

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

Кафедра машиностроения

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов магистратуры направления 15.04.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

УДК 621.9 (073)

**ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
В ПРОИЗВОДСТВЕ:** Методические указания к курсовой работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.Д. Халимоненко, В.П. Захарова, Д.Д. Максимов*, СПб, 2021. 37 с.

Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» предназначены для студентов магистратуры направленности подготовки 15.04.01 «Машиностроение», профиль программы «Технология автоматизированного машиностроения».

Научный редактор проф. *В.В. Максаров*

Рецензент к.т.н. *Е.В. Богданова* (АО «Концерн «Океанприбор»)

1 Цель и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы по дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» является:

- приобретение студентами способности разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления машиностроительных изделий;

- подготовка выпускников к решению профессиональных задач, связанных с применением современных технологий при разработке технологических процессов обработки, повышения качества и производительности технологических систем обработки.

Курсовая работа является самостоятельной инженерной работой студента.

Задачи курсовой работы:

- ознакомление студентов с анализом состояния и динамики функционирования машиностроительных производств и их элементов с использованием надлежащих современных методов и средств анализа;

- овладение методами метрологической поверки основных средств измерения показателей качества выпускаемой продукции;

- формирование навыков организации работы по выбору технологий, инструментальных средств и средств вычислительной техники при реализации процессов проектирования, изготовления, контроля, технического диагностирования и промышленных испытаний изделий;

- формирование способностей для диагностики технологических процессов, оборудования, средств и систем автоматизации и управления машиностроительных производств.

2 Задание на курсовую работу

По дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» предусматривается выполнение курсовой работы по одной из тем, предложенных преподавателем, к которой необходимо приступить после проработки соответствующих разделов курса (см. рабочую программу).

Примерные темы курсовых работ:

1. Повышение качества поверхности деталей горного машиностроения из титановых сплавов.
2. Виды покрытий для повышения износостойкости зубьев зубчатых колес.
3. Повышение точности и качества изготовления цилиндрических гильз ДВС на хонинговальных станках.
4. Совершенствование способа высокопроизводительного точения тонкостенных цилиндрических заготовок.
5. Повышение износостойкости деталей машин с использованием методов плазменного напыления.
6. Технологические методы повышения качества обработки пазов в дисках компрессоров и турбин.
7. Повышение точности и качества изготовления деталей колесной пары железнодорожного транспорта.
8. Повышение точности и качества изготовления и сборки деталей шумопоглощающих конструкций кабины карьерного автосамосвала.
9. Технологические методы повышения изготовления ответственных деталей, влияющих на аэродинамические характеристики самолетов.
10. Совершенствование способов обработки поверхностей корпусных деталей с глубокими отверстиями.
11. Повышение точности и качества обработки ответственных деталей горного машиностроения с использованием магнитно-абразивной обработки.
12. Способы контроля и обеспечения качества заготовок, получаемых сваркой.
13. Анализ основных видов погрешностей обработки с использованием методов математической статистики.
14. Обеспечение качества при механизации и автоматизации сборочных работ.
15. Технологические методы повышения качества обработки лопаток турбин.

Предпочтительно, чтобы тема курсовой работы была связана с направлением магистерской диссертации и при этом соответствовала изучаемой дисциплине. В случае если тема диссертации не связана с тематикой дисциплины, она может выбираться по согласованию с преподавателем из тем курсовых работ, предложенных выше.

Курсовая работа после проверки руководителем и внесения в нее соответствующих исправлений и дополнений допускается к защите перед комиссией кафедры.

Законченная курсовая работа должна содержать расчетно-пояснительную записку (15...25 страниц).

Все материалы следует сброшюровать в папку и снабдить ее титульным листом. Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 2.105-19 и ГОСТ 7-32-2017.

Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4.

Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

При выполнении курсовой работы характерна определенная последовательность (этапность) в ее оформлении (см. задание на курсовую работу).

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания. Все рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия. Буквенные, обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

Студенты, успешно выполнившие и защитившие курсовую работу, допускаются к экзамену по дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве».

3 Пример выполнения курсовой работы

«Повышение точности и качества изготовления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при использовании специализированного оборудования»

3.1 Введение

Раздел «Введение» является начальным разделом курсовой работы. В данном разделе необходимо раскрыть основные идеи курсовой работы:

- обосновать актуальность,
- выделить объект и предмет исследования,
- поставить цели и задачи.

Пример выполнения раздела «Введение»

Повышение качества изготовления поршневых колец оказывает значительное влияние на работоспособность, долговечность и надежность работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС), поэтому выбранная в рамках выполнения курсовой работы тема является актуальной.

Для обеспечения необходимого качества изготовления поршневых колец необходимо провести анализ условий работы данных деталей и провести обоснование причин их выхода из строя. Наиболее часто встречающийся дефект поршневых колец – пригорание к стенкам цилиндра. Чаще всего причиной пригорания поршневых колец является избыток масла, проникающего из картера двигателя в верхний пояс поршня через щели, образующиеся в результате неравномерного давления колец по окружности. Попадая в область высоких температур, масло окисляется и выделяет смолообразные вещества.

Смолистые продукты заполняют зазоры между поршневым кольцом и поршнем, что мешает кольцам двигаться в канавках. Это ухудшает теплопередачу от поршневых колец, приводит к перегреву. Далее описанный процесс только прогрессирует. Прогрессия приводит к потере компрессии двигателя, снижению мощности и остановке [2].

Таким образом, вышеописанную проблему эксплуатации ДВС можно решить определением формы кольца с равномерным давлением на стенки цилиндра и таким переменным радиусом кривизны, чтобы после введения кольца в цилиндр, оно принимало круглую форму.

При получении необходимой формы кольца в свободном состоянии методом обработки заготовок по копиру на токарных станках с вертикальным шпинделем требуется специальное устройство, которое позволит точно позиционировать поршневые кольца на рабочем столе в автоматизированном режиме.

Исходя из этого основной целью курсовой работы будет обеспечение необходимого качества изготовления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при использовании специализированного оборудования.

Для реализации поставленной в курсовой работе цели необходимо последовательно решить следующие задачи:

- провести анализ конструкции и условий работы поршневых колец;
- рассмотреть основные методы получения профиля поршневых колец и обосновать преимущества и недостатки этих методов;
- обосновать технологические методы обеспечения формы поршневого кольца в свободном состоянии;
- рассмотреть и обосновать методы контроля качества изготовления поршневых колец.

3.2 Раздел 1

В Разделе 1 курсовой работы необходимо провести анализ основных исходных данных объекта и предмета исследования.

Пример выполнения Раздела 1

Основные виды поршневых колец ДВС

Ресурс и надежность работы ДВС, расход топлива и моторного масла в большой степени зависят от конструкции поршневых колец и качества их изготовления.

Поршневые кольца (рис. 1) представляют собой детали небольших размеров, простой конфигурации, располагаются в канавке поршня и плотно прилегают к поверхности цилиндра и одной из плоскостей - канавки поршня. Их назначение состоит в обеспечении необходимого динамического уплотнения камеры сгорания при возможно минимальных потерях на трение, отводе части теплоты от поршня к цилиндру, распределение смазочного материала между трущимися поверхностями и отводе излишнего смазочного материала с зеркала цилиндра в картер двигателя, предотвращая проникновение масла в камеру сгорания.

Поршневое кольцо должно сохранять контакт с цилиндром и торцевой поверхностью канавок поршня на протяжении всего времени работы двигателя. Выполнение поршневыми кольцами их функций зависит от материала колец, покрытий рабочих поверхностей и точности изготовления.

Устанавливаемые в двигатель поршневые кольца должны иметь:

- высокую однородность физических и механических характеристик материала;
- хорошую упругость, устойчивость упругих и антифрикционных свойств в условиях длительной работы при высокой температуре и воздействии газов;
- безззорное прилегание к стенкам цилиндров, обеспечиваемое точно заданной формой кольца в свободном состоянии и соответствующей эпюрой радиальных давлений на стенки цилиндра, которые кольцо должно обеспечивать в работающем двигателе.

Этими условиями предопределяются высокие требования к качеству и точности изготовления поршневых колец. Требование безззорного прилегания к стенкам цилиндра особенно важно для

форсированных двигателей, а также в случае применения износостойких материалов и покрытий рабочих поверхностей кольца и цилиндра.

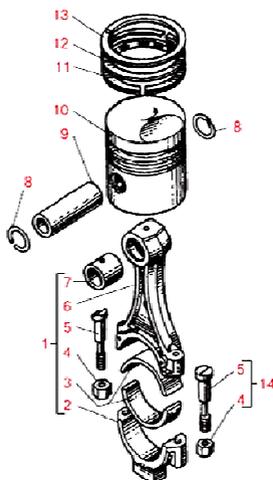


Рис. 1. Поршень с кольцами

Наиболее актуальным в настоящее время считается вопрос повышения работоспособности поршневых колец, и его решение осуществляется в следующих основных направлениях:

- конструкторские усовершенствования кольца, формы его рабочих поверхностей применительно к условиям работы двигателя;
- улучшение химического состава, механических и физических свойств материала поршневых колец в зависимости от вида кольца, а также повышение износостойкости и долговечности применительно к условиям работы и нагруженности двигателей;
- разработка и использование новых износостойких покрытий рабочих поверхностей поршневых колец;
- совершенствование технологии производства поршневых колец, повышение их качества, точности формы, стабильности свойств, создание для этого новых процессов, методов обработки и новых видов оборудования.

С помощью специальных профилей и конструкций колец можно достичь значительных эффектов в отношении распределения масла или газоплотнения. Тем не менее, благодаря нецелесообразному профилированию поршневых колец, неправильному комплектованию кольцевого уплотнения могут пострадать другие его важные качества - увеличение потерь на трение, ухудшение теплоотвода, увеличение износа деталей, рост их температуры.

Существующая разновидность поршневых колец по конструктивному исполнению и разнообразие состава кольцевого уплотнения (КУ) поршней одностипных двигателей затрудняет подбор оптимального кольцевого уплотнения.

Для облегчения подбора КУ (рис. 2) необходимо знать классификацию поршневых колец по форме поперечного сечения и их функциональному назначению.

Существующая в настоящее время классификация поршневых колец, разработанная К. Энглишем, подразделяет их на две большие группы:

I - кольца с преимущественно уплотняющим действием - уплотнительные кольца;

II - кольца с преимущественно маслоснимающим или маслораспределительным действием - маслосъемные кольца.

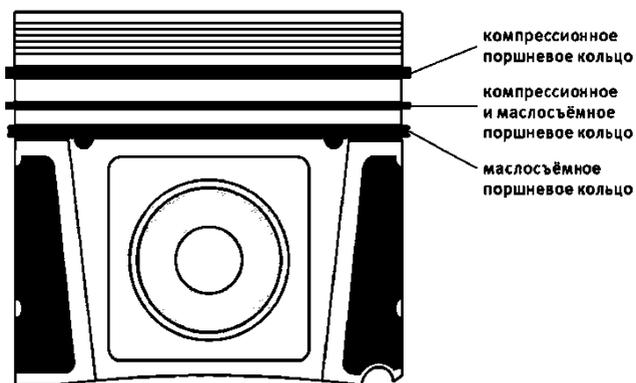


Рис. 2. Типичная оснастка поршня кольцами

Согласно этой классификации, в первую группу входят скручивающиеся кольца с конусной рабочей поверхностью, которые, наряду с функцией уплотнения цилиндра, выполняют функцию маслосброса и в настоящее время в основном устанавливаются в нижних (третьей и четвертой) поршневых канавках.

При установке этих колец в первую и вторую поршневые канавки имеется достаточно хороший пропуск горячих газов к нижележащим кольцам и при условии комплектования поршня кольцами прямоугольного сечения в нижележащих канавках может происходить активное закоксовывание кольцевого уплотнения и потеря его функционального назначения.

В то же время ко второй группе колец относятся кольца со скребком на рабочей поверхности, которые выполняют функции маслораспределения и газоуплотнения и устанавливаются выше маслосъемных колец, т.е. также в третьей и четвертой канавках.

Таким образом, существующая классификация не отражает функциональной значимости отдельных колец в составе КУ и их преимущественной применимости с точки зрения установки в канавках поршня.

С целью упорядочения поршневых колец по их функциональному назначению и расположению в канавках поршня (рис. 3) поршневые кольца классифицируют следующим образом:

I. Компрессионные (уплотнительные) кольца, устанавливаемые в две верхние канавки поршня, выполняют в основном функции газоуплотнения и теплоотвода, в большинстве имеют контакт с втулкой цилиндра по всей своей высоте, обладают незначительным эффектом сброса и перераспределения масла.

II. Компрессионно-маслосъемные кольца (промежуточные), устанавливаемые преимущественно в третью и четвертую поршневые канавки, выполняют функции частично газоуплотнения и сброса масла (без его удаления с цилиндра) в зону маслосъемного кольца, т.е. перераспределения масла по втулке цилиндра за счет специально подобранного профиля.

III. Маслосъемные кольца, устанавливаемые в нижние канавки поршня, производят съем излишков масла с поверхности цилиндра и его удаление во внутрипоршневое пространство за счет

наличия дренажных отверстий или канавок в кольце и поршне, по которым масло поступает через поршень в картер двигателя.

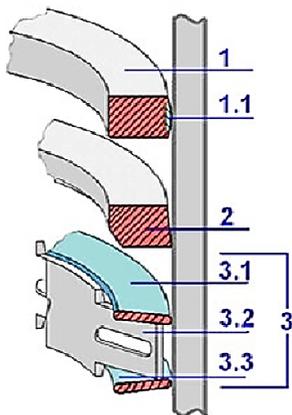


Рис. 3. Кольцевое уплотнение:

- 1 - Компрессионное кольцо бочкообразной формы с износостойким покрытием,
- 1.1 - Износостойкое покрытие, 2 - Конусное минутное компрессионное кольцо,
- 3 - Маслосъемное кольцо, 3.1 - Верхняя маслосъемная пластина,
- 3.2 - Тангенциальный расширитель, 3.3 - Нижняя маслосъемная пластина

3.3 Раздел 2

В Разделе 2 курсовой работы необходимо провести анализ и обоснование основных технических решений для реализации поставленной цели.

Пример выполнения Раздела 2

Методы получения профиля поршневых колец, преимущества и недостатки методов

Поршневые кольца изготавливают несколькими методами, которые различаются способом придания кольцу пружинящих свойств, а также формой заготовки [6]. Готовое кольцо в рабочем

состоянии должно иметь форму правильной окружности. Это же кольцо в свободном состоянии принимает овальную форму.

Способ изготовления, при котором пружинение достигается вырезом части кольца, применяется для колец со ступенчатым замком в нескольких вариантах заготовок.

Метод выреза части кольца.

1. Заготовки цилиндрической формы; предварительное точение по цилиндру.

Отлитый барабан обтачивают и растачивают предварительно на увеличенные размеры D_0 и d_0 , а затем разрезают на кольца цилиндрической формы:

$$D_0 = D + \frac{a_0}{\pi} + m,$$

$$d_0 = d + \frac{a_0}{\pi} - m,$$

где D и d – наружный и внутренний диаметры готового в рабочем (стянутом) состоянии; a_0 – размер будущего выреза, примерно равный зазору замка в свободном состоянии; m – припуск для устранения овальности и на зачистку, составляющий 5...15 мм на диаметр.

В кольце делают вырез, приблизительно равный a_0 . Затем кольцо стягивают и в таком виде обрабатывают окончательно по наружному и внутреннему диаметрам, чтобы получить правильную цилиндрическую форму.

Основной недостаток способа заключается в том, что кольцо при стягивании встык перед чистовой обработкой принимает овальную форму [6]. Овальность резко проявляется из-за больших припусков, оставляемых на чистовую обработку овального кольца, а в кольце возникают значительные напряжения. Чистовое обтачивание и растачивание характеризуются снятием неравномерного припуска и перераспределением напряжений. Обработанные таким образом кольца впоследствии деформируются, недостаточно плотно прилегают к цилиндру и канавкам поршня, создают неравномерное давление на стенки цилиндра. Чтобы уменьшить дефекты неравномерного припуска, чистовую обработку сжатых колец выполняют не сразу, а путем последовательных обточек и расточек, давая возможность

кольцу «расправиться». Например, чистовое обтачивание ведут в три установки, уменьшая каждый раз зазор в замке на одну треть.

Последовательное обтачивание, улучшая в некоторой степени качество колец, малопроизводительно.

Еще один недостаток способа - значительные отходы металла.

2. Заготовка цилиндрической формы; предварительно точение по овалу.

При этом варианте предварительное обтачивание и растачивание производят по овалу с помощью копира. Форма овала должна быть такой, чтобы кольцо после вырезания части a_0 и сжатия концов встык приобретало правильную цилиндрическую форму. При чистовой обработке в стянутом состоянии кольцо имеет уже форму правильной окружности, причем снимается малый и равномерный припуск.

При обработке цилиндрической заготовки по копиру снимается значительный и неравномерный припуск, поэтому ободранную заготовку подвергают термической обработке для снятия напряжений (напряжения у заготовок для колец снимают в настоящее время при любых методах).

Указанный вариант улучшает качество колец. Его недостатками являются необходимость применения сложных копировальных устройств и значительные отходы.

3. Заготовки овальной формы.

Заготовкам в виде барабанов или индивидуальных колец придают при литье овальную форму, соответствующую кольцу в свободном состоянии.

Пользуются следующим приемом. К чертежным размерам готового кольца добавляют припуски на обработку и отливают круглое кольцо. Его прорезают и, разведя концы, вставляют распорку, равную зазору в свободном состоянии a_0 . В результате получают модель овальной заготовки (рис. 4). Литое углубление обозначает место выреза будущего замка [6].

После удаления корки, термообработки и вырезки части, равной a_0 , кольцо направляют на чистовую обработку. Подобно предыдущему варианту, кольцо в стянутом состоянии приобретает

форму окружности, снимается лишь незначительный равномерный припуск. Этот способ характеризуется достаточно высоким качеством колец и малыми отходами металла. Обычно черновая обработка производится до вырезки части кольца. Необходимы копировальные устройства для обработки по овалу.

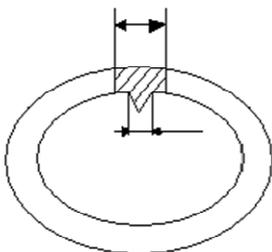


Рис. 4. Овальная заготовка поршневого кольца

Термический метод.

Этот метод, называемый еще методом термофиксации, заключается в следующем - из цилиндрических заготовок вытячивают кольца цилиндрической формы, оставляя диаметральные припуски 0,5...1,0 мм на зачистку. Затем прорезают замок, причем ширина реза должна соответствовать зазору замка в рабочем состоянии a . Кольца надевают на оправку, между концами колец вставляют распорку, ширина которой примерно на 20% больше зазора a_0 в замке в свободном состоянии. Разведенные таким образом кольца подвергают термообработке с нагревом до 600 °С и остыванием на воздухе. Материал делается пластичным, снимаются напряжения, стремившиеся вернуть кольцо в прежнее положение. В результате фиксируется новое овальное очертание колец [6].

Для дальнейшей обработки кольца стягивают, и они приобретают уже цилиндрическую форму. Остается их обточить окончательно. Процесс обеспечивает незначительные отходы материала, высокую производительность и вполне удовлетворительное качество изготавливаемых колец.

Метод термофиксации имеет самое широкое применение для производства колец диаметром до 500 мм и более. Его используют

для колец с косым или прямым, а не ступенчатым замком (в последнем случае необходимость удаления части кольца обусловлена самой конструкцией).

Сравнительно высокая для чугуна температура нагрева (600...620 °С) вследствие малых сечений детали и ускоренного охлаждения не вызывает заметной графитизации и снижения твердости кольца.

Метод термофиксации замка применяется и при изготовлении стальных колец. Используя токарный станок или специальное устройство, заготовку (катаную полосу) навивают на вращающийся цилиндр, пропуская полосу между тремя роликами. В результате заготовка приобретает вид спирали с плотно примыкающими один к другому витками. Спираль разрезают вдоль образующей и получают ряд отдельных спиральных витков. Несколько таких витков надевают на оправку с распоркой, растягивая их, сжимают с торцов дисками и направляют на термообработку (отпуск при температуре 650 °С). В результате перевода в пластическое состояние фиксируется новое овальное очертание витков благодаря распорке и плоская форма торцовых поверхностей [6].

Дальнейшие операции обработки стальных колец мало отличаются от обработки чугунных колец по данному методу.

Метод накатки.

Применяется для придания кольцу пружинящих свойств путем накатки (насечки) внутренней поверхности. Цилиндрические заготовки, как и при методе термофиксации, имеют небольшой припуск для удаления корки. Замок прорезают с шириной рабочего зазора a . После этого следует операция накатки. Кольцо закладывают в кольцевую оправку, установленную слегка эксцентрично на планшайбе токарного или карусельного станка. Накатку выполняют каленым рифленным роликом, закрепленным в суппорте или шпинделе станка. Благодаря эксцентричному расположению детали накатка (рис. 5) захватывает дугу, приблизительно равную $2/3$ внутренней поверхности и расположенную против замка. Глубина накатываемых канавок постепенно убывает в направлении к замку [6].

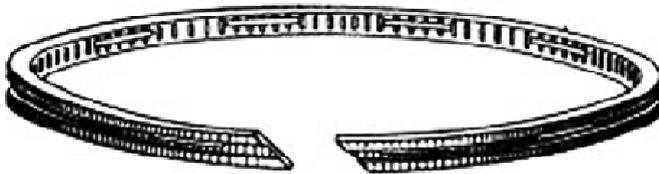


Рис. 5. Поршневое кольцо с накатанной внутренней поверхностью

Опыт показал, что упругость кольца значительно возрастает, если концы заготовки при накатке разведены распоркой, равной зазору в свободном состоянии a_0 .

В процессе накатки возникают значительные напряжения и пластические деформации, величину которых трудно учесть и регулировать. Кроме того, есть опасность, что при нагреве во время работы двигателя материал кольца вследствие процесса рекристаллизации может потерять упругие свойства. Все же для ненапряженных двигателей, а иногда и при ремонте метод накатки может быть использован. Его преимуществами являются экономия металла (благодаря малым припускам и отходам) и простота механической обработки.

Технологические методы обеспечения формы кольца в свободном состоянии

Рассмотрим основные методы обеспечения формы кольца. Заготовки поршневых колец, как отмечалось выше, получают индивидуальным литьем или литьем с последующей разрезкой. С учетом этого выбирается типовой технологический процесс механической обработки поршневых колец. Последовательность механической обработки поршневых колец указана в табл. 1 [6].

Шлифование торцов поршневых колец производится за три последовательные операции:

- обдирочная (черновая) обработка,
- полустившая обработка за два прохода,
- чистовая обработка за два прохода.

Таблица 1

Последовательность механической обработки поршневых колец

Индивидуальное литье		Литье маслот с последующей разрезкой	
Без копирующей обработки	С копирующей обработкой	Без копирующей обработки	С копирующей обработкой
1. Обдирочное шлифование торцов		1. Черновое круглое обтачивание и растачивание	
2. Термообработка		2. Резка маслот на заготовки	
3. Черновое шлифование торцов		3. Термообработка - закалка и отпуск	
4. Чистовое шлифование торцов		4. Черновое шлифование торцов	
5. Вырезание замка	5. Копирующее обтачивание и растачивание	5. Чистовое шлифование торцов	
6. Черновое обтачивание и растачивание	6. Вырезание замка	6. Вырезание замка	6. Копирующее обтачивание
7. Черновое калибрование замка		7. Черновое калибрование замка	7. Вырезание замка
8. Чистовое обтачивание и растачивание		8. Термофиксация	8. Черновое калибрование замка
9. Чистовое калибрование замка		9. Чистовое круглое обтачивание и растачивание	
10. Профилирование		10. Чистовое калибрование замка	
11. Подготовка под хромирование		11. Профилирование	
12. Финишные операции		12. Подготовка под хромирование	
		13. Финишные операции	

Обработка осуществляется на специальных торцешлифовальных станках (например, на станках моделей А-954, А-946, СА-ЗМ, 3317). На всех станках предусмотрено одновременное шлифование всех торцов колец, движущихся непрерывно между абразивными кругами.

Шероховатость шлифованной поверхности, стойкость круга, производительность шлифования зависят от свойств обрабатываемого материала, припуска, снимаемого за каждый проход, характеристики абразивных кругов. Частота вращения кругов равна 760 мин^{-1} , а продольная подача 13...15 м/мин.

После шлифования торцов и промывки колец для удаления следов абразивов и предохранения от коррозии выполняется одна из

важнейших операций механической обработки - одновременное копировальное обтачивание и растачивание пакета колец. Эта операция осуществляется на специальных станках (типа МК-611). Набор пакета колец (30...50 шт.), ориентированных по лунке на внутренней поверхности кольца у замка, осуществляется на специальных приспособлениях, которые имеют валик с диаметром, близким к диаметру технологической лунки на заготовках, вращающихся с частотой 250...300 мин⁻¹. Устанавливаемые на валик заготовки обкатываются по нему до момента совпадения лунки с валиком и остаются зафиксированными в таком положении.

Зажим пакета колец на операции одновременного обтачивания и растачивания осуществляется по торцам.

Схема одновременного обтачивания и растачивания поршневых колец приведена на рис. 6 [6]. Производительность станка в зависимости от диаметра и высоты кольца 400...2200 шт./мин.

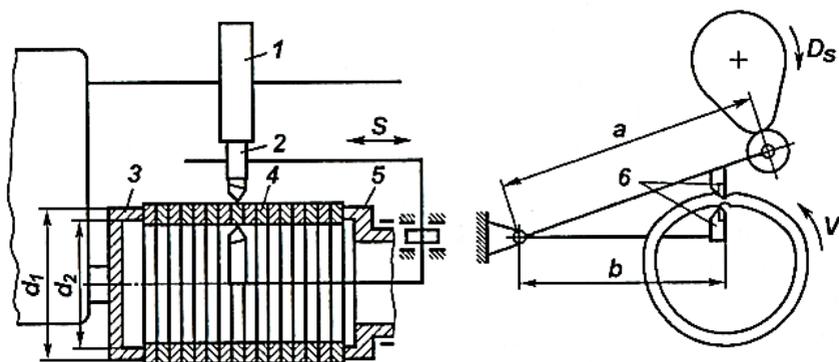


Рис. 6. Схема копировального устройства для обработки заготовок колец:

1 - Кулачок; 2 - Резцедержатель с резцом; 3 и 5 - Зажимные чашки; 4 - Пакет поршневых колец; 6 - Резцы;

a и b - Расстояния от поворотного шарнира до копировального ролика и резцов, соответственно; d_1 и d_2 - Наружный и внутренний диаметры опорной поверхности чашки, соответственно; S - Подача; D_s - движение подачи (вращение кулачка); V - скорость главного движения резания

Обработка поверхностей замка.

Вырезание замка производят после копировального обтачивания и растачивания. Пакет заготовок устанавливается при помощи

струбины на приспособление к станку (типа ДФ-560) и ориентируется так, чтобы лунки по внутреннему диаметру заготовок находились между фрезами. После закрепления пакета струбина снимается. Расстояние между наружными режущими кромками фрез выбирается исходя из расчетного размера замка в свободном состоянии и с учетом припуска на дальнейшее калибрование замка.

Калибрование замка может производиться на полуавтоматических станках различной конструкции. Пакет предварительно ориентированных колец 1 (рис. 7) закладывается в вырез неподвижного стакана 3 с заходным конусом и сужающейся направляющей шпонкой 2. В рабочем стакане кольцо обжимается от диаметра $d_{вх}$ до требуемого рабочего диаметра $d_{раб}$ и шпонкой ориентируется относительно фрезы для калибрования с двух сторон. В зоне выхода из рабочего стакана замок калибруется вращающейся фрезой, после чего кольцо попадает на кольцевулавливатель. Операции калибрования замка выполняются на специальных горизонтально-фрезерных автоматах, при этом в каждом случае задается стыковой зазор в замке, который необходимо получить при определенных диаметрах калибра кольца.

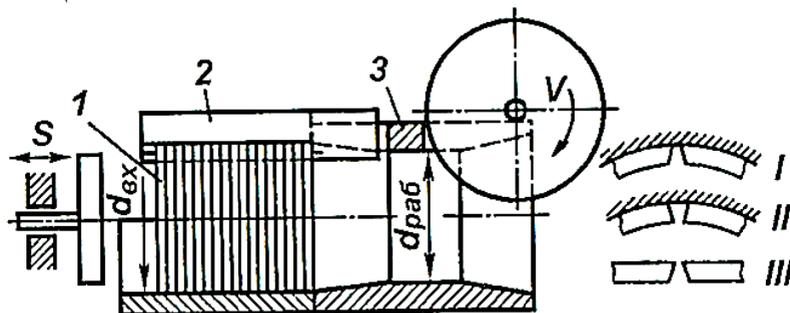


Рис. 7. Схема устройства для калибрования замка:

I - Фрезой увеличенной толщины; II - Фрезой уменьшенной толщины; III - В зоне выходного конуса устройства

При изготовлении поршневых колец по методу выреза части кольца, который характеризуется высоким качеством деталей и малыми отходами металла, пользуются следующим планом обработки (табл. 2).

План обработки по методу выреза части кольца

Материал – чугун СЧ 21-40; заготовка – индивидуальная отливка Ø210 мм		
Номер операции	Наименование операции	Станок или иное рабочее место
005	Обдирочное шлифование	Шлифовальный станок СА-3М
010	Термообработка для снятия напряжений	Термический цех. Печь
015	Черновое шлифование	Шлифовальный станок СА-3М
020	Чистовое шлифование	
025	Копирное обтачивание и растачивание	Специальный станок МК-611
030	Вырезание замка	Фрезерный станок ДФ-560
035	Черновое калибрование замка	Фрезерный полуавтомат ВФ-118
040	Чистовое обтачивание и растачивание	Специальный станок МК-611
045	Чистовое калибрование	Фрезерный станок ДФ-560
050	Профилирование	Специальный станок МК-611
055	Хонингование	Хонинговальный станок ЗГ833

При изготовлении поршневых колец возможно применение специального оборудования (патент №397269), которое относится к специальным станкам (рис. 8), предназначенным для обтачивания кольцевых изделий, например поршневых колец.

Главное преимущество использования такого специального станка - полная токарная обработка кольца с одного установа.

Это достигается тем, что на качающемся суппорте, несущем резцы для растачивания кольца, смонтированы салазки, несущие блок резцов для наружного обтачивания. Салазки выполнены с возможностью поступательного перемещения под углом к направлению движения суппорта и взаимодействуют с упором, закрепленным на станине. Качающийся суппорт установлен под шпинделем и связан с закрепленным на шпинделе копиром.

На данном станке можно производить следующие операции по обработке чугунного поршневого кольца в условиях серийного производства:

- копировальное обтачивание наружного диаметра,
- протачивание скребковой канавки и минутного угла,
- снятие фасок,

- копировальное растачивание внутреннего диаметра,
 - протачивание торсионной канавки.
- Кроме этого, на станке можно фрезеровать замок.

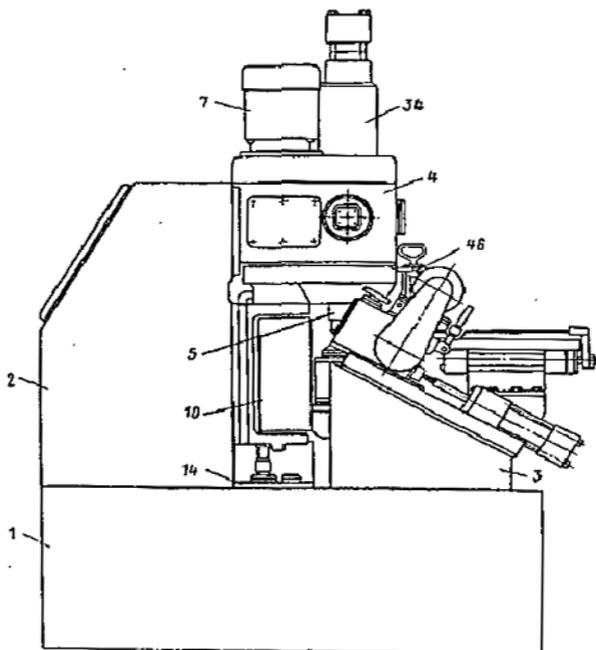


Рис. 8. Специальный станок для обтачивания кольцевых изделий

Применение специального станка для обработки поршневых колец позволяет повысить эффективность плана обработки (табл. 3).

План обработки с учетом применения специального станка

Материал – чугун СЧ 21–40; заготовка – индивидуальная отливка Ø210 мм			
Номер операции	Наименование операции	Станок или иное рабочее место	Станок или иное рабочее место
005	Обдирочное шлифование	Шлифовальный станок СА-3М	Шлифовальный станок СА-3М
010	Термообработка для снятия напряжений	Термический цех. Печь	Термический цех. Печь
015	Черновое шлифование	Шлифовальный станок СА-3М	Шлифовальный станок СА-3М
020	Чистовое шлифование		
025	Копирное обтачивание и растачивание	Специальный станок МК-611	Специальный станок для обработки поршневых колец (патент №397269)
030	Вырезание замка	Фрезерный станок ДФ-560	
035	Черновое калибрование замка	Фрезерный полуавтомат ВФ-118	
040	Чистовое обтачивание и растачивание	Специальный станок МК-611	
045	Чистовое калибрование	Фрезерный станок ДФ-560	
050	Профилирование	Специальный станок МК-611	
055	Хонингование	Хонинговальный станок ЗГ833	Хонинговальный станок ЗГ833

При получении необходимой формы кольца в свободном состоянии методом обработки заготовок по копиру на токарных станках с вертикальным шпинделем требуется специальное устройство, которое позволит точно позиционировать поршневые кольца на рабочем столе в автоматизированном режиме.

Устройство (рис. 9) представляет собой гидроцилиндр 1, шток которого соединен со штангой 2. На конце штанги находится оправка 3, имеющая форму, схожую с формой внутреннего диаметра кольца равномерного радиального давления. Оправка соединена со штангой резьбой и закреплена шплинтом с целью предотвращения самоотвинчивания. При поступлении на рабочий стол 4 заготовки

под поршневое кольцо 5, штанга под действием гидроцилиндра начинает движение вниз, ориентируя заготовку оправкой в радиальном направлении, необходимом для копировального точения, а в вертикальном направлении прижимом 6.

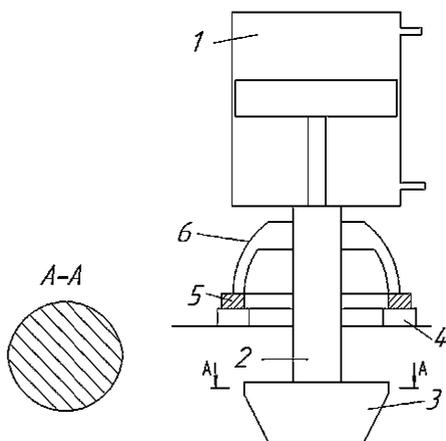


Рис. 9. Схема устройства для радиальной ориентации поршневых колец

Устройство позволяет повысить точность позиционирования заготовки на рабочем столе за счет сложного профиля оправки, предотвратить возможные погрешности при загрузке заготовок в магазин, автоматизировать технологический процесс токарной и фрезерной обработки поршневых колец.

Возможность смены оправки, позволяет обрабатывать поршневые кольца различного диаметра с использованием предлагаемого устройства.

Эпюры давлений поршневого кольца

Рассмотрим эпюры радиальных давлений поршневого кольца. На рис. 10 показаны основные параметры поршневых колец.

Давление кольца на цилиндр - это результат взаимодействия зазора кольца в свободном состоянии, зазора кольца в рабочем со-

стоянии, толщины стенки кольца и модуля упругости материала кольца. Давление - это комбинация сил, действующих на кольцо в двигателе внутреннего сгорания и ответственных за удержание кольца в контакте с цилиндром.

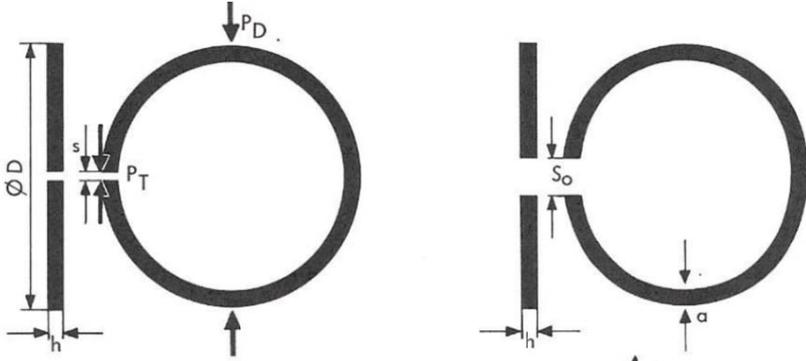


Рис. 10. Основные параметры поршневых колец:

D – Диаметр кольца; h – Высота кольца; a – Толщина стенки кольца; D – Диаметр кольца; h – Высота кольца; a – Толщина стенки кольца; P_T – Тангенциальное давление; P_D - Диаметральное (радиальное) давление

Давление может быть тангенциальным и радиальным:

- тангенциальное давление P_T – сила приложена к зазору для получения зазора кольца в рабочем состоянии;

- диаметральное (радиальное) давление P_D - сила приложена под углом 90° к зазору для получения зазора кольца в рабочем состоянии.

Способность сжатия кольца также часто определяется, как доля диаметра.

Когда модуль упругости известен, P_T и P_D могут быть рассчитаны по приведенной ниже формуле:

$$P_T = \frac{E \cdot h \cdot f \cdot D}{14,14 \left(\frac{D}{a} - 1\right)^3};$$

$$P_D = 2,63 P_T.$$

Термин «давление на стенку цилиндра» используется для обозначения давления поршневого кольца на стенку цилиндра, вызванного сжатием поршневого кольца.

Давление на стенку цилиндра, которое обычно измеряется в $\text{кПа}/\text{см}^2$ - это отношение модуля упругости материала кольца E к способности сжатия кольца f и к отношению диаметра D и толщины кольца h :

$$p = \frac{200 \cdot P_T}{h \cdot D} = \frac{76 \cdot P_D}{h \cdot D}.$$

Рассмотрим характеристики эпюр.

Позитивная овальная форма (рис. 11). Повышенное давление на стенку цилиндра в зоне зазора. Слабое уплотнение. Высокая производительность в четырехтактных двигателях. Повышенное давление кольца на стенки цилиндра в зоне зазора приводит к демпфированию концов кольца, предотвращает вибрации концов на высоких оборотах двигателя.

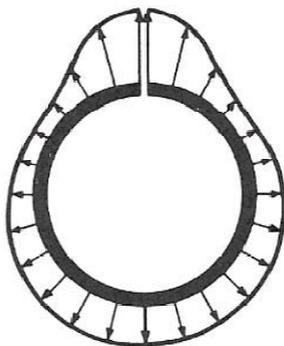


Рис. 11. Позитивная овальная эпюра

Нулевая овальная форма (рис. 12). Равномерное распределение давления по всей окружности. Слабое уплотнение. Поршневые кольца для компрессоров, пневматических и гидравлических цилиндров и насосов. Маслосборные кольца, уплотнительные кольца и

кольца с газодерживающими замками для двухтактных двигателей с продувочными окнами.

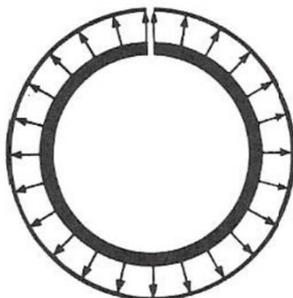


Рис. 12. Нулевая овальная эпюра

Негативная овальная форма (рис. 13). Пониженное давление на стенки цилиндра на концах кольца. Слабое уплотнение. Двухтактные двигатели с отверстиями в гильзе цилиндра и кольцами, незафиксированными от вращения. Поршневые кольца показывают меньшую тенденцию к залеганию, когда проходят продувочное окно.

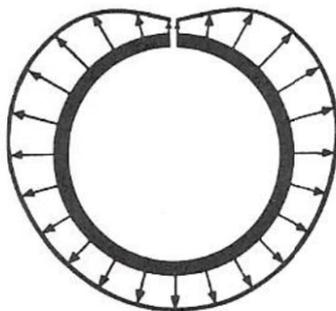


Рис. 13. Негативная овальная эпюра

Негативная овальная форма (рис. 14). Концы поршневого кольца без давления на стенки цилиндра согласно специфике двигателя. Кольца для больших двухтактных дизелей морских судов с от-

верстями в гильзах цилиндров. Кольца не зафиксированы от вращения.

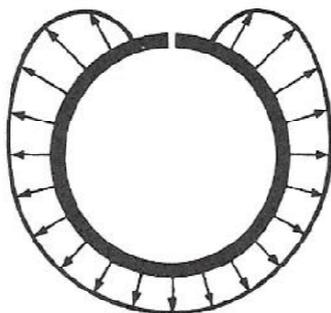


Рис.14. Негативная овальная эпюра

Обратная нулевая овальная форма (рис. 15). Поршневое кольцо равномерно сжимается по всей окружности. Уплотнительные кольца для шатунов, для высокого давления в гидравлических и пневматических цилиндрах. Также уплотнительные кольца в штоках поршней больших двигателей (соединяющих кресткопф с шатуном).

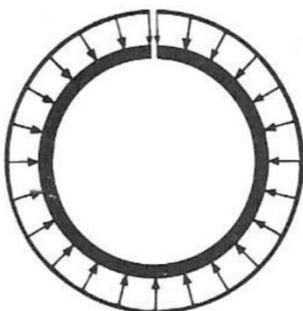


Рис. 15. Обратная нулевая овальная эпюра

Создание эпюры радиальных давлений проводят сначала теоретически с помощью вычислений, а затем измеряют радиальные давления на опытном образце с помощью измерительных устройств,

эпюры совмещают и делают вывод о допустимости полученных погрешностей, целесообразности применяемой технологии (рис. 16).

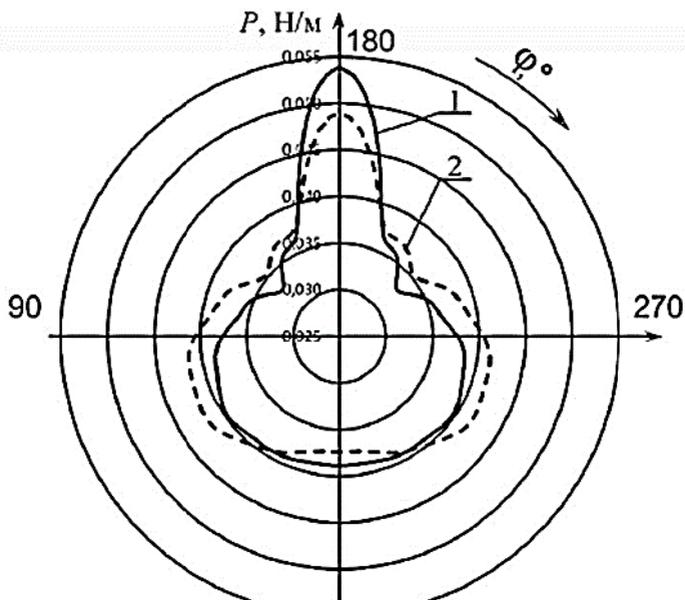


Рис. 16. Ожидаемая и реальная эпюра радиальных давлений поршневого кольца

Методы контроля качества изготовления поршневых колец

При изготовлении поршневых колец должны быть обеспечены следующие требования:

1. Упругие свойства, которые соответствовали бы увеличению рабочего зазора в замке a до зазора a_0 в свободном состоянии (рис. 17).

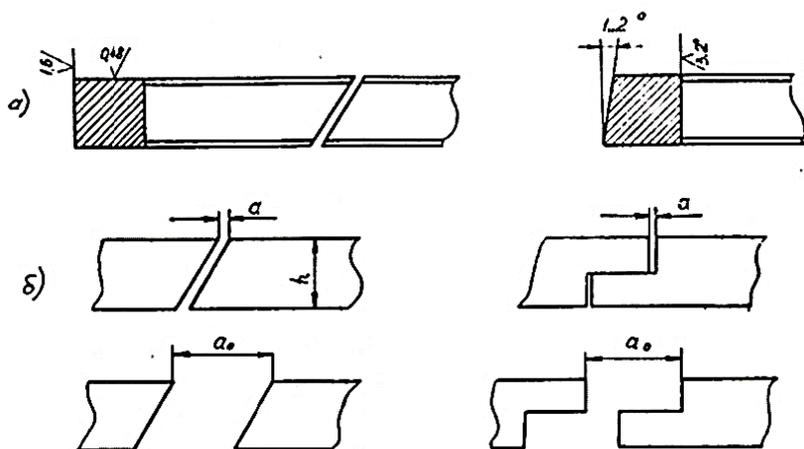


Рис. 17. Поршневые кольца в свободном состоянии

Обычно зазор в замке в свободном состоянии:

$$a_0 = (0,1 \dots 0,12)D,$$

где D - диаметр цилиндра. Рабочий зазор a , компенсирующий расширение кольца в цилиндре, примерно равен:

$$a \approx (0,003 \dots 0,006)D.$$

Упругость кольца определяют в специальном приспособлении (рис. 18) по усилию, которое необходимо, чтобы свести его концы до зазора a .

2. Правильность формы кольца (цилиндричность) в сжатом состоянии. Этим достигается плотное прилегание кольца к стенке цилиндра. Проверку проводят в кольцевом калибре на свет. В местах наибольшего просвета зазор, измеряемый щупом, не должен превышать 0,03 мм.

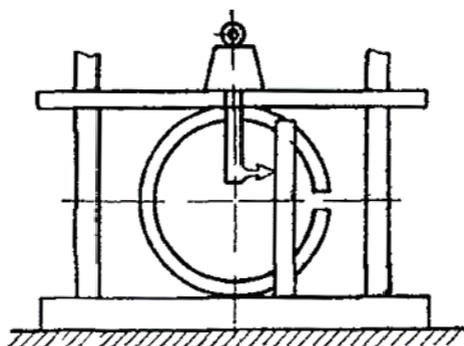


Рис. 18. Приспособление для проверки упругости поршневых колец

3. Равномерное радиальное давление по всей окружности. Значительное отклонение от этого условия может вызвать неравномерный износ колец и цилиндров. Распределение радиальных давлений проверяют в лабораторной обстановке на сравнительно сложных приборах. Поршневое кольцо в сжатом состоянии заводится в кольцеобразное устройство, у которого в радиальном направлении расположены иглы динамометров или плунжеры масляных цилиндров, соединенных с манометрами.

Элементарную проверку осуществляют стягиванием кольца гибкой стальной лентой. Кольцо, оказывающее неравномерное давление на стенки цилиндра, в таком сжато-свободном состоянии принимает несколько овальную форму. Если при этом разность диаметров, измеренных по замку и в перпендикулярном направлении, не превышает десятых долей миллиметра у мелких колец и 1 мм у крупных колец, такие кольца считают удовлетворительными.

4. Правильность торцовых плоскостей и отсутствие коробления. Для проверки кольцо пропускают между двумя вертикально расположенными плитками. Зазор между плитками устанавливают по наибольшему предельному размеру кольца по высоте h с учетом допуска на коробление, равного $0,02 \dots 0,03$ мм.

5. Правильность размеров кольца.

Испытания колец проводят с помощью специальных измерительных устройств (рис. 19-21).

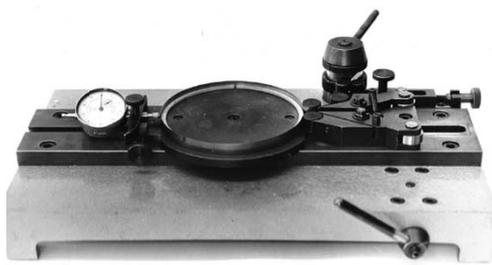


Рис. 19. Устройство для измерения радиального давления

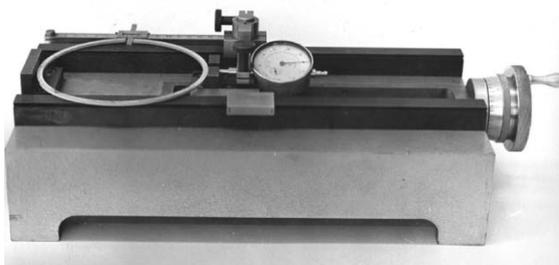


Рис. 20. Устройство для проверки зазора в замке

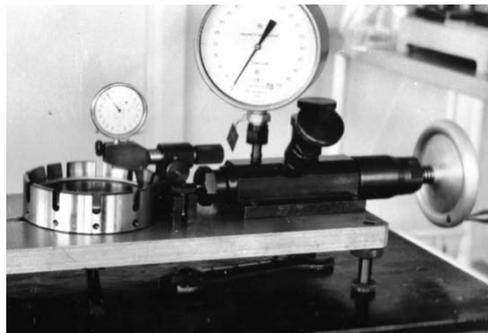


Рис. 21. Устройство для измерения упругих свойств кольца

3.3 Заключение

Раздел «Заключение» является окончательным разделом курсовой работы. В данном разделе необходимо сформулировать итог реализации поставленных цели и задач курсовой работы.

Пример выполнения раздела «Заключение»

В рамках курсовой работы на тему «Повышение точности и качества изготовления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при использовании специализированного оборудования» для реализации поставленной цели - обеспечение необходимого качества изготовления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при использовании специализированного оборудования - были выполнены следующие задачи:

- проведен анализ конструкции и условий работы поршневых колец;
- рассмотрены основные методы получения профиля поршневых колец с обоснованием преимуществ и недостатков этих методов;
- выбраны и обоснованы технологические методы обеспечения формы поршневого кольца в свободном состоянии;
- рассмотрены методы контроля качества при изготовлении поршневых колец.

Список использованной литературы

1. *Гилев А.В.* Основы эксплуатации горных машин и оборудования / А.В. Гилев, В.Г. Чесноков, Н.Б. Лаврова и др. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2011. - 276 с.
2. *Дащенко А.И.* Технология двигателестроения: Учебник / А.И. Дащенко, В.И. Гладков, П.Е. Елхов и др. – М.: Изд-во МГТУ «МАМИ», 2001. – 496 с.
3. *Дроздов Ю.Н.* Прикладная трибология (трение, износ и смазка) / Ю.Н. Дроздов, Е.Г. Юдин, А.И. Белов. - М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2010. – 604 с.
4. *Дубинин А.Д.* Трение и износ в деталях машин. Изд 3-е, перераб и доп. - Киев-М., 2010. - 136 с.
5. *Молдаванов В.П.* Производство поршневых колец двигателей внутреннего сгорания / В.П. Молдаванов, А.Р. Пикман, В.Х. Авербух. - М.: Машиностроение, 2001. - 199 с.
6. *Орлов П.И.* Конструкция и расчет деталей авиационных двигателей. – М.: Отдельное издание. ГИОП, 2012. - 680 с.

4 Библиографический список

Основной

1. *Кане М.М.* Управление качеством продукции машиностроения: учебное пособие [Электронный ресурс] / М.М. Кане [и др.]. - М.: Машиностроение, 2010. - 416 с.
<https://e.lanbook.com/book/764>.
2. *Веткасов Н.И.* Статистические методы управления качеством продукции в машиностроении: Сборник лабораторных работ / Н.И. Веткасов. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. - 40 с.
3. *Ефимов В.В.* Статистические методы в управлении качеством продукции [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КноРус, 2013. - 240 с.
<https://e.lanbook.com/book/53547>.
4. *Аристов О.В.* Управление качеством: Учеб. пособие для вузов / О.В. Аристов. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 240 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=125985>.

5. *Бочкарев П.Ю.* Оценка производственной технологичности деталей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.Ю. Бочкарев, Л.Г. Бокова. – СПб.: Лань, 2017. — 132 с.

<https://e.lanbook.com/book/93584>.

Дополнительный

5. *Максаров В.В.* Технологические основы обеспечения качества изделий в машиностроении: учеб. пособие / В.В. Максаров, В.А.Красный. - СПб.: Политехника-принт, 2017. - 173 с.

6. *Ирзаев Г.Х.* Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий [Электронный ресурс]: монография - Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. - 192 с.

<https://e.lanbook.com/book/65138>.

7. ГОСТ Р50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М.: ИП К. Издательство стандартов, 1999. – 40 с.

8. ГОСТ Р51814.3-2001. Системы качества в автомобилестроении. Методы статистического управления процессами. – М.: ИПК. Издательство стандартов, 2001. - 34 с.

9. *Ефимов В.В.* Статистические методы в управлении качеством продукции / В.В Ефимов, Т.В. Барт. - М.: КНО РУС, 2006. – 136 с.

Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>.

2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.

3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>.

4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>.

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>. <https://e.lanbook.com/books>.
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru.
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань».
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ).
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>.
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru>.
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru>.

Содержание

1 Цель и задачи курсовой работы	3
2 Задание на курсовую работу	3
Примерные темы курсовых работ:.....	4
3 Пример выполнения курсовой работы	6
«Повышение точности и качества изготовления поршневых колец двигателей внутреннего сгорания при использовании специализированного оборудования»	6
3.1 Введение Пример выполнения раздела «Введение»	6
3.2 Раздел 1	7
Пример выполнения Раздела 1 Основные виды поршневых колец ДВС	8
Пример выполнения Раздела 2 Методы получения профиля поршневых колец, преимущества и недостатки методов	12
3.3 Заключение.....	33
Список использованной литературы	34
4 Библиографический список.....	34
Основной	34
Дополнительный.....	35
Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно- справочные и поисковые системы	35

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические указания к курсовой работе
для студентов магистратуры направления 15.04.01*

Сост.: *А.Д. Халимоненко, В.П. Захарова, Д.Д. Максимов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
машиностроения

Ответственный за выпуск *А.Д. Халимоненко*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 17.12.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отт. 2,2. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 30 экз. Заказ 1143.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2