cross-section with a central hole and two side holes. Section A-A is indicated. An enlarged view of section A-A shows a plug inserted into the hole. The plug has a diameter of 4.977 ± 0.0236.</p> |  <p>1. Установить пробку во внутренний диаметр резьбового отверстия М6-6Н детали. Диаметр отверстия соответствует требуемому размеру, когда проходная сторона пробки (ПР) свободно проходит в контролируемое отверстие, непроходная сторона (НЕ) - не проходит. 2. Повторить контроль для другого отверстия контролируемой детали.</p> |
|  <p>Technical drawing showing a cross-section of a part with a threaded hole. The main view shows a cross-section with a central hole and two side holes. Section A-A is indicated. An enlarged view of section A-A shows a plug inserted into the hole. The plug has a diameter of 9.5 max.</p> |  <p>1. Установить пробку в резьбовое отверстие детали до упора торца калибра в конусную часть резьбового отверстия. Глубина отверстия М6-6Н соответствует требуемому размеру, когда риска калибра располагается заподлицо с поверхностью А детали или выступает за нее наружу. Риска калибра не должна заходить внутрь отверстия за поверхность А детали. 2. Повторить контроль для другого отверстия контролируемой детали.</p> |

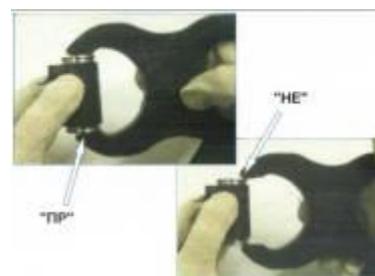
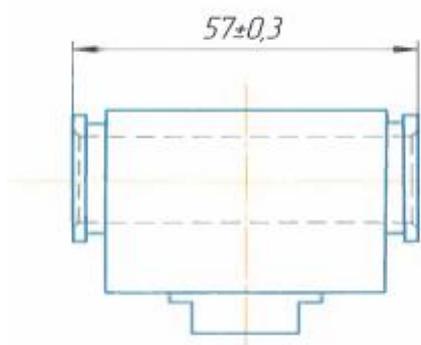
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|---|---|
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ввернуть в резьбовое отверстие пробку по всей длине резьбы до упора. Глубина резьбы М6-6Н соответствует требуемому размеру, когда риска калибра располагается заподлицо с поверхностью А детали или заходит внутрь отверстия за поверхность А. 2. Повторить контроль для другого отверстия контролируемой детали. |
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить скобу на поверхность буртика детали. Диаметр буртика детали соответствует требуемому размеру, когда проходной размер (ПР) проходит, непроходной (НЕ) – не проходит. 2. Измерения производить не менее, чем в трех различных местах по диаметру детали. 3. Повторить контроль диаметра буртика с другой стороны детали. |

Продолжение таблицы 2.7.1

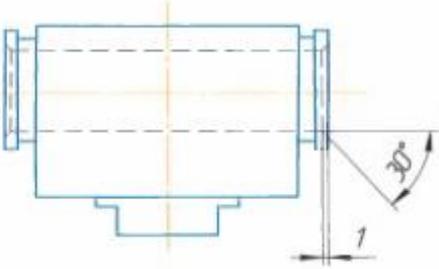
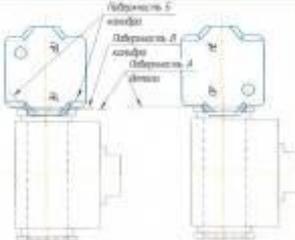
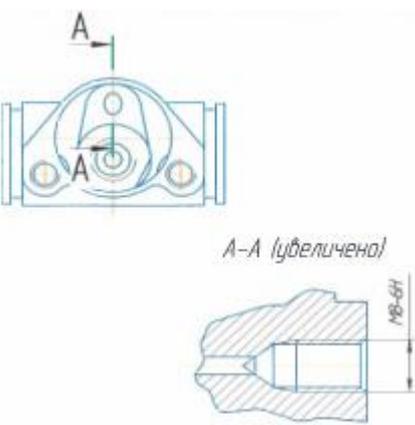
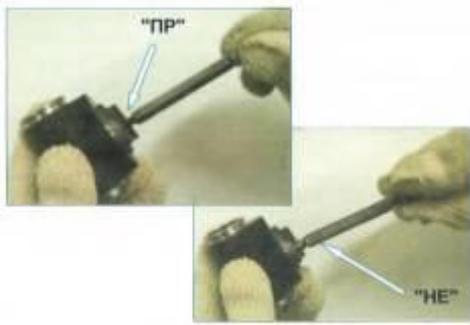


1. Установить скобу на поверхность наружного диаметра галтели детали. Диаметр галтели соответствует требуемому размеру, когда проходной размер скобы (ПР) проходит, не проходной (НЕ) – не проходит.
2. Измерения производить не менее, чем в трех различных местах по диаметру детали.
3. Повторить контроль наружного диаметра галтели с другой стороны детали.

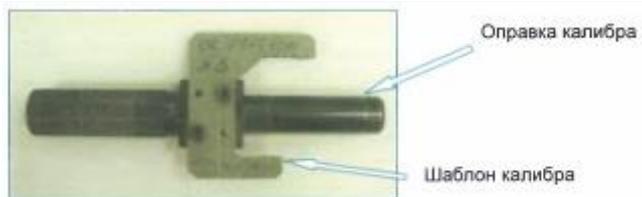
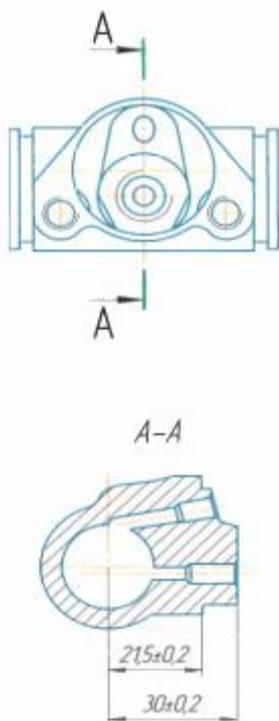


1. Установить скобу на торцевую поверхность буртиков детали. Длина колесного цилиндра соответствует требуемому размеру, когда проходной размер скобы (ПР) проходит, непроходной (НЕ) – не проходит.
2. Измерения производить не менее, чем в трех различных местах по длине детали.

Продолжение таблицы 2.7.1

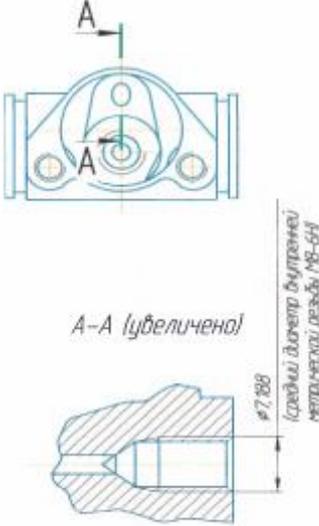
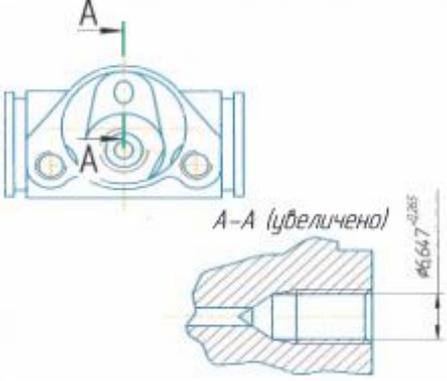
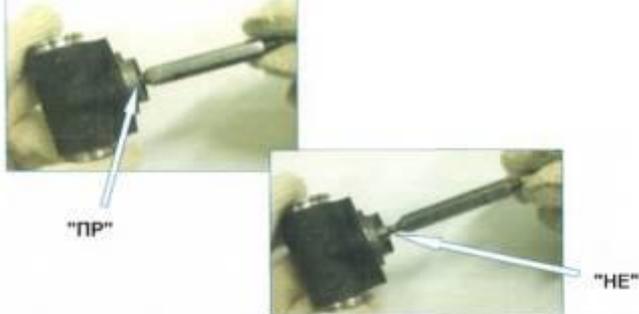
| | |
|---|--|
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить калибр стороной (ПР) в отверстие детали. Визуально (на просвет) проконтролировать отсутствие зазора между калибром и поверхностью «А» детали. Наличие зазора не допускается. 2. Установить калибр стороной (НЕ) в отверстие детали до упора поверхности Б калибра в фаску детали. Визуально (на просвет) проконтролировать наличие зазора между поверхностью В калибра и поверхностью А детали. Отсутствие зазора между поверхностью В калибра и поверхностью А детали не допускается. 3. Произвести контроль п.п. 1,2 не менее, чем в трех местах. 4. Измерения производить с обеих сторон отверстия. |
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ввернуть в резьбовое отверстие М8-6Н пробку. Резьба считается годной. Если проходная сторона (ПР) резьбового калибра свинчивается с изделием по всей длине нарезки без усилия. Непроходная сторона (НЕ) калибра должна свинчиваться с изделием не более, чем на 1-2 нитки. |

Продолжение таблицы 2.7.1

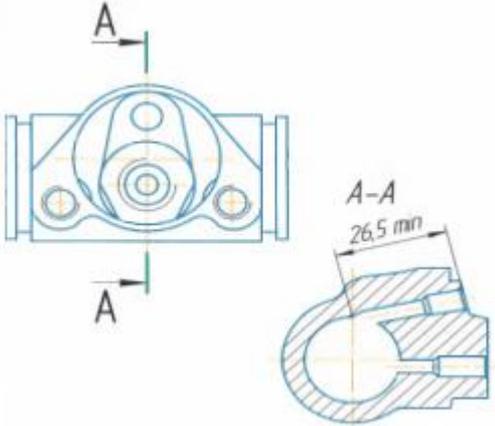
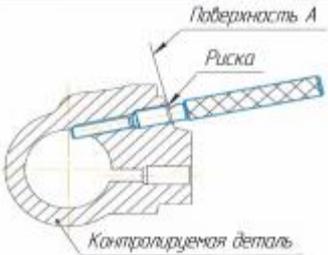
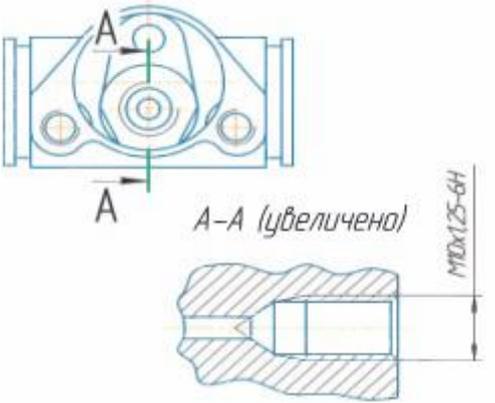
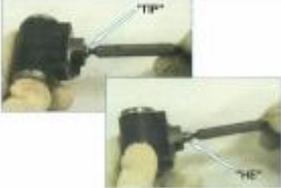


1. Установить деталь на оправку калибра. Проконтролировать расположение торца цилиндра относительно оси центрального отверстия (размер $30 \pm 0,2$ мм). Проходной размер калибра (ПР) должен проходить, непроходной (НЕ) – не проходить.
2. Калибр повернуть вокруг оси на 180° .
3. Установить шаблон калибра на буртик цилиндра. Проконтролировать расположение поверхности относительно оси центрального отверстия (размер $21,5 \pm 0,2$ мм).
4. Повторить контроль по п.п. 1..3 с другой стороны детали.

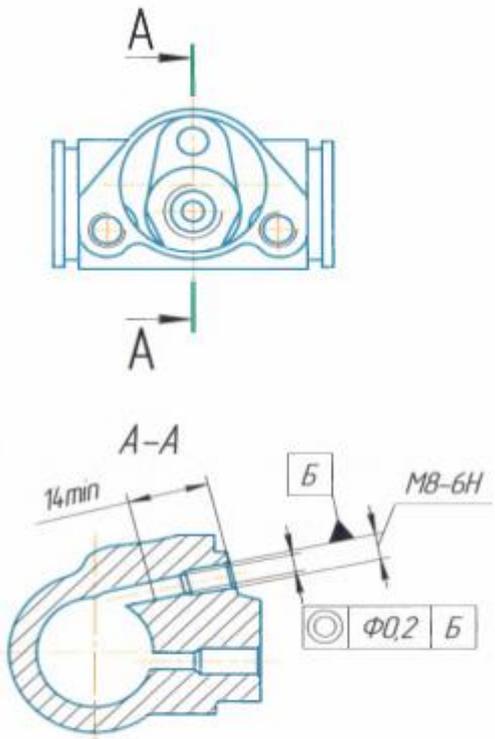
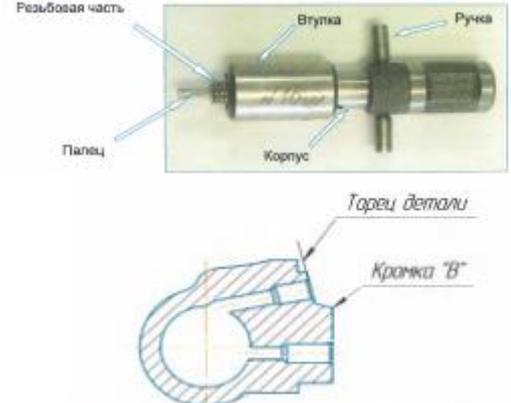
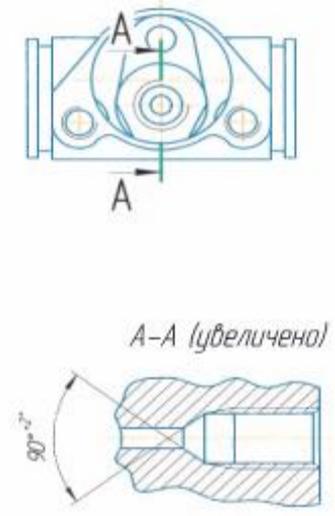
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|--|---|
|  <p>А-А (увеличено) Средний диаметр внутренней метрической резьбы М8-6Н</p> |  <p>Эталон Арретир Гребенки</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Взять калибр и, отведя арретир, установить гребенки калибра в эталон. 2. Провернуть эталон в калибре для принятия устойчивого положения среднего диаметра в резьбе эталона. Значение среднего диаметра указано на эталоне. 3. Настроить индикатор с требуемым измерительным усилием (малая стрелка должна быть настроена на единицу шкалы). Большую стрелку совместить с нулевой отметкой круговой шкалы индикатора. 4. Убрать эталон при помощи арретира и установить калибр в резьбовое отверстие М8 контролируемой детали. 5. Снять показания индикатора. Отклонение от значения среднего размера + 0,16. |
|  <p>А-А (увеличено) 6.647 ±0.005</p> |  <p>"ПР" "НЕ"</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить пробку во внутренний диаметр отверстия М8-6Н детали. Отверстие соответствует требуемому размеру, когда проходная сторона пробки (ПР) проходит, а не проходная (НЕ) – не проходит. |

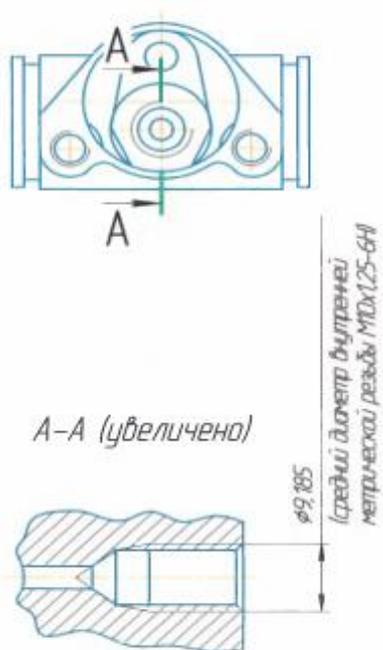
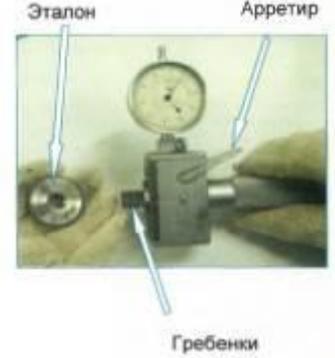
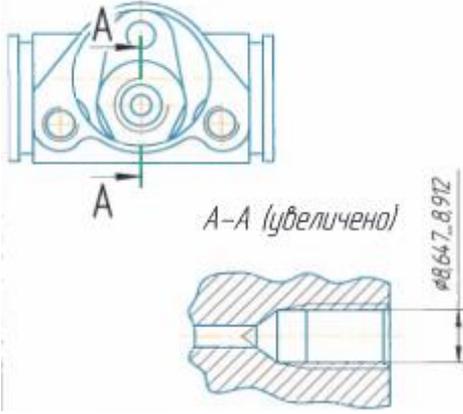
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|--|---|
|  |  <p>1. Установить пробку в отверстие детали до упора конусной части калибра в конус резьбового отверстия. Глубина отверстия $\varnothing 3$ мм соответствует требуемому размеру, когда риска калибра располагается заподлицо с поверхностью А детали или заходит внутрь отверстия за поверхность. 2. Риска калибра не должна выступать наружу за поверхность А детали.</p> |
|  |  <p>1. Ввернуть в резьбовое отверстие М10х1,25-6Н пробку. Резьба считается годной, если проходная сторона (ПР) резьбового калибра свинчивается с изделием по всей длине нарезки без усилия. Непроходная сторона (НЕ) калибра должна свинчиваться с изделием не более, чем на 1-2 нитки.</p> |

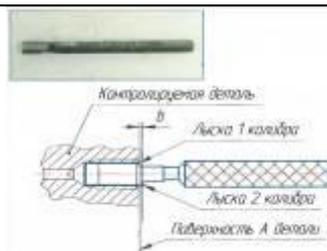
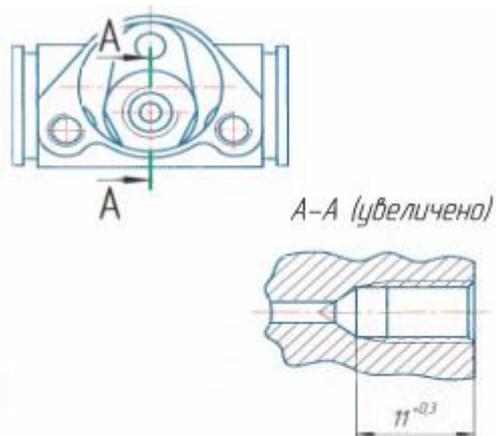
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|--|--|
|  <p>Контроль несоосности 0,2 мм выполнять на длине 14 мм <i>тип</i></p> |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Завернуть при помощи ручки резьбовую часть корпуса калибра в резьбу М8-6Н контролируемой детали до упора. 2. Снять втулку со стопора и перемещать ее к контролируемой детали до упора. Торец втулки должен коснуться торца контролируемой детали или кромки «В». |
|  <p><i>A-A (увеличено)</i></p> |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ввернуть резьбовую часть опоры калибра в резьбу эталона. 2. Настроить индикатор по эталону с требуемым измерительным усилием (малая стрелка должна быть установлена на единицу шкалы). Большую стрелку совместить с нулевой отметкой круговой шкалы индикатора. 3. Ввернуть резьбовую часть опоры калибра в резьбу М10х1,25 контролируемой детали до упора. 4. Снять показания индикатора. Результат измерения угла конуса резьбового отверстия М10х1,25 должен находиться в пределах от 0...0,7 мм показаний |

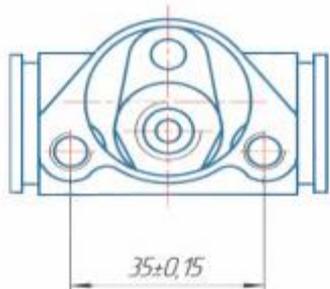
Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|--|---|
|  <p><i>A-A (увеличено)</i></p> <p>$\phi 9,185$</p> <p>(средний диаметр вытравленной метрической резьбы М10х1,25-6Н)</p> |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Взять калибр и, отведя арретир, установить гребенки калибра в эталон. 2. Повернуть эталон в калибре для принятия устойчивого положения среднего диаметра в резьбе эталона. Значение среднего диаметра указано на эталоне. 3. Настроить индикатор с требуемым измерительным усилием (малая стрелка должна быть установлена на единицу шкалы). Большую стрелку совместить с нулевой отметкой круговой шкалы индикатора. 4. Убрать эталон при помощи арретира и установить калибр в резьбовое отверстие М10 контролируемой детали. 5. Снять показания индикатора. Отклонение от значения среднего диаметра $+0,16$. |
|  <p><i>A-A (увеличено)</i></p> <p>$\phi 8,647 \dots 8,912$</p> |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Ввернуть в резьбовое отверстие пробку по всей длине резьбы до упора. Глубина резьбы М10х1,25-6Н соответствует требуемому размеру, когда риска калибра располагается заподлицо с поверхностью А детали или заходит внутрь отверстия за поверхность А. Риска калибра не должна выступать наружу за поверхность А детали. |

Продолжение таблицы 2.7.1

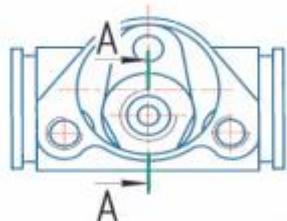


1. Установить пробку в резьбовое отверстие детали до упора торца калибра в конусную часть отверстия. Глубина отверстия под резьбу М10х1,25-6Н соответствует требуемому размеру, когда поверхность А детали располагается заподлицо с поверхностью лыски 1 или лыски 2 калибра, либо находится в пределах расстояния "b" между двумя поверхностями измерительных ступенек пробки.

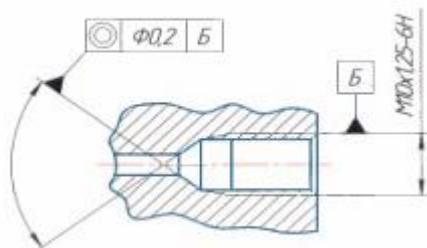


1. Измерения производить штангенциркулем ШЦЦ/ШЦК-1- 150-0,01 ГОСТ 166-89 по дальнележащим и близлежащим точкам внутреннего диаметра метрической резьбы М6-6Н двух отверстий. Определить среднеарифметическое значение суммы измерений. Измерения произвести не менее 3-х раз.

Продолжение таблицы 2.7.1



A-A (увеличено)



1. Ввернуть резьбовую часть корпуса калибра в резьбовое отверстие М10х1,25-6Н детали до упора шайбы калибра в контролируемую деталь.

2. Настроить индикатор с требуемым измерительным усилием (малая стрелка должна быть установлена на единицу шкалы). Большую стрелку совместить с нулевой отметкой круговой шкалы индикатора.

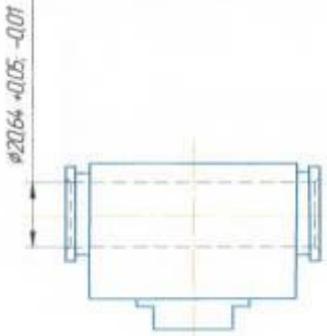
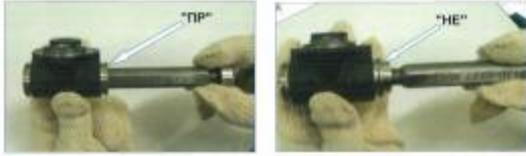
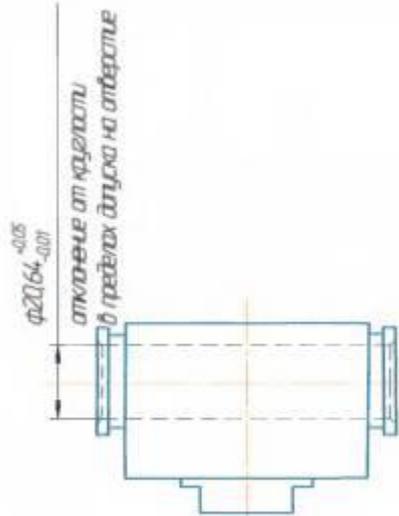
3. Повернуть шток калибра при помощи стопора на 360° , при этом шток обкатывается по конусной части резьбового отверстия М10х1,25-6Н.

4. Снять показания индикатора.

Вычислить разность между минимальным и максимальным отклонениями индикатора. За результат следует считать модуль полученного числа. Результат измерений должен быть не более 0,28 мм. Диапазон измерений по шкале индикатора рассчитывается по формуле: $0,28 = 1,4 \Delta$, где Δ - величина несоосности конуса ($\Delta = 0,2$ мм), 1,4 - поправочный коэффициент.

5. Выкрутить аккуратно корпус калибра из контролируемой детали.

Продолжение таблицы 2.7.1

| | |
|---|--|
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить пробку в отверстие детали. Отверстие соответствует требуемому размеру, когда проходная сторона пробки (ПР) свободно (под собственным весом калибра) проходит в контролируемое отверстие, непроходная сторона (НЕ) - не проходит. 2. Измерения производить с обеих сторон отверстия. |
|  |  <ol style="list-style-type: none"> 1. Вставить пробку пневматическую в эталон. 2. Совместить нижний указатель пневматического длиномера "Солекс" с уровнем воды в манометрической трубке. При этом штрих вертикальной градуированной шкалы будет соответствовать значению, указанному на эталоне ($\varnothing 20,63$ мм). 3. Вставить пробку в эталон. 4. Совместить верхний указатель водяного манометра с уровнем воды в манометрической трубке. При этом штрих вертикальной шкалы будет соответствовать значению, указанному на эталоне ($\varnothing 20,66$ мм). 5. При этом участок шкалы между нижним и верхним указателями соответствует значению некруглости в пределах поля допуска на отверстие под поршень. 6. Установить пробку во внутреннее отверстие детали. Измерения производить с обеих сторон отверстия. |

3. Безопасность и экологичность технологического объекта

1. Конструктивно-технологическая характеристика объекта

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

| № п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление | Материалы, вещества |
|-------|---|---|--|--|---------------------|
| 1 | Заготовительный процесс | Заготовительная | Оператор станка с ЧПУ | Гидравлический пресс для горячей высадки | АД35 |
| 2 | Механическая обработка корпуса цилиндра | Подрезная операция | Оператор станка с ЧПУ | Агрегатный станок, гидравлические тиски. | |
| | | Точение (черновое, чистовое) | | | |
| | | Сверление | | | |
| | | Растачивание | | | |
| | | Фрезерование | | | |

2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

| № п/п | Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и /или вредный производственный фактор | Источник опасного и / или вредного производственного фактора |
|-------|---|---|--|
| 1 | Заготовительная | Физический. Значительный нагрев поверхн. заготовки, Повышенный шум | Оборудование гидравлический пресс для горячей высадки |
| 2 | Агрегатная | Физический. Острые кромки, заусенцы, шероховатость на поверхности. Повышенный шум | Оборудование Агрегатный станок Режущий инструмент: резец, пластина, сверло, метчик. расточка Режимы резания |

3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

| № п/п | Опасный и / или вредный производственный фактор | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|-------|---|--|--|
| | | | |

Продолжение таблицы 3.3

| | | | |
|---|--|--|---|
| 1 | Значительный нагрев поверхности заготовки | Вредоносный фактор можно снизить путем смены оборудования | При необходимости транспортировать заготовку следует применить специализированные ухваты или использовать работа |
| 2 | Острые кромки , заусенцы, микронеровности, повышенный шум, нагрев рабочей зоны | Использовать специальные оградительные сооружения, использовать систему световых завесов, оптимизация выбора режимов резания, использовать СОЖ | Аккуратно эксплуатировать оборудование, использовать беруши и во время работы на оборудовании не использовать перчатки, использовать очки защитные и рабочий фартук . |

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

Таблица 3.4.1 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

| № п/п | Участок, подразделение | Оборудование | Класс пожара | Опасные факторы пожара | Сопутствующие проявления факторов пожара |
|-------|------------------------|---|--------------|------------------------|---|
| 1 | Заготовительный цех | Гидравлический пресс для горячей высадки. | А | Тепловой поток | Образующиеся в процессе пожара осколков технологической системы Замыкание высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологической системы |
| 2 | Станочный цех | Агрегатный станок | В | Пламя и искры | Пожар от осколков технологической системы Замыкание |

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

Таблица 3.4.2 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

| | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------|-------------------------|--|---|--|
| Первичные средства пожаротушения | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установочные системы пожаротушения | Средства пожарной автоматики | Пожарное оборудование | Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре | Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный) | Пожарные сигнализация, связь и оповещение. |
| Пенные и водные | Воздушно-пенные | Установка водн. тушения | Тепловые | Водопенное оборудование | Пременивать специальные повязки на лицо | немеханизированный | Локальное оповещение |
| Порошковые | Комбинированные | Спринклерные | Дымовые | Генераторы пены | Повязки | механизированный | дистанционное |
| Углекислотные | Комбинированные | Дренчерные | Световые | Гидранты | Повязки | механизированный | Связь с аппаратурой |

4.3. Организационные (организационно-технические) мероприятия по предотвращению пожара

Таблица 3.4.3. Организационные мероприятия

| Наименование технологического процесса, оборудования технического объекта | Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий | Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты |
|---|---|---|
| Гидравлический пресс для горячей высадки, агрегатный станок. | Оснащение гидрантов и порошковых огнетушителей и пожарные шкафы | При возгорании малого очага использовать ручной огнетушитель, при крупном возгорании использовать средства оповещения и применить гидрант на очаг возгорания. Также в шкафах можно воспользоваться средствами индивидуальной защиты |

5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 3.5.1 – Идентификация экологических факторов технического объекта

| Наименование технического объекта, технологического процесса | Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п. | Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду) | Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения) | Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.) |
|--|---|--|--|--|
| Заготовительная | Прессовый цех Гидравлический пресс для горячей высадки | Выброс канцерогенных веществ | Выброс испарений от смазочной жидкости штампа, как следствие – опасный конденсат | Выброс канцерогенных веществ приводящие к загрязнению растительного покрова |

Продолжение таблицы 3.5.1

| | | | | |
|--------------------|-------------------|--|---|---|
| Лезвийные операции | Агрегатный станок | Выброс отходов в виде стружки и частиц микропыли от режущего инструмента и заготовки | Выброс стружки в гидравлическую систему, разбрызгивание и конденсат СОЖ | Загрязнение растительного покрова из за микропыли |
|--------------------|-------------------|--|---|---|

Таблица 3.5.2 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

| Наименование технического объекта | Агрегатный станок |
|--|---|
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу | Применение сухих пылеуловителей такие как циклоны и аппараты нейтрализации газовых выбросов |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу | Применяется химический метод очистки, в котором удаляются канцерогенные вещества |
| Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу | Применяется биологическое очищение при помощи устройства аэротенк |

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта».

Подводятся обобщающие итоги выпускной квалификационной работы по разделу и формулируется обоснованное заключение о соответствии объекта действующим (перспективным) нормативным требованиям (техническим регламентам безопасности, ГОСТ Р, международным стандартам ИСО, МЭК и т.п.).

Заклучение:

1. В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологического процесса изготовления, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование, применяемые сырьевые технологические и расходные материалы, комплектующие изделия и производимые изделия.

2. Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: повышенная температура рабочей зоны, запыленность, не качественная поверхность вследствие механической обработки.

3. Разработаны организационно-технические мероприятия, включающие технические устройства снижения профессиональных рисков, а именно острые кромки, повышенный шум, высокая температура рабочей зоны. Подобраны средства индивидуальной защиты для работников.

4. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности технического объекта. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на техническом объекте.

5. Идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ

Калькуляция себестоимости обработки детали по варианту предлагаемого техпроцесса [4].

Таблица 5.1 - Калькуляция себестоимости изделия.

| № | Статьи затрат | Затраты |
|--|--|--------------|
| 1 | 2 | 4 |
| 1 | Материалы за вычетом отходов: M | 7,18 |
| 2 | Основная заработная плата рабочих-наладчиков: $Z_{ПЛ.ОСН} = Z_{ПЛ.ОП} + Z_{ПЛ.Н}$ $Z_{ПЛ.ОСН(ПР)} = 0,2 + 0,13 = 0,33$ $Z_{ПЛ.ОСН(ПР)} = 0,5 + 0,13 = 0,63$ | 0,33 0,63 |
| 3 | Начисления на заработную плату: $H_{З.ПЛ}$ | 0,24 |
| 4 | Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: $P_{Э.ОБ}$ | 7,531 |
| Итого технологическая себестоимость: $C_{ТЕХ} = M + Z_{ПЛ.ОСН} + H_{З.ПЛ} + P_{Э.ОБ}$ | | 15,9 |
| 5 | Общеховые накладные расходы: $P_{ЦЕХ} = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЦЕХ}$ $P_{ЦЕХ(ПР)} = 0,63 \cdot 1,43 = 1,42$ | 1,42 |
| Итого цеховая себестоимость: $C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ}$ | | 16,32 |
| 6 | Заводские накладные расходы: $P_{ЗАВ} = Z_{ПЛ.ОСН} \cdot K_{ЗАВ}$ $P_{ЗАВ(ПР)} = 0,93 \cdot 1,63 = 1,52$ | 1,52 |

Продолжение таблицы 5.1

| | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|-------|
| Итого заводская себестоимость: | | 17,84 |
| $C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ}$ | | |
| 7 | Внепроизводственные расходы: | 0,9 |
| | $P_{ВН} = C_{ЗАВ} \cdot K_{ВНП}$ | |
| | $P_{ВН(ПР)} = 1,84 \cdot 0,05 = 0,9$ | |
| Всего полная себестоимость: | | 18,74 |
| $C_{ПОЛ} = C_{ЗАВ} + P_{ВН}$ | | |

Из вариантов, проектируемым считается тот, в котором приведенные затраты на единицу изделия составляют наименьшую величину. В нашем случае все остается без изменения.

Расчет показателей экономической эффективности проектируемого варианта техники (технологии).

Ожидаемая прибыль (условно-годовая экономия) от снижения себестоимости.

$$P_{ОЖ} = \Delta_{УГ} = (C_{ПОЛ(БАЗ)} - C_{ПОЛ(ПР)}) \cdot P_{Г.}; \quad (2.5.1)$$

$$P_{ОЖ} = \Delta_{УГ} = (64,80 - 18,74) \cdot 2000000 = 92120000 \text{ руб.}$$

где - $C_{ПОЛ(БАЗ)}$, $C_{ПОЛ(ПР)}$ – полная себестоимость изготовления детали, соответственно по базовому и проектному вариантам, руб.; $P_{Г}$ – годовая программа выпуска изделий, шт.

Налог на прибыль

$$H_{ПРИБ} = P_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ} \quad (2.5.2)$$

$$H_{ПРИБ} = P_{ОЖ} \cdot K_{НАЛ} = 92120000 \cdot 0,2 = 18424000 \text{ руб.}$$

где: $K_{НАЛ}$ – коэффициент налогообложения прибыли (принимается равный 0,2)

Чистая ожидаемая прибыль

$$P_{\text{ЧИСТ}} = P_{\text{ОЖ}} - H_{\text{ПРИБ}} \quad (2.5.3)$$

$$P_{\text{ЧИСТ}} = P_{\text{ОЖ}} - H_{\text{ПРИБ}} = 92120000 - 18424000 = 73696000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений

После определения чистой прибыли определяется расчетный срок окупаемости капитальных вложений (инвестиций), необходимых для осуществления проектируемого варианта:

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{K_{\text{ВВ.ПР}}}{P_{\text{ЧИСТ}}} + 1, \text{ года} \quad ; \quad (2.5.4)$$

где: $K_{\text{ВВ.ПР}}$ – капитальные вложения (инвестиции), необходимые для приобретения вновь вводимого оборудования, дорогостоящей оснастки, инструмента, а также затраты на эксплуатацию дополнительной площади.

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = K_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПР}} + K_{\text{М}} + K_{\text{А}} \quad ; \quad (2.5.5)$$

$$K_{\text{ВВ.ПР}} = K_{\text{ОБ}} + Z_{\text{ПР}} + K_{\text{М}} + K_{\text{А}} = 66910000 \text{ руб.}$$

Включает стоимость оснастки, инструмента, монтаж и обучение персонала, растаможка.

$$T_{\text{ОК.РАСЧ}} = \frac{66910000}{73696000} + 1 = 1,907 \text{ года}$$

Расчетный срок окупаемости инвестиций (капитальных вложений) принимается за горизонт расчета (максимально ожидаемое время окупаемости инвестиций), $T = 2$ года.

Определение экономической эффективности.

Используя методы дисконтирования, решаем вопрос о том, стоит ли вкладывать средства в разработанный проект, который в течение принятого

горизонта расчета принесет дополнительную прибыль, или лучше при существующей процентной ставке на капитал положить деньги в банк.

Для этого в пределах принятого горизонта расчета (T) рассчитываем текущую стоимость будущих денежных доходов (денежных потоков), приведенных к текущему времени (времени начала осуществления проекта) через коэффициенты дисконтирования.

Общая текущая стоимость доходов (чистой дисконтированной прибыли) в течение принятого горизонта расчета определяется по формуле:

$$D_{\text{диск.общ}} = P_{\text{чист.диск}}(T) = \sum_1^T P_{\text{чист}} \cdot \frac{1}{(1+E)^t}, \text{ руб.}; \quad (2.5.6.)$$

где: T – горизонт расчета, лет (месяцев); E – процентная ставка на капитал (например, при 10% $E=0,1$; при 20% $E=0,2$ и т.д.); t – 1-ый, 2-ой год получения прибыли в пределах принятого горизонта расчета.

В результате приведенных расчетов получены следующие выходные данные: размер требуемых для осуществления проекта инвестиций ($K_{\text{ВВ.ПР}}$) равен 66910000 руб., а ежегодная ожидаемая чистая прибыль ($P_{\text{чист}}$) составляет 73696000 руб., расчетный срок окупаемости (горизонт расчета) составляет 2 года. Процентная ставка на капитал равна 10% в год ($E=0,1$), то процентный фактор (дисконт) для первого года составит $1/(1+0,1)^2 = 0,833$, для второго года – $1/(1+0,1)^3 = 0,751$, тогда ожидаемая за 2 года общая чистая дисконтированная прибыль (текущая стоимость денежных доходов) составит:

$$D_{\text{общ.диск}} = P_{\text{чист.диск}}(T) = 73696000 \cdot (0,833 + 0,751) = 116734464 \text{ руб}$$

Интегральный экономический эффект (чистый дисконтированный доход) составит в этом случае:

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = \text{ЧДД} = D_{\text{общ.диск}} - K_{\text{ВВ.ПР}} \quad (2.5.7)$$

$$\mathcal{E}_{\text{инт}} = 116734464 - 66910000 = 49824464 \text{ руб.}$$

Общая стоимость доходов (ЧДД) больше текущей стоимости затрат ($K_{ВВ.ПР}$) – проект эффективен, поэтому определяем индекс доходности:

$$ИД = \frac{D_{ОБЩ.ДИСК}}{K_{ВВ.ПР}} \quad (2.5.8)$$

$$ИД = \frac{116734464}{66910000} = 1,75 \text{ руб./руб.}$$

Таблица 5.2.2 - Техничко-экономические показатели эффективности работы

| № | Наименование показателей | Условное обозначение, единица измерения | Значение показателей |
|---|---|---|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Количество оборудования, необходимого для выполнения рассматриваемых операций | $H_{ОБ}, шт$ | 2 |
| 2 | Средний коэффициент загрузки оборудования | $K_{З.СР}$ | 0,5 |
| 3 | Длительность производственного цикла | $T_{Ц}, дней$ | 247 |
| 1 | Годовая программа выпуска | $П_{Г}, шт$ | 2000000 |
| 2 | Капитальные вложения | $K_{ОБЩ}, руб$ | 66910000 |
| 3 | Себестоимость единицы изделия | $C_{ПОЛ}, руб$ | 18,74 |
| 4 | Приведенные затраты на единицу изделия | $З_{ПР.ЕД}, руб$ | 29,78 |
| 5 | Капитальные вложения необходимые для приобретения вновь вводимого оборудования, оснастки и инструмента. | $K_{ВВ.ПР}$ | Входит в общие вложения |
| 6 | Чистая прибыль от снижения себестоимости | $П_{Р.ЧИСТ}, руб$ | 73696000 |
| 7 | Срок окупаемости инвестиций | $T_{ОК}, лет$ | 2 |

Продолжение таблицы 2.5.2

| | | | |
|----|--|---|-----------|
| 8 | Общий дисконтированный доход | $D_{\text{ОБЩ.ДИСК.}} , \text{руб}$ | 116734464 |
| 9 | Интегральный экономический эффект (чистый дисконтируемый доход) | $\mathcal{E}_{\text{ИНТ}} = \text{ЧДД}$ руб | 49824464 |
| 10 | <i>Индекс доходности</i> | $\text{ИД}, \text{руб} / \text{руб}$ | 1,75 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были решены следующие задачи:

1. Изучен и проанализирован старый технологический процесс изготовления корпуса колесного цилиндра.

2. Определен новый материал заготовки, позволяющий значительно снизить затраты на механической обработке, а так же увеличить качество выпускаемого изделия.

3. Определен новый метод получения заготовки.

4. Разработан технологический процесс изготовления детали.

5. Рассчитаны припуски на обработку самой точной поверхности изделия. Так же рассчитаны режимы резания для двух переходов, и спроектированы наладки на эти переходы.

6. Спроектирован режущий инструмент развертка.

7. Спроектировано приспособление – пневматические тиски.

8. Разработана методика контроля корпуса колесного цилиндра.

9. Произведен расчет экономической эффективности.

10. Произведен выбор нового оборудования.

В результате работы был модернизирован метод получения заготовки для корпуса; модернизирован сам технологический процесс изготовления детали, что привело к повышению качества изготавливаемой детали.

Список используемой литературы

1. Белецкий В.М. Алюминиевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение / Кривов Г.А. — Под общ. ред. акад. И.Н. Фридляндера. — Киев: КОМИНТЕХ, 2005. — 365 с. — ISBN 966-8550-25-0.

2. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. Пособие для машиностроит. спец. Вузов] / Шкред В. А. — 4-е изд., перераб. и доп. — Мн: Высш. школа, 1983.- 256с.

3. А.Г. Косилова Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. Р.К. Мещерякова. — М.: Машиностроение, 1985. — Т. 2. — 496 с.

4. Зубкова Н.В. Учебно – методическое пособие по выполнению экономического раздела выпускной квалификационной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско – технологическое обеспечение машиностроительных производств». / Н.В. Зубкова – Тольятти: ТГУ, 2015. – 73с.

5. В. Е. Авраменко Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / В. Е. Авраменко. - Красноярск: ПИ СФУ, 2007. 88 с.

6. Р.С.Фаскиев Проектирование приспособлений: учебное пособие / Е.В.Бондаренко - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 178 с

7. В.А. Ванин Приспособления для металлорежущих станков : учеб. пособие / А.Н. Преображенский, В.Х. Фидаров. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 316 с. – ISBN 5-8265-0602-4 (978-5-8265-0602-8).

8. Безъязычный В. Ф. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.

9. Михайлов А. В., Расторгуев Д. А., Схиртладзе А. Г. Основы проектирования технологических процессовмашиностроительных производств: учебное пособие / А. В. Михайлов, Д.А. Расторгуев, А. Г. Схиртладзе. — Старый Оскол: ТНТ, 2011 г. — 336 с. ISBN 978-5-94178-1935.

10. Я.М. Радкевич, Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. Для машиностроит. спец. вузов/ В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. – 2-е изд. Высш. шк. 2007 г. – 180с.

11. Боровский Г.В., Григорьев С.Н., Маслов А.Р. Справочник инструментальщика / Под общей редакцией А.Р. Маслова. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2007. – 464 с.: ил.

12. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова Краткий справочник металлиста / Под общ. ред. А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. 960 с.: ил.

13. А. Гречишников Проектирование режущих инструментов: учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в"/ В. С. Н. Григорьев, И. А. Коротков, А. Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2009. - 299 с.

14. Верещака А.С. Резание материалов: Учебник / А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Высш. шк., 2009. – 535 с.: ил.

15. А.А. Панов Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.: ил.

16. А. Г. Схиртладзе Технологические наладки механической обработки и сборки в машиностроении : учеб. пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. - Гриф УМО ; ТГУ. – Тольятти : ТГУ, 2003. - 179 с.

17. И.П. Филонов Проектирование технологических процессов в машиностроении: Учебное пособие для вузов / Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др.; Под обо: ред. И.П. Филонова;. — Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 910 с. ISBN 985-464-385-9.

18. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / Корсаков В.С. - М.: Машиностроение, 1971. – 163 с.

19. В. Ф. Гурьянихин Проектирование технологических процессов обработки заготовок на станках ЧПУ учебное пособие В. Ф. Гурьянихин, М.

А. Белов, А. Д. Евстигнеев. - Ульяновск УлГТУ, 2007. - 121 с. ISBN 978-5-9795-0098-0.

20. Д. С. Пахомов Основы проектирования технологических процессов и подготовки операций для станков с ЧПУ : учебник / Д. С. Пахомов, А. Г. Схиртладзе, А. Б. Чуваков. — Старый Оскол: ТНТ, 2016. — 389 с.: ил. — Библиогр.: с. 386-389. — ISBN 978-5-94178-503-2.

21. Theory Of Ground Vehicles / J.Y.Wong. - John Wiley & sons, Inc 2001. ISBN 0471-35461-9.

22. Automobile Technology / Dr.N.K.Giri. - First edition 2004, Khanna Publishers, Inc 2004. ISBN 81-7409-178-5.

23. Automobile Engineering / Kirpal Singh. - Standard Publishers, Distributors, Delhi, Inc 1971. ISBN 0-7506-5131-8.

24. The Fundamentals Of Workshop Technology / Hajra Choudhury S.K. - Volume I & Volume II, Media Publishers, Inc 1997 ISBN 987-935-15-1249-7.

25. Engineering Mechanics / Dr.T.J.Prabhu. - Scitech Publications, Inc 2003. ISBN 84-6318-187-6.

26. Auto Design / R.B.Gupta. - Satya Prakashan, Inc 1999. ISBN 946-962-204-437-3.

ПРИЛОЖЕНИЯ

