Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

С. Б. Перетятко

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА – ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА

Учебно-методическое пособие по практике для студентов, обучающихся
в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.01 Машиностроение

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2025

УДК 621.91

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания
ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Перетятко, С. Б.

Учебная практика – эксплуатационная практика: учеб.-методич. пособие по практике для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.01 Машиностроение / С. Б. Перетятко. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2025. – 55 с.

В учебно-методическом пособии по эксплуатационной (учебной) практике представлены учебно-методические материалы по освоению тем учебной практики – эксплуатационной практики, включающие тематический план по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, отражены рекомендации по оформлению отчета о прохождении практики.

Табл. 2, список лит. – 14 наименований

Учебно-методическое пособие по практике рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 мая 2025 г., протокол № 5

УДК 621.91

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2025 г.
© Перетятко С. Б., 2025 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Методические рекомендации по практике.....	7
Тема 1. Классификация станков, практическое изучение их компоновки и технологических возможностей	8
Тема 2. Измерения в машиностроении. Овладение практическими приемами пользования примитивными приборами и устройствами	14
Тема 3. Металлорежущие инструменты и их геометрические характеристики. Режимы резания	17
Тема 4. Обработка на токарных станках	24
Тема 5. Обработка на фрезерных станках	27
Тема 6. Обработка на сверлильных станках	31
Тема 7. Заточные операции на заточном оборудовании. Особенности заточки резцов, фрез, осевого инструмента.....	35
Тема 8. Ознакомление с зубообрабатывающим оборудованием. Измерение геометрических параметров нарезного зубчатого колеса.....	39
Тема 9. Слесарные операции и их практическое освоение. Разметка, опиловка в угол, сверление, измерение погрешности.....	42
Тема 10. Подготовка отчета, защита отчета	50
Библиографический список	54

ВВЕДЕНИЕ

Учебная практика является неотъемлемой частью подготовки будущих специалистов в области машиностроения. Она направлена на закрепление теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения, и приобретение практических навыков работы в реальных производственных условиях. В ходе практики студенты имеют возможность ознакомиться с современным оборудованием, технологиями производства, организацией труда на предприятиях машиностроительной отрасли, а также применить полученные знания на практике.

Методические указания содержат необходимую информацию о целях, задачах, содержании и порядке прохождения практики, а также требования к оформлению отчетной документации. Эти материалы помогут студентам эффективно организовать свою работу, получить максимум пользы от практики и успешно завершить этот важный этап обучения.

Практика способствует формированию профессиональных компетенций, необходимых для успешной карьеры в машиностроении, и помогает студентам лучше понять специфику будущей профессиональной деятельности.

«Учебная практика – эксплуатационная практика» – дисциплина образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение.

Учебная практика по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение направлена на получение первичных профессиональных навыков и опыта профессиональной деятельности по профилю «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

Целью учебной практики является приобретение практических навыков по следующим направлениям:

- обработка на токарных станках;
- обработка на фрезерных станках;
- обработка на сверлильных станках;
- заточные операции на заточном оборудовании;
- ознакомление с зубообрабатывающим оборудованием и технологической операцией зубонарезания;
- слесарные операции и их практическое освоение.

Задачами дисциплины являются следующие:

- приобрести практические навыки работы на металлообрабатывающем оборудовании;
- освоить практические приемы слесарной обработки;
- получить начальные, базовые знания по типовым представителям металлообрабатывающих станков;
- получить представление о металлорежущих инструментах, их геометрических параметрах;
- получить навыки осуществления контрольно-измерительных операций, ознакомиться с контрольно-измерительным оборудованием специализированной лаборатории кафедры;

– получить первые навыки в разработке технологического процесса на обработанные, согласно индивидуальному заданию, детали.

Результатами прохождения практики является поэтапное формирование требуемых компетенций у обучающихся.

В результате прохождения практики студент должен:

знать:

– начальные, базовые сведения по типовым представителям металлообрабатывающих станков, режущему инструменту, вспомогательной оснастке, режимам резания;

– практические приемы слесарной обработки;

– контрольно-измерительное оборудование;

– металлорежущие инструменты, их геометрические параметры;

– начальные, базовые сведения по технологической документации;

– прогрессивные тенденции в развитии со временных способов обработки материалов;

уметь:

– проводить технические измерения обработанных деталей с помощью контрольно-измерительных средств;

– осуществлять выбор необходимого, согласно техпроцессу, инструмента и устанавливать его на станок;

– составлять рабочие эскизы деталей;

– оценивать на базе выделенных классификационных признаков достоинства и недостатки различных способов обработки;

владеть:

– методами и инструментами для осуществления контрольно-измерительных операций;

– навыками чтения технологической и конструкторской документации;

– навыками выделения отличительных признаков в предлагаемых патентных решениях;

приобрести опыт:

– навыков работы на металлообрабатывающем оборудовании, освоения практических приемов слесарной обработки;

– разработки технологического процесса на обработанные, согласно выданному студенту индивидуальному заданию, детали;

– в оформлении патентной документации.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся тестовые задания открытого и закрытого типов. Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при не прохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования.

Универсальная система оценивания результатов обучения приведена в таблице 1 и включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную

систему.

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаниями и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения учебной практики – эксплуатационной практики

в учебно-методическом пособии приводится краткое содержание каждой темы, перечень вопросов для подготовки к защите отчета и организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по написанию отчета о прохождении практики.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИКЕ

Учебная практика – эксплуатационная практика» – по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение может проходить на базе предприятия или в КГТУ. Базами практики являются учебно-производственные мастерские кафедры инжиниринга технологического оборудования в ФГБОУ ВО «КГТУ», передовые машиностроительные предприятия.

Проходя учебную практику, студент должен научиться работать на занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале занятия необходимо уяснить цель занятия. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний.

Учебная практика – эксплуатационная практика входит в состав обязательной части основной профессиональной образовательной программы бакалавриата и проводится после теоретического обучения и экзаменационной сессии в четвертом семестре по очной форме обучения и параллельно с теоретическим обучением на втором курсе по заочной форме обучения.

Трудоемкость учебной практики – эксплуатационной практики составляет 6 зачётных единиц (ЗЕТ), 216 академических часа (162 астр. часа) контактной работы. Продолжительность практики по очной форме обучения составляет в четвертом семестре – 4 недели. Продолжительность практики по заочной форме обучения составляет на втором курсе 216 академических часов.

Форма аттестации по практике – дифференцированный зачет (зачёт с оценкой).

Содержание практики формируется на основе планируемых результатов обучения, соотнесённых с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО, и представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание и примерный рабочий график (план) учебной практики – эксплуатационной практики по очной форме обучения

Разделы (этапы) практики и их содержание
1. Введение. Классификация станков, обозначение и его расшифровка, компоновки, технологические возможности
2. Измерения в машиностроении. Овладение практическими приемами пользования примитивными приборами и устройствами

Разделы (этапы) практики и их содержание
3. Металлорежущие инструменты и их геометрические характеристики. Режимы резания
4. Обработка на токарных станках. Изготовление детали согласно индивидуальному заданию
5. Обработка на фрезерных станках. Изготовление детали согласно индивидуальному заданию
6. Обработка на сверлильных станках. Изготовление детали согласно индивидуальному заданию
7. Заточные операции на заточном оборудовании. Особенности заточки резцов, фрез, осевого инструмента
8. Ознакомление с зубообрабатывающим оборудованием. Измерение геометрических параметров нарезного зубчатого колеса
9. Слесарные операции и их практическое освоение. Разметка, опиловка в угол, сверление, измерение погрешности
10. Экскурсионная часть
11. Подготовка отчета, защита отчета

Содержание каждого занятия представлены ниже.

Тема 1. Классификация станков, практическое изучение их компоновки и технологических возможностей

Ключевые вопросы темы

1. Теоретическая часть:

- ознакомление с целями и задачами практики, программой и организацией работы, требования к технике безопасности при выполнении работы;
- классификация металлорежущих станков по технологическим признакам, по степеням универсальности, по точности;
- обозначение станков, согласно российской системе, в том числе станков с ЧПУ, примеры типовых обозначений.

2. Практическая часть:

- ознакомление с оборудованием кафедральной лаборатории металлорежущих станков и учебных станков с ЧПУ.

Ключевые понятия: классификация станков, станки с ЧПУ.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

Металлообрабатывающий станок – это машина, предназначенная для обработки заготовок в целях образования заданных поверхностей путем снятия стружки или путем пластической деформации. Обработка производится преимущественно путем резания лезвийным или абразивным инструментом.

Для обозначения моделей станков, выпускаемых серийно, принята система, основанная на классификации. Согласно этой классификации, все станки в зависимости от вида технологических операций, выполняемых на них, или применяемого инструмента подразделяются на девять групп.

Главным признаком объединения станков в группы является идентичность выполняемых технологических операций, например, токарных сверлильных фрезерных и т. д. Выделяют следующие группы станков: 1 – токарные; 2 – сверлильные; 3 – шлифовальные; 4 – комбинированные; 5 – зубо и рыбообрабатывающие; 6 – фрезерные; 7 – строгальные, долбежные и протяжные; 8 – станки заготовительных производств; 9 – разные.

Каждая группа станков делится на девять типов по следующим основным признакам:

- по количеству исполнительных органов одинакового назначения (многошпиндельные и т. д.);
- по типу инструмента (зубодолбежные и т. д.);
- по компоновке (вертикально шпиндельные, горизонтально шпиндельные, одностоечные и т. д.);
- по типу обрабатываемых поверхностей (круглошлифовальные, плоскошлифовальные и т. д.) Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от вида операции и некоторых других факторов.

По степени универсальности различают следующие станки – универсальные, которые используют для изготовления деталей широкой номенклатуры с большой разницей в размерах. Такие станки приспособлены для различных технологических операций.

Станки, используемые для очень большого диапазона работ, называют широкоуниверсальными. К универсальным станкам относят, например, токарно-винторезный станок 16К20.

Специализированные станки, которые предназначены для изготовления однотипных деталей, например, корпусных деталей, ступенчатых валов сходных по форме, но различных по размеру. К таким станкам относят, в частности, многолезцевые токарные, токарные для обработки коленчатых валов.

Специальные станки, которые предназначены для изготовления одной определенной детали или детали одной формы с небольшой разницей в размерах.

Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от типа производства. Станки специальные и специализированные обычно используются в автоматических линиях. По степени точности станки разделены на пять классов: Н – станки нормальной точности, к ним относят большинство универсальных станков; П – станки повышенной точности, изготавливаемые на базе станков нормальной точности, но при повышенных требованиях к точности изготовления ответственных деталей станка, качеству сборки и регулированию; В – станки высокой точности, достигаемой за счет специальной конструкции отдельных сборочных единиц, высоких требований к точности изготовления деталей, к качеству сборки и регулирова-

нию сборочных единиц и станка в целом; А – станки особо высокой точности, при их изготовлении предъявляют ещё более жесткие требования, чем при изготовлении станков класса В; С – особо точные или мастер-станки, предназначенные для изготовления деталей, определяющих точность станков классов А и В. В обозначение модели может входить буква, характеризующая точность станка: 16К20П – токарно-винторезный станок повышенной точности.

Данный признак классификации используется технологом при назначении станка в зависимости от требуемой точности обработки. Станки классов точности В, А и С должны эксплуатироваться в специальных помещениях (термоконстантные участки или цеха), в которых поддерживается стабильный температурный режим. Причем чем выше точность станка, тем жестче температурный режим помещения.

По степени автоматизации выделяют станки-автоматы и полуавтоматы. Автоматом называют такой станок, в котором после наладки все движения, необходимые для выполнения цикла обработки, в том числе загрузка заготовок и выгрузка готовых деталей, осуществляется автоматически, т. е. выполняются механизмами станка без участия оператора. Цикл работы полуавтомата выполняется также автоматически, за исключением загрузки-выгрузки, которые производит оператор, он же осуществляет пуск полуавтомата после загрузки каждой заготовки. С целью комплексной автоматизации для крупносерийного и массового производства создают автоматические линии и комплексы, объединяющие различные автоматы, а для мелкосерийного производства – гибкие производственные модули (ГПМ). Автоматизация мелкосерийного производства деталей достигается созданием станков с программным управлением (циклом), в обозначение моделей вводится буква Ц (или числовым буква Ф). Цифра после буквы Ф обозначает особенность системы управления; Ф1 – станок с цифровой индикацией (с показом чисел, отражающих, например, положение подвижного органа станка) и предварительным набором координат; Ф2 – станок с позиционной или прямоугольной системой; Ф3 – станок с контурной системой; Ф4 – станок с универсальной системой для позиционной и контурной обработки, например, модель 1Б732Ф3 – токарный станок с контурной системой ЧПУ.

По массе станки подразделяются на: легкие – до 1 т, средние – до 10 т, тяжелые – свыше 10 т. В свою очередь тяжелые станки подразделяются на:

- крупные – 10...30 т;
- собственно тяжелые – 30...100 тонн;
- уникальные – свыше 100 тонн.

Данный признак классификации используется в основном проектировщиками механосборочных цехов для установки в тех или иных пролетах грузоподъемных механизмов соответствующей грузоподъемности для установки и снятия заготовок на станок и со станка. От веса станка зависит так же способ его установки в цеху. Станки легкие и средние устанавливаются на общем полу цеха, а станки крупные и выше требуют специальных фундаментов для их установки.

Обозначение модели станка состоит из сочетания трех и четырех цифр и

букв. Первая цифра всегда обозначает номер группы по классификационной таблице, вторая – номер подгруппы. Последние одна или две цифры характеризуют один из важнейших размеров станка. В различных группах станков одни и те же последние цифры обозначают различные – наиболее характерные технологические параметры станка. Например, мод. 1136 обозначает токарный одношпиндельный автомат с наибольшим диаметром обрабатываемого прутка 36 мм, мод. 2135 – вертикально-сверлильный станок с наибольшим диаметром сверления 35 мм и т. д. Буква, стоящая после первой цифры, указывает на модернизацию основной базовой модели станка. Так, токарный автомат мод. 1A136 – это модернизированный станок мод. 1136; ступенчатый привод шпинделя заменен в модернизированной модели бесступенчатым. Наличие буквы в конце цифровой части обозначает модификацию (видоизменение) основной базовой модели. Так, на базе универсального токарно-винторезного станка мод. 1К62 выпускают его модификации: мод. 1К62А – с копировальным устройством, мод. 1К62Б – тот же станок, но повышенной точности, мод. 1К62Т – особо высокой точности, мод. 1К62М – с возможностью переключения скоростей и подач в процессе обработки, с автоматическим рабочим циклом, и копировальным и загрузочным устройствами.

Технические характеристики станков.

Станок, как сложная техническая система, имеет большое количество характеристик, которые можно разбить на четыре группы:

- геометрические характеристики;
- точностные характеристики;
- скоростные характеристики
- силовые характеристики

1. Геометрические характеристики.

К геометрическим характеристикам относятся:

- основной размер;
- размеры рабочего пространства (максимальные величины перемещений рабочих органов станка)
- основные присоединительные размеры
- габаритные размеры станка.

Рабочим пространством станка называется пространство, в котором размещается обрабатываемая деталь. В любую точку рабочего пространства может быть помещен инструмент при его перемещении и, или перемещении рабочего пространства. Таким образом, можно сказать, что размеры рабочего пространства определяются величиной наибольших перемещений исполнительных органов. Присоединительными размерами станка являются размеры поверхностей, по которым осуществляется присоединение приспособлений или обрабатываемой детали к рабочим органам станка.

2. Точностные характеристики.

К точностным характеристикам относятся:

- точность перемещения или позиционирования рабочих органов станка;
- точность вращения шпинделя (радиальное и осевое биение переднего конца);

- точность взаимного расположения рабочих органов станка (неперпендикулярность направляющих салазок и суппорта и т. д.);
- точность взаимного расположения отдельных конструктивных элементов деталей (отклонение от параллельности направляющих станины или стойки и т. д.).

3. Скоростные характеристики.

Для осуществления оптимальных режимов резания станки оснащают механизмами для регулирования скорости резания и подачи. Существуют два основных способа регулирования скорости: ступенчатое регулирование и бесступенчатое регулирование.

Ступенчатое регулирование нашло наибольшее распространение в металлорежущих станках и осуществляется при помощи множительных структур, которые создают геометрические ряды частот вращения (скоростей), которые являются экономически предпочтительными.

4. Силовые характеристики.

К силовым характеристикам станка относятся:

- мощность привода главного движения;
- мощность привода подач;
- мощность холостого хода;
- крутящие моменты

Технико-экономические показатели станков.

Для оценки качества станков пользуются системой технико-экономических показателей, наиболее важными из которых являются точность, производительность, надежность, экономическая эффективность, безопасность и удобство обслуживания. Имеют также значение универсальность, степень автоматизации, материалоемкость, габаритные размеры, патентоспособность и другие показатели.

Точность станка характеризуется его способностью обеспечить форму, размеры, взаимное расположение с допустимыми отклонениями, а также определенную шероховатость обработанных поверхностей изделия.

Производительность станка оценивают чаще всего числом деталей, которые можно изготовить в единицу времени при соблюдении требований к точности (штучная производительность).

Повышение производительности станка достигается, прежде всего, увеличением скорости движения, глубины резания, числа одновременно работающих инструментов, автоматизацией цикла работы.

Надежность станка является его свойством сохранять при правильной эксплуатации точность и производительность в заданных пределах, а также сохранять свои качества при правильном хранении и транспортировке.

Надежность станка характеризуется рядом показателей. Экономическая эффективность определяется сравнением приведенных затрат для нового и заменяемого станка. Приведенные затраты включают в себя себестоимость продукции, изготавливаемой на станке, и единовременные капитальные вложения (стоимость оборудования, здания и др.). Экономическая эффективность зависит в первую очередь от производительности станка.

Повышение точности станка выгодно, так как благодаря этому устраняется ручная доводка, повышается долговечность или улучшаются другие эксплуатационные качества изготавливаемых деталей.

Долговечность станка – свойство станка сохранять работоспособность в течение некоторого времени с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта до наступления предельного состояния.

Ремонтопригодность – свойство, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов и восстановлению работоспособности.

Гибкость – способность к быстрому переналаживанию. Она характеризуется универсальностью и переналаживаемостью.

Универсальность определяется числом разных деталей, подлежащих обработке на данном станке, или отношением количества деталей, выпущенных на станке за год к номенклатуре детали.

Переналаживаемость определяется затратами времени и средств на переналадку станка при переходе на обработку новой партии деталей.

В отчете по данному занятию необходимо представить перечень металлорежущих станков, установленных в кафедральной лаборатории. Перечень делать по следующей форме: эскиз компоновки станка с указанием основных узлов, рабочих органов, направления исполнительных движений; рядом с эскизом – шифр станка и его подробная расшифровка; назначение станка, область его применения, достигаемые точность и качество обработки деталей.

Вопросы для контроля

1. Дайте определение понятия «металлорежущий станок. Когда появились станки с ручным и механизированным приводом исполнительных движений, станки-автоматы, станки с числовым программным управлением.

2. Назовите основные группы металлорежущих станков и выполняемые на них технологические операции. Назовите характерные детали, которые обрабатываются на них или иных станках.

3. Расскажите о принципах составления шифра станков отечественного производства, в том числе и с числовым программным управлением. Приведите примеры шифрованного обозначения типовых станков, расшифруйте эти обозначения.

4. Какие виды компоновок используют для металлорежущих станков.

5. Нарисуйте эскизы компоновки (без детализации, упрощенно) и обозначьте на эскизе все крупные, базовые узлы, элементы конструкций типовых станков: токарного, фрезерного, сверлильного, плоскошлифовального, заточного.

6. Назовите основные исполнительные органы станков, их назначение, характер исполнительных движений и способы регулирования их скорости.

7. Каким образом на металлорежущих станках осуществляют, установку и закрепление: обрабатываемой заготовки и режущего инструмента. Показать и объяснить непосредственно на станочном оборудовании кафедры, используя токарный, фрезерный и сверлильный станок.

8. Каковы основные технологические критерии, по которым оценивают степень совершенства станка. Назовите примерные количественные характеристики этих критериев применительно к основным типам станков.

Тема 2. Измерения в машиностроении. Овладение практическими приемами пользования примитивными приборами и устройствами

Ключевые вопросы темы

1. Теоретическая часть:

– ознакомление с целями и задачами практики, программой и организацией работы;

– ознакомление с универсальными средствами измерения линейных и угловых размеров (штангенциркуль, микрометр, угломер); назначение и устройство, порядок отсчета измеренного размера по шкале средства измерения; метрологические характеристики;

– классификация металлорежущих станков по технологическим признакам, по степеням универсальности, по точности;

– обозначение станков, согласно российской системе, в том числе станков с ЧПУ, примеры типовых обозначений.

2. Практическая часть:

– ознакомление с оборудованием кафедральной лаборатории металлорежущих станков и учебных станков с ЧПУ.

Ключевые понятия: средства измерения, точность, геометрические параметры.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

Измерение (величины) – это процесс экспериментального получения одного или более значений величины, которые могут быть ей обоснованно приписаны. Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов.

Измерение предусматривает описание величины в соответствии с предполагаемым использованием результата измерения, методику измерений и средство измерений, функционирующее в соответствии с регламентированной методикой измерений и с учетом их условий.

Измеряемая величина – это величина, подлежащая измерению. Объект измерения – материальный объект или явление, характеризующиеся одной или несколькими измеряемыми и влияющими величинами. Примеры объекта измерения – вал, у которого измеряют диаметр; технологический процесс, во время которого измеряют температуру.

Принцип измерений – явление материального мира, положенное в основу измерения. Примеры: применение эффекта Доплера для измерения скорости; использование гравитационного притяжения при измерении массы взвешиванием.

Метод измерений – это прием или совокупность приемов сравнения измеряемой величины с ее единицей или соотнесения со шкалой в соответствии с реализованным принципом измерений. Например, метод сравнения (с мерой).

По способам сравнения измеряемой величины с ее единицей различают следующие методы измерений:

1. Метод непосредственной оценки – метод измерений, при котором значение величины определяют непосредственно по отсчетному устройству показывающего СИ (термометр, вольтметр и пр.). Суть метода непосредственной оценки, как любого метода измерения, состоит в сравнении измеряемой величины с мерой, принятой за единицу, но в этом случае мера заложена в измерительный прибор опосредованно. Он осуществляет преобразование входного сигнала измерительной информации, соответствующего всей измеряемой величине, после чего и происходит оценка ее значения.

2. Метод совпадений – сравнение с мерой. В нем значение измеряемой величины оценивают, используя совпадение ее с величиной, воспроизводимой мерой (т. е. с фиксированной отметкой на шкале физической величины). Примером этого метода является измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом. Метод совпадений часто применяется при измерениях параметров периодических процессов.

3. Дифференциальный метод измерений – измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, имеющей известное значение, незначительно отличающееся от значения измеряемой величины, при котором измеряется разность между этими двумя величинами. Пример: измерения, выполняемые при поверке мер длины сравнением с эталонной мерой на компараторе.

4. Метод сравнения (с мерой) – измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой. Пример: измерение массы на рычажных весах с уравновешиванием гирями (мерами массы с известными значениями).

Существует ряд разновидностей метода сравнения с мерой.

По условиям измерения различают следующие методы измерений:

1) контактный, основанный на том, что чувствительный элемент прибора приводится в контакт с объектом измерения. Пример: измерение диаметра вала измерительной скобой.

2) бесконтактный, основанный на том, что чувствительный элемент СИ не приводится в контакт с объектом измерения (измерение расстояния радиолокатором, дальномером).

Методика (выполнения) измерений – установленная логическая последовательность операций и правил при измерении, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений в соответствии с принятым методом измерений. Обычно она регламентируется каким-либо нормативным документом.

Результат (измерения величины) – множество значений величины, приписываемых измеряемой величине вместе с любой другой доступной и существенной информацией. Определение понятия результата измерения

претерпело существенное изменение по сравнению с определением РМГ 29–99 и вобрало в себя выражение точности измерения. Информация, приводимая в результате измерения, определяется особенностями конкретного измерения и соответствует требованиям, предъявляемым к нему измерению.

В большинстве случаев информация относится к точности измерения и выражается показателями точности, в обоснованных случаях содержит указание методики измерений и др. Результат измерения может быть представлен измеренным значением величины с указанием соответствующего показателя точности. К ним относятся, например, среднее квадратическое отклонение, доверительные границы погрешности, стандартная неопределенность измерений, суммарная стандартная и расширенная неопределенности.

Если значение показателя точности измерений можно считать пренебрежимо малым для заданной цели измерения, то результат измерения будет выражаться как одно измеренное значение величины. Во многих областях это является обычным способом выражения результата измерения, с указанием класса точности применяемого средства измерений.

По ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 результат измерений – значение характеристики, полученное выполнением регламентированного метода измерений.

Измеренное значение (величины) – значение величины, которое представляет результат измерения. Для измерения, в котором имеют место повторные показания, каждое из них может использоваться, чтобы получить соответствующее измеренное значение величины.

Такая совокупность отдельных измеренных значений величины может быть применена при вычислении результирующего измеренного значения величины, такого как среднее арифметическое или медиана, обычно с меньшей соответствующей неопределенностью (погрешностью) измерений.

Когда диапазон истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, мал по сравнению с неопределенностью (погрешностью) измерений, измеренное значение величины может рассматриваться как оценка, по сути, единственного истинного значения величины. Оно часто представляет собой среднее арифметическое или медиану отдельных измеренных значений, которые получены при повторных измерениях.

В случае, когда диапазон истинных значений величины, представляющих измеряемую величину, нельзя считать малым по сравнению с неопределенностью (погрешностью) измерений, измеренное значение часто будет оценкой среднего арифметического или медианы набора истинных значений величины.

Среднее квадратическое отклонение, стандартное отклонение – параметр функции распределения измеренных значений или показаний, характеризующий их рассеивание и равный положительному корню квадратному из дисперсии того распределения.

Каждый студент составляет эскиз детали, выданной ему, с указанием измеряемых размеров в буквенном и числовом виде. С помощью измерительных средств студент измеряет геометрические параметры, заносит результаты в таб-

лицу и рассчитывает погрешность измерений.

Отчет по занятию включает эскиз (ксерокопия) штангенциркуля, микрометра, универсального угломера с перечнем основных деталей и указанием их на эскизах. Дать кратко описание, назначение, точность измерения для каждого средства измерения.

Вопросы для контроля

1. Какие измерительные средства применяются для измерения линейных и угловых размеров. Измерить с помощью данных средств линейные и угловые размеры конкретной детали, оцените степень точности полученного результата?

2. Какова погрешность измерения тем или иных измерительным средством как рассчитывается погрешность измерения?

3. Какими средствами и с какой точностью измеряют: а – диаметр вала; δ – диаметр отверстия; в – расстояние между осями отверстий?

4. Постройте эскиз конкретной простой детали, выберите измерительные средства, измерьте для данной детали все размеры, необходимые для ее изготовления и проставьте размеры на эскизе. Укажите степень точности размеров.

5. Как оценивается шероховатость поверхностей, что такое Ra и Rz? Каким образом оценивают или измеряют шероховатость?

6. Как шероховатость сопряженных поверхностей деталей влияет на эксплуатационные свойства отдельных деталей и машины в целом?

7. Каким образом взаимосвязаны точность отраженных поверхностей и их шероховатость?

8. Что такое «отклонения геометрической формы детали, каковы виды этих отклонений, как они обозначаются на чертеже?

Тема 3. Металлорежущие инструменты и их геометрические характеристики. Режимы резания

Ключевые вопросы темы

1. Теоретическая часть:

– назначение инструментов. Инструментальные материалы. Краткие сведения по системам координат. Геометрические характеристики лезвия (на примере токарного резца);

– режимы резания для различных видов обработки резанием. Порядок назначения режимов резания, расчетные формулы и справочная литература.

2. Практическая часть:

– ознакомление с образцами инструментов для различных типов станков.

Особое внимание уделить токарным резцам, рассмотреть образцы резцов различного типа. С помощью универсальных измерительных средств измерить геометрические параметры проходного подрезного, отрезного, резьбового резцов, оформить их эскизы.

Ключевые понятия: инструмент, инструментальные материалы, резание.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

Резание – это процесс отделения от заготовки определенного объема материала в виде стружки с целью получения детали, имеющей заданные форму, размеры и качество поверхностного слоя.

Процесс резания осуществляется с помощью инструмента. Режущий инструмент – это орудие производства. Именно инструмент, установленный и закрепленный на каком-либо исполнительном органе станка, осуществляет обработку заготовки. Без инструмента станок не выполняет своих функций, он бесполезен. При всем своем многообразии основой режущей части любого лезвийного инструмента является лезвие. Лезвие – это, по сути, клин, который затачивают под определенными углами (углы заточки). С помощью лезвия с заготовки, при их относительном движении, снимается стружка. Стружка представляет собой деформированный и отделенный от заготовки в результате обработки резанием поверхностный слой материала заготовки. Эти и все последующие базовые, основные определения и термины даны согласно ГОСТ 25761-83, ГОСТ 25762-83.

Для осуществления процесса резания необходимо, чтобы одновременно выполнялись два принципиальных условия:

- твердость лезвия должна превосходить твердость обрабатываемого материала;
- обрабатываемая заготовка и инструмент должны перемещаться относительно друг друга.

При осуществлении процесса резания заготовке и инструменту могут быть сообщены порознь или одновременно одно, два, реже три и более элементарных движения. Каждое из элементарных движений может иметь прямолинейную или круговую траекторию (перемещение по прямой или вращение). Если элементарные движения с помощью механизмов станка и его кинематических цепей сочетать между собой определенным образом, то возможно получение на заготовке не только простейших поверхностей (плоских, цилиндрических, конических), но и весьма сложных (винтовых, эвольвентных и др.).

При различных способах обработки резанием и различных инструментах необходимая (заданная) поверхность на детали или заготовке может быть получена не единственным образом, а за счет различных сочетаний элементарных движений.

Условное графическое изображение в прямоугольной системе координат направления и характера всех элементарных движений, реализуемых в каждом конкретном случае, называется кинематической схемой резания.

Г. И. Грановским выделено несколько сотен принципиальных кинематических схем резания, которые он классифицировал по направлению, характеру и числу одновременно осуществляемых движений. Такой научный, системный подход позволяет объективно оценить различные способы обработки поверхностей резанием с кинематической точки зрения, выбрать наиболее рациональную кинематическую схему для получения данной, конкретной поверхности.

Следует отметить, что на практике широкое применение получили всего лишь два-три десятка кинематических схем резания, что облегчает их анализ и

выбор.

Среди всего многообразия сообщаемых инструменту и заготовке движений выделяют главное движение и движение подачи.

Главное движение резания или просто движение — это поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, происходящее с наибольшей скоростью в процессе резания. Скорость главного движения резания — это скорость рассматриваемой точки режущей кромки или заготовки в главном движении резания.

Движение подачи — это поступательное или вращательное движение инструмента или заготовки, скорость которого меньше скорости главного движения резания. Скорость подачи — это скорость рассматриваемой точки режущей кромки в движении подачи. Движение подачи совместно с главным движением резания позволяет распространить процесс съема припуска с заготовки на всю обрабатываемую поверхность. Движение подачи может быть непрерывным (точение, фрезерование, сверление) или прерывистым периодическим (строгание, долбление, шлифование). В зависимости от направления различают подачи продольную, поперечную, вертикальную. Если движение подачи осуществляется по круговой траектории, то подача называется круговой.

При назначении технологических режимов резания широко используется, собственно, не скорость подачи, а следующие понятия:

– подача на оборот с размерностью мм/об (точение, сверление). По сути, это путь, который успевают пройти резец или сверло в направлении вектора движения подачи за один оборот заготовки (точение) или за один оборот сверла (сверление);

– минутная подача с размерностью мм/мин (фрезерование). По сути, это и есть скорость подачи;

– подача на зуб с размерностью мм/зуб (черновое фрезерование). Это величина пути, который успевают пройти фреза относительно заготовки при повороте фрезы на один угловой шаг зубьев;

– подача на двойной ход с размерностью мм/дв ход (строгание, шлифование, долбление, зубодолбление). Это величина пути, который успевают пройти инструмент (или заготовка) за один двойной ход заготовки (или инструмента).

Отчет по занятию должен содержать перечень инструментальных материалов с указанием их свойств и области применения; марка (шифр) наиболее часто используемых материалов, дать расшифровку 2–3-х марок из группы быстрорежущих сталей, твердых сплавов, металлокерамики и алмазоподобных материалов; эскиз разделения припуска на технологические переходы, формулы расчета скорости резания, пояснения к формуле, объяснение терминов: «скорость резания», «подача», «глубина резания»; эскизы токарных резцов с указанием геометрических параметров лезвия.

Инструментальные материалы, используемые для оснащения режущей части лезвийного инструмента, можно разбить на следующие группы: инструментальные стали: (углеродистые и легированные); быстрорежущие стали; твердые сплавы; минералокерамика; сверхтвердые материалы.

В отдельную группу выделяют абразивные материалы, которые исполь-

зуются для абразивного инструмента.

В свою очередь инструментальные материалы каждой группы могут быть классифицированы на подгруппы исходя из своих свойств, технологии изготовления, параметров резания, области применения и др. Имеются числовые данные для групп и некоторых подгрупп по таким важнейшим свойствам как твердость, изгибная прочность, теплостойкость; приведены так же сведения по допускаемой скорости резания. Следует учитывать, что скорость резания существенно зависит от множества факторов.

Инструментальные углеродистые стали — это стали с содержанием углерода свыше 0,65 % и не более 1,3 %. Как известно, от процентного содержания углерода зависит способность стали повышать свою твердость при закалке (но лишь до определенного предела). Если, например, при содержании углерода в стали 0,45 % (конструкционная Сталь 45) она каливается до HRC 40...45, то углеродистая инструментальная сталь с содержанием углерода 0.65 % может быть закалена до HRC 60...65. Однако дальнейшее повышение содержания углерода с 0,65 % до 1,3 % увеличивает твердость стали после закалки весьма незначительно: максимум до HRC 68...70.

Углеродистые инструментальные стали производят по ГОСТ 1435-73, например: У7, У8, У10, У10А, У12, У12А, У13. Буква У в обозначении стали означает «углеродистая»; следующая за буквой цифра означает содержание углерода в десятых долях процента; буква А в конце показывает, что сталь является высококачественной, с пониженным содержанием вредных примесей серы, фосфора. Содержат около 1 % углерода и добавки легирующих элементов, которые улучшают свойства сталей: хром увеличивает при закалке твердость, изгибную прочность, но снижает пластичность и прокаливаемость материала; вольфрам повышает твердость и теплостойкость, но ухудшает теплопроводность; ванадий повышает твердость и прочность, способствует образованию мелкозернистой износостойкой структуры, но несколько снижает шлифуемость; кобальт увеличивает ударную вязкость; молибден повышает упругие свойства, прочность, теплостойкость.

В целом инструментальные, легированные стали по сравнению с углеродистыми имеют незначительно большую твердость (HRC 63...66), повышенные прочностные свойства (на 20...30 %), несколько повышенную теплостойкость (220...250°), лучшую прокаливаемость. Некоторые высоколегированные инструментальные стали, например, Х6ВФ, имеют теплостойкость существенно выше – 400...500°.

Инструментальные легированные стали производятся согласно ГОСТ 5950-73. Изобретение этих сталей позволило осуществить первый значимый скачок скоростей резания: они возросли в 3...5 раз по отношению, как к углеродистым, так и по отношению к легированным инструментальным сталям. Примерно во столько же раз возросла и производительность обработки резанием. Отсюда, собственно, и название этих сталей – «быстрорежущие».

Быстрорежущие стали отличаются от инструментальных легированных сталей значительно большим процентным содержанием легирующих элементов, особенно таких, как вольфрам, ванадий, молибден, кобальт, хром, что и

обеспечивает им повышенные режущие свойства.

Твердость после закалки большинства марок быстрорежущих сталей составляет HRC 63...65 и лишь в некоторых случаях – до HRC 70. Теплостойкость существенно выше, чем у инструментальных сталей и составляет, в зависимости от марки, 600...700 °С.

Хорошие прочностные свойства этих инструментальных материалов особенно наглядны по отношению к твердым сплавам: прочность на изгиб выше 1,5...2 раза, существенно выше ударная вязкость, существенно меньше и склонность к трещинообразованию. Это позволяет быстрорежущим сталям успешно конкурировать с твердыми сплавами при обработке заготовок с интенсивными виброударными нагрузками на лезвие, хотя их твердость и, особенно, теплостойкость, ниже, чем у твердых сплавов.

Твердые сплавы изобретены в 30-х гг. XX столетия в Германии: 1925 г. – карбидо-вольфрамовые; 1930 – карбидо-титано-вольфрамовые. Их изобретение ознаменовало второй существенный скачек скоростей резания: они выросли в 4...5 раз по отношению к первым маркам быстрорежущих сталей и достигли 400...500 м/мин при чистовой обработке. Соответственно возросла и производительность. Количество твердосплавного инструмента, применяемого в механообработке, составляет 28...30 % от общего объема инструментального обеспечения производства, но снимается им (из-за повышенной производительности) до 65 % всего объема стружки.

Твердые сплавы различают литые и порошковые. Прогресс в скоростях резания был обеспечен именно порошковым твердыми сплавами, которые изготавливают по специальным технологиям порошковой металлургии. Суть этих технологий заключается в следующем.

Составляют смеси (в определенных пропорциях) мелкодисперсных порошков, состоящих из зерен карбидов вольфрама WC, карбидов титана TiC, в ряде случаев карбидов тантала TaC, и зерен кобальта или смеси зерен никеля или молибдена (рецептура смесей зависит от марки твердого сплава). Размер зерен карбидов от десятых долей мкм до 150 мкм, но обычно 2...5 мкм. Порошки перемешивают, прессуют в пресс-формах и выдерживают при температуре около 1500 °С, что обеспечивает процесс спекания. При этом расплавляются зерна кобальта (или никеля), в то время как гранулы карбидов из-за их крайне высокой температуры плавления (свыше 3000 °С) остаются в твердом состоянии. Образовавшийся расплав, равномерно распределяясь между зернами карбидов и кристаллизуясь при остывании пресс-формы, прочно связывает твердые и тугоплавкие зерна карбидов в единую массу, обладающей высокой твердостью, теплостойкостью, износостойкостью. Своеобразие полученной (спекенной) структуры состоит в том, что зерна карбидов являются как бы основой «режущего каркаса», а кобальт играет роль связки, скрепляющей «каркас» в единое целое. Поскольку кобальт пластичен, то, чем выше его содержание в твердом сплаве, тем относительно выше и пластичнее свойства сплава в целом. Однако при этом его режущие свойства снижаются. На основе данной технологии из начальной смеси порошков в многоместных пресс-формах получают пластины различной формы и размеров, а иногда и объемы более сложной

формы. Полученные пластины в дополнительной термообработке не нуждаются.

Твердость твердых сплавов примерно на 10...20 % выше, чем у быстрорежущих сталей: HRA 88...92, что соответствует HRC 72...76. Теплостойкость возрастает существенно – до 850... 1000 °С, а иногда и выше, теплопроводность примерно такая же, а для ряда марок даже выше, чем у инструментальных сталей.

Минералокерамика - это высокотвердый режущий материал, полученный путем прессования и спекания при температуре 1720...1760 °С мелкозернистого порошка окиси алюминия Al_2O_3 (размер зерен 1 ...2 мкм) с добавкой ряда других веществ.

Минералокерамика для режущих целей была разработана в середине 50-х гг. XX столетия. Первая отечественная керамика марки ЦМ-332 была получена из смеси, состоящей из 99...99,5 % окиси алюминия Al_2O_3 и 0,5... 1 % окиси магния MgO , в которую добавляется еще т.н. пластификаторы – 5 % раствор каучука в бензине. Этот материал имеет чистый белый цвет и поэтому называется «белая оксидная керамика». В последующие годы, взамен ЦМ-332 были разработаны марки оксидной керамики с несколько улучшенными прочностными свойствами, например, ВО-13 (выпускается по ГОСТ 26630-85).

Белая оксидная керамика обладает исключительно высокими режущими свойствами, не уступая, а иной раз и превосходя твердые сплавы по скорости резания (в 2 раза и более при чистовой обработке, скорость резания – до 1000 м/мин). Этим она обязана исключительно высокой твердости (HRA 91...93) и повышенной теплостойкости (до 1200 °С).

Минералокерамика значительно дешевле твердых сплавов, так как в её составе нет дефицитных материалов. Её основу, порошок оксида алюминия, получают по специальным технологиям из определенных сортов глины.

Из-за высочайшей твердости обработать керамику лезвийными инструментами невозможно. Но она в этом и не нуждается, так же, как и в заточке. Аналогично твердым сплавам из неё получают в многоместных пресс-формах многогранные пластины, которые весьма экономичны и эффективны при обработке ряда материалов, особенно на чистовых режимах.

Вопросы для контроля:

1. В чем назначение режущего инструмента? Какие физические изменения происходят с «лишним» металлом, который удаляется инструментом с заготовки, какую он приобретает форму? Назовите разновидности форм стружки и оцените их влияние на безопасность работы станочника.

2. Что такое припуск, как распределяют съём его с заготовки по технологическим переходам?

3. Назовите и покажите на натуральных образцах геометрические параметры лезвия основных типов токарных резцов. Каково назначение углов на лезвии: переднего, угла заострения, главного угла в плане, угла наклона режущей кромки?

4. На что влияет температура в зоне резания? Что такое критическая тем-

пература? Каким образом уменьшить нагрев инструмента и заготовки? Какова роль смазывающе-охлаждающей среды?

5. Покажите на схеме составляющие силы резания при токарной обработке. Какова физическая природа силы резания, и какое воздействие на процесс оказывает каждая составляющая силы резания?

6. Назовите главные, основные виды износа инструмента, назовите критерии износа лезвия. Изобразите кривую износа. Что такое период стойкости? Какими мероприятиями можно повысить износостойкость инструмента и его период стойкости?

7. Перечислите параметры, характеризующие режимы резания. Укажите их значимость по отклонению друг к другу и порядок назначения или расчета при точении, фрезеровании и сверлении.

8. Назовите характерные, типовые виды инструмента для обработки:

- наружной цилиндрической и конической поверхности;
- внутренней цилиндрической и конической поверхности;
- резьбы наружной;
- резьбы внутренней;
- плоской поверхности;
- поверхностей пазов и уступов;
- наружной и внутренней фасонной поверхности тел вращения;
- наружной и внутренней линейчатой фасонной поверхности тел вращения;
- отверстий относительно не точных;
- отверстий высокой точности;
- отверстий большого диаметра в корпусных деталях;
- боковых поверхностей зубчатых колес;
- поверхностей шлицов внутренних;
- поверхностей шлицов наружных.

По каждому из перечисленных инструментов покажите на натуральных образцах основные геометрические параметры лезвия (углы резания).

9. Назовите группы, на которые делят инструментальные материалы. Какие основные требования предъявляют к этим материалам? Возможно ли создание «идеального» инструментального материала, и какими свойствами он должен обладать? Какова роль и химический состав тонкопленочных покрытий, наносимых на лезвие?

10. Перечислите свойства быстрорежущих сталей, их достоинства и недостатки по сравнению с другими группами инструментальных материалов. Назовите 2...3 марки быстрорежущей стали и дайте их расшифровку. Укажите область применения быстрорежущих сталей.

11. Перечислите свойства твердого сплава, его достоинства и недостатки по отношению к быстрорежущим сталям. Назовите по 2...3 марки твердого сплава из двух его основных подгрупп и дайте их расшифровку. Укажите область применения твердых сплавов.

12. Кратко охарактеризуйте основные понятия, связанные технологией изготовления деталей: припуск, технологические переходы, режим резания,

маршрутная технология, базирование деталей, операционная технология; основное машинное время, вспомогательное время и др.

Тема 4. Обработка на токарных станках

Ключевые вопросы темы

1. Технологический процесс обработки на токарных станках.
2. Технологические операции и технологические переходы.
3. Правила охраны труда и техники безопасности при работе на токарных станках.

Ключевые понятия: технологический процесс, технологическая операция, переход.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

Токарная обработка – один из возможных способов обработки изделий путем срезания с заготовки лишнего слоя металла до получения детали требуемой формы, размеров и шероховатости поверхности. Она осуществляется на металлорежущих станках, называемых токарными. На токарных станках обрабатываются детали типа тел вращения: валы, зубчатые колеса, шкивы, втулки, кольца, муфты, гайки и т. д.

Основными видами работ, выполняемых на токарных станках, являются: обработка цилиндрических, конических, фасонных, торцовых поверхностей, уступов; вытачивание канавок; отрезание частей заготовки; обработка отверстий сверлением, растачиванием, зенкерованием, развертыванием; нарезание резьбы; накатывание.

Инструменты, применяемые для выполнения этих процессов, называются режущими. При работе на токарных станках используются различные режущие инструменты: резцы, сверла, зенкеры, развертки, метчики, плашки, резьбонарезные головки и др.

Токарно-винторезные станки относят к группе универсальных станков, предназначенных для эксплуатации в условиях единичного и мелкосерийного производств. Эти станки имеют практически однотипную компоновку, примером которой может служить компоновка узлов и частей станка модели 16К20. Обозначение станка содержит краткую информацию о самом станке. Первая цифра в соответствии с национальной классификацией металлообрабатывающего оборудования, указывает на номер группы, к которой принадлежит станок. Цифра «1» в модели станка 16К20 говорит о том, что данный станок относят к станкам токарной группы. Вторая цифра модели характеризует номер типа станка в рамках группы. Станок 16К20 принадлежит к шестому типу станков токарной группы – токарным и токарно-винторезным станкам. Буква между цифрами (в модели станка 16К20 буква «К») указывает на то, что станок по отношению к предыдущей модели станков данной группы и типа модернизирован. Последние две цифры модели в виде числа «20» характеризуют высоту расположения оси шпинделя над направляющими станины (высоту центров) равную 200 мм. Это означает, что диаметр заготовки, обрабатываемой на стан-

ке 16К20, не может превышать 400 мм.

Основными частями станка являются станина, передняя бабка, шпиндель, суппорт, фартук, гитара сменных зубчатых колёс, задняя бабка.

Станина установлена на передней и задней тумбах и служит для монтажа на ней основных узлов и частей станка. Станина снабжена направляющими, по которым перемещаются суппорт и задняя бабка.

Передняя бабка предназначена для размещения в ней коробки скоростей, с помощью которой изменяют частоту и направление вращения шпинделя.

На правый конец шпинделя, являющегося пустотелым валом, устанавливают различные приспособления для закрепления заготовки.

Коробка подач предназначена для изменения скоростей продольного и поперечного движений подачи суппорта, с которым она соединена с помощью ходового винта и ходового вала. Передачу вращательного движения выходного вала коробки подач к механизмам суппорта через ходовой винт используют только при нарезании резьб. Для выполнения всех других видов токарных работ движение от коробки подач к суппорту поступает через ходовой вал.

Гитара сменных зубчатых колёс является звеном передачи движения от шпинделя станка к коробке подач и настраивается при нарезании точных резьб.

Заменяя одни зубчатые колёса гитары другими, можно изменять величину подачи суппорта.

Суппорт станка состоит из продольных и поперечных салазок, верхнего суппорта и четырёхпозиционного поворотного резцедержателя. В резцедержателе устанавливают и закрепляют резцы, которым вместе с суппортом сообщают движения продольной и (или) поперечной подачи.

Фартук предназначен для размещения в нём механизмов, обеспечивающих преобразование вращательного движения ходового вала или ходового винта в прямолинейное поступательное движение суппорта.

Рабочим местом токаря называется участок производственной площади цеха, оснащенный одним или несколькими станками с комплектом принадлежностей; комплектом технологической оснастки, состоящим из различных приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструментов; комплектом технической документации, постоянно находящейся на рабочем месте (инструкции, справочники, вспомогательные таблицы и т. д.); комплектом предметов ухода за станком (масленки, щетки, крючки, совки, обтирочные материалы и т. д.); инструментальными шкафами, подставками, планшетами, стеллажами и т. п.; передвижной и переносной тарой для заготовок и изготовленных деталей; подножными решетками, табуретками или стульями.

Комплект технологической оснастки и комплект предметов ухода (за станком и рабочим местом) постоянного пользования устанавливаются в зависимости от характера выполняемых работ, типа станка и типа производства.

Наибольшим количеством такой оснастки располагают токари, работающие в условиях единичного и мелкосерийного производств, и значительно меньшим – токари, работающие в условиях серийного и крупносерийного производств.

Планировка рабочего места, как и его оснащение, зависят от многих фак-

торов, в том числе от типа станка и его габаритных размеров, и формы заготовок, типа и организации производства и др.

Каждому студенту выдается эскиз обрабатываемой детали, предусматривающей токарную обработку. Возможна выдача одного и того же эскиза бригаде студентов в составе 3–5 человек. С помощью преподавателя студенты бригады разрабатывают маршрутный технологический процесс обработки детали по выданному эскизу; уточняют материал детали, выбирают оборудование и инструмент. Для каждого инструмента указывают марку инструментального материала и дают его расшифровку, составляют последовательность технологических операций и технологических переходов.

Под руководством преподавателя, с соблюдением всех мер безопасности, каждый студент индивидуально, лично осуществляет установку необходимых для работы инструментов в резцедержателе, контролируя положение вершины резца относительно оси шпинделя.

В отчете по данному занятию необходимо представить:

- эскиз обрабатываемой детали;
- последовательность технологических операций с указанием необходимого металлорежущего станка, необходимого инструмента, дополнительной оснастки для каждой технологической операции;
- для токарной операции необходимо оформить: все необходимые технологические переходы в виде эскизов, следующих друг за другом согласно технологическому процессу (образец оформления представлен в приложении).

На каждом эскизе и в сопровождающей текстовой части необходимо:

- название конкретным действиям оператора на данном технологическом переходе (проточка наружной поверхности, подрезка торца и т. п.);
- изобразить (условно-упрощенно) базирование заготовки на станке;
- жирными черными линиями выделить обрабатываемые поверхности;
- изобразить (упрощенно) режущий инструмент в исходной позиции;
- показать и проставить размеры обработанной поверхности. Привести наименование средств, необходимых для измерения этих размеров.

Вопросы для контроля:

1. Перечислите основные виды технологических операций, выполняемых на токарных станках. По каждой названной технологической операции назовите применяемый инструмент и покажите его натуральный образец. Расскажите о способах базирования и закрепления заготовки и инструмента на токарном станке.

2. Назовите виды вспомогательной оснастки и приспособлений, нашедших широкое применение при токарной обработке для каких технологических, используется той или иной вид оснастки, приспособлений, как они базируются и закрепляются на станке?

3. Составьте маршрутную технологию обработки детали типа тела вращения. Натуральный образец детали выдается студенту руководителем практики. По усмотрению преподавателя разрешается использовать деталь, изготовленную самим студентом, а также маршрутный технологический процесс на дан-

ную деталь, разработанный студентом и представленный им в отчете по практике. Технологию представить в следующем порядке:

а) представить эскиз детали со всеми необходимыми размерами и указаниями шероховатости поверхностей;

б) указать, что служит заготовкой для детали (материал и ГОСТ на него, вид проката, размеры, ГОСТ на сортамент);

– указать технологические операции и их последовательность;

– по каждой технологической операции:

а) указать модель станка и дать расшифровку;

б) указать технологические переходы и величину снимаемого припуска на каждом переходе;

в) выбрать инструмент, дать его название, указать марку инструментального материала с расшифровкой химического состава;

г) изобразить инструмент на эскизе технологического перехода, обозначить движения инструмента и указать их направление;

д) указать размеры поверхностей, образованных на переходе и привести наименование средств, необходимых для измерения этих размеров;

е) подробно описать действия, выполняемые на каждом технологическом переходе.

Тема 5. Обработка на фрезерных станках

Ключевые вопросы темы:

1. Фрезерная обработка на фрезерных станках.

2. Тиски. Установка деталей в тиски.

3. Установка фрез на фрезерных станках.

4. Закрепление приспособлений на станине фрезерного станка.

Ключевые понятия: фрезерование, тиски, делительная головка, подкладные пластины.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

Фрезерование – это производительный и универсальный технологический метод механической обработки заготовок. Фрезерованием обрабатывают плоскости, уступы, канавки прямоугольного и профильного сечения, пазы, фасонные поверхности, производят разрезку заготовок, а также зубо- и резьбообработку. Фрезы делают цельными, составными, сборными с режущей частью из быстрорежущей стали или с пластинами из твердого сплава.

Типы фрезерных станков

На фрезерных станках можно обрабатывать плоские или фасонные поверхности, нарезать резьбу, шлицы, зубья, производить сверлильные и расточные работы.

Из всех фрезерных станков наибольшее распространение получили станки для обработки плоских и криволинейных поверхностей: консольно-фрезерные, бесконсольно-фрезерные, продольно-фрезерные и копировально-

фрезерные. Из станков для других видов фрезерной обработки получили распространение зубофрезерные, резьбофрезерные, шлицефрезерные и шпоночно-фрезерные. В массовом производстве применяют главным образом многошпиндельные продольно-фрезерные станки и станки непрерывного действия – карусельно-фрезерные и барабанно-фрезерные.

Каждая модель станка имеет цифровое или буквенно-цифровое обозначение – шифр (например, 6P12, 6P82, 6P82Ш, 6610 и т. д.), по которому можно составить подробную характеристику станка. Шифр содержит три или четыре цифры, из которых первая обозначает, к какой группе станков относится станок, вторая – к какому типу, третья или третья и четвертая цифры характеризуют один из важнейших параметров станка или обрабатываемой заготовки. Буква, стоящая после первой цифры, означает, что данная модель станка модернизирована.

Буква в конце цифрового шифра показывает, что на базе основной модели станка выполнен станок с небольшими изменениями. Эти станки являются модификациями основной базовой модели.

По принятой классификации все металлорежущие станки делят на девять групп. Фрезерные станки относятся к шестой группе. В свою очередь, каждая группа станков делится на типы.

Типы станков фрезерной группы:

- 1 – вертикально-фрезерные консольные;
- 2 – фрезерные станки непрерывного действия;
- 3 – свободная группа;
- 4 – копировально- и гравировально-фрезерные;
- 5 – вертикальные бесконсольные;
- 6 – продольно-фрезерные,
- 7 – широкоуниверсальные консольные,
- 8 – горизонтальные консольные,
- 9 – разные.

Рассмотрим, например, обозначение станка 6P12. Это фрезерный станок (цифра 6), модернизированный (буква P), вертикально-фрезерный (цифра 1), типоразмер станка № 2 (цифра 2).

Простейшим и наиболее распространенным типом оборудования, применяемого для фрезерных работ, является горизонтально-фрезерный станок.

Горизонтально-фрезерные станки характеризуются горизонтальным расположением шпинделя и наличием у станка трех взаимно перпендикулярных движений – продольного, поперечного и вертикального.

Основными узлами станка являются: основание, станина, хобот, консоль, салазки, стол, коробка скоростей с рабочим шпинделем, коробка подач.

Станина станка служит для крепления всех узлов и механизмов станка.

Хобот перемещается по верхним направляющим станины и служит для поддержания при помощи серьги конца фрезерной оправки с фрезой. Он может быть закреплен с различным вылетом. Для увеличения жесткости крепления хобота применяют поддержки, которые связывают хобот с консолью.

Консоль представляет собой отливку коробчатой формы с вертикальными-

ми и горизонтальными направляющими. Вертикальными направляющими она соединена со станиной и перемещается по ним. По горизонтальным направляющим перемещаются салазки. Консоль закрепляется на направляющих специальными зажимами и является базовым узлом, объединяющим все остальные узлы цепи подач и распределяющим движение на продольную, поперечную и вертикальную подачи. Консоль поддерживается стойкой, в которой имеется телескопический винт для её подъема и опускания.

Стол монтируется на направляющих салазок и перемещается по ним в продольном направлении. На столе закрепляют заготовки, зажимные и другие приспособления. Для этой цели рабочая поверхность стола имеет продольные Т-образные пазы.

Салазки являются промежуточным звеном между консолью и столом станка. По верхним направляющим салазок стол перемещается в продольном направлении, а нижняя часть салазок вместе со столом перемещается в поперечном направлении по верхним направляющим консоли.

Шпиндель фрезерного станка служит для передачи вращения режущему инструменту от коробки скоростей. От точности вращения шпинделя, его жесткости и виброустойчивости в значительной мере зависит точность обработки.

Коробка скоростей предназначена для передачи шпинделю станка различных чисел оборотов. Двигатель станка расположен на станине.

Коробка подач служит для передачи столу различных величин подач в продольном, поперечном и вертикальном направлениях. Привод механизма подачи расположен внутри консоли и приводится в движение от отдельного электродвигателя. В отличие от приводов главного движения приводы подач являются тихоходными.

Фрезерование представляет вид обработки резанием при помощи инструмента, называемого фрезой.

Фреза является режущим инструментом с несколькими зубьями, каждый из которых представляет собой простейший резец.

Фреза при вращении врезается зубьями в надвигающуюся на нее заготовку и каждым зубом срезает с её поверхности стружку. После окончания прохода фреза снимает с обрабатываемой поверхности заготовки слой металла. Поверхность, полученная после прохода фрезы, называется обработанной поверхностью.

Поверхность, образуемая на обрабатываемой заготовке непосредственно режущей кромкой фрезы, называется поверхностью резания.

В зависимости от расположения оси фрезы относительно обрабатываемой поверхности различают фрезерование цилиндрической фрезой и торцевой фрезой.

Согласно выданным эскизам необходимо произвести расчет фрезерования поверхностей по плоскостям и в угол в машинных тисках, а также фрезерование с помощью делительной головки.

Студент осуществляет установку инструмента на станке. Особое внимание должно быть обращено на способы базирования фрезы относительно шпинделя, на закрепление инструмента, на способы передачи на него крутяще-

го момента от шпинделя. Все рассмотренные практические приемы должны быть описаны и оформлены в отчете в виде эскизов (можно так же воспользоваться атласом).

Студенты должны самостоятельно установить заготовку на планки (набор планок) в тисках, осадить заготовку ударами молотка, зажать губками тисков.

Студентами бригады осуществляется установка делительной головки на станке. Особое внимание необходимо обратить на способ ориентации головки относительно осей станка (способ базирования) с помощью шпонок, входящих в паз станка. Студенты, с помощью гаечного ключа должны закрепить головку на столе станка с использованием Т-образных болтов. Закрепить в патроне головки заготовку, выставить ее исходное положение относительно инструмента.

В отчете по данному занятию необходимо предоставить:

- эскиз детали, обрабатываемой в тисках с указанием конкретного размера (с допуском) обработанной поверхности. Эскиз дополнить схемой съема припуска и распределения съема по технологическим переходам;

- эскиз инструмента (можно использовать ксерокопию) с указанием инструментального материала и расшифровкой его состава;

- эскиз установки и закрепления инструмента на станке (можно использовать ксерокопию). В пояснении к эскизу описать подетально способ передачи крутящего момента от шпинделя станка на инструмент;

- эскиз закрепления заготовки на станке при обработке заготовки по плоскости и в угол с указанием исполнительных движений;

- эскиз инструмента и его положения относительно заготовки. Дать краткое описание других способов закрепления заготовок, особенно с использованием прихватов; описание сопроводить эскизами (можно ксерокопии из атласов или учебников);

- эскиз детали, обрабатываемой на делительной головке;

- эскиз закрепления заготовки на делительной головке; указать взаимное расположение инструмента и обрабатываемой детали, показать стрелками характер исполнительных движений. Эскиз сопроводить кратким описанием делительной головки: назначение, точность деления, способы деления.

Вопросы для контроля:

1. Перечислите основные виды технологических операций, выполняемых на фрезерных станках. По каждой технологической операции назовите применяемый инструмент и покажите его натуральный образец. Расскажите о способах базирования и закрепления заготовки и инструмента на фрезерном станке.

2. Назовите виды вспомогательной оснастки и приспособлений, нашедших широкое применение при фрезерной обработке. Для каких технологических операций используется тот или иной вид оснастки, приспособлений, как они базируются и закрепляются на станке?

3. Составьте маршрутную технологию обработки детали корпусного типа (форма – сочетание плоскостей, пересекающихся под прямыми углами, воз-

можно наличие пазов, уступов; размеры – не более 100...120 мм, материал заготовки – сталь 45).

Натурный образец детали выдается студенту руководителем практики. По усмотрению преподавателя разрешается использовать деталь, изготовленную самим студентом, а также маршрутный технологический процесс на данную деталь, разработанный студентом и представленный им в отчете по практике.

Технологию представить в следующем порядке:

- представить эскиз детали со всеми необходимыми размерами и указаниями шероховатости поверхностей;
- указать, что служит заготовкой для детали (материал и ГОСТ на него, вид проката, размеры, ГОСТ на сортамент);
- указать технологические операции и их последовательность;
- по каждой технологической операции:
 - а) указать модель станка и дать расшифровку;
 - б) указать технологические переходы и величину снимаемого припуска на каждом переходе;
 - в) выбрать инструмент, дать его название, указать марку инструментального материала с расшифровкой химического состава;
 - г) изобразить инструмент на эскизе технологического перехода, обозначить движения инструмента и указать их направление;
 - д) указать размеры поверхностей, образованных на переходе и привести наименование средств, необходимых для измерения этих размеров;
 - е) подробно описать действия, выполняемые на каждом технологическом переходе.

Тема 6. Обработка на сверлильных станках

Ключевые вопросы темы

1. Сверлильные станки.
2. Сверлильные патроны.
3. Кернение.
4. Зенкерование, развертывание.

Ключевые понятия: сверление, зенкерование, развертывание.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

На сверлильных станках можно выполнять не только сверление, но и другие технологические операции дальнейшей обработки отверстий. На современных сверлильных станках осуществляют следующие работы:

- сверление сквозных и глухих отверстий;
- рассверливание отверстий на больший диаметр;
- зенкерование, выполняемое для получения отверстия с высокими качеством и параметром шероховатости поверхности;
- зенкование, выполняемое для образования в основании просверленного

отверстия гнезд с плоским дном под головки винтов и болтов;

- развертывание цилиндрических и конических отверстий, обеспечивающее высокую точность и шероховатость обрабатываемой поверхности (рис.;
- раскатывание отверстий специальными оправками со стальными закаленными роликами или шариками для получения плотной и гладкой поверхности отверстия, а также шероховатости Ra 0,63...0,08 мкм;
- нарезание внутренних резьб метчиками;
- подрезание (цекование) торцов наружных и внутренних приливов для получения ровной поверхности, перпендикулярной к оси отверстия.

Технологические возможности сверлильных станков не исчерпываются перечисленными работами. На них можно развальцовывать полые заклепки, обрабатывать многогранные отверстия, а также выполнять другие операции.

Отверстия на сверлильных станках обрабатывают различными режущими инструментами: сверлами, зенкерами, зенковками, развертками, резцами и метчиками.

Для крепления сверл, разверток, зенкеров и других режущих инструментов в шпинделе сверлильного станка применяют следующие вспомогательные инструменты: переходные сверлильные втулки, сверлильные патроны, оправки и т. д.

Переходные конические втулки служат для крепления режущего инструмента с коническим хвостовиком, когда номер конуса хвостовика инструмента не соответствует номеру конуса в шпинделе станка, например, на токарно-винторезных станках.

Наружные и внутренние поверхности переходных втулок выполняют с конусом Морзе семи номеров от (0 до 6) по ГОСТ 8522–70. Втулку вместе со сверлом вставляют в конусное гнездо шпинделя станка. Если одной втулки недостаточно, то применяют несколько переходных втулок, вставляя одну в другую.

Сверлильные патроны используют для крепления режущих инструментов с цилиндрическим хвостовиком диаметром до 20 мм.

В трехкулачковом сверлильном патроне инструменты закрепляют ключом. Внутри корпуса патрона наклонно расположены три кулачка с резьбами, объединенные гайкой. Обойму вращают специальным ключом, вставленным в отверстие корпуса патрона. При вращении обоймы по часовой стрелке одновременно с ней вращается гайка.

Зажимные кулачки, опускаясь вниз, постепенно сходятся и зажимают цилиндрический хвостовик сверла или другого режущего инструмента. При вращении обоймы против часовой стрелки кулачки, поднимаясь вверх, расходятся и освобождают зажатый инструмент.

В двух-кулачковом сверлильном патроне хвостовик инструмента зажимают, перемещая в Т-образных пазах корпуса два кулачка. Эти кулачки сближают и разводят ключом при помощи винта, имеющего правую и левую резьбу.

Для зажима сверл малого диаметра с цилиндрическими хвостовиками часто используют цанговые патроны.

Быстросменные сверлильные патроны применяют для сокращения вспо-

могательного времени при работе на сверлильных станках. Они позволяют быстро менять режущий инструмент, не выключая станок. Один из таких патронов предназначен для крепления режущих инструментов с коническими хвостовиками. Для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками в коническое отверстие патрона вставляют переходную коническую разрезную втулку. В последнее время в серийном и массовом производствах широко применяют такие втулки для крепления сверл с цилиндрическими хвостовиками диаметром до 10 мм. Эта втулка, вставленная в шпиндель сверлильного станка, обеспечивает прочное закрепление сверла.

Самоустанавливающиеся сверлильные патроны применяют при обработке предварительно просверленных отверстий. Патроны позволяют центрировать режущий инструмент по оси обрабатываемого отверстия.

Предохранительные патроны служат для крепления метчиков при нарезании резьбы на сверлильных станках. Применение таких патронов улучшает качество нарезаемой резьбы и предохраняет метчик от поломок

Реверсивные патроны используют при нарезании резьбы на сверлильном станке, который не имеет реверса (устройства для переключения на обратное вращение шпинделя). С их помощью метчики вывертывают из нарезанного отверстия.

Для разверток, закрепляемых в шпинделе сверлильного станка, применяют качающиеся оправки, позволяющие инструменту занимать положение, совпадающее с осью обрабатываемого отверстия.

Удалять режущий инструмент, переходные втулки и сверлильные патроны из отверстия шпинделя станка рекомендуется с помощью специальных клиньев или эксцентрикового ключа

Для правильной установки и закрепления обрабатываемых заготовок на столе сверлильного станка применяют различные приспособления, из которых наиболее распространенными являются тиски машинные (винтовые, эксцентриковые и пневматические), призмы, упоры, угольники, кондукторы, специальные приспособления и др.

Винтовые машинные тиски широко используют в единичном производстве, а пневматические – применяют чаще всего в серийном и массовом производствах при работе на станках различных групп.

Студенты получают каждое индивидуальное задание на обработку 2–3-х отверстий. Требования к точности и количеству поверхности отверстий, хотя бы одного из 2–3-х, должны предполагать использование после операции сверления технологических операций зенкерования и развертывания. Согласно выданному эскизу студенты самостоятельно (используя справочную литературу) решают вопрос о разбивке припуска для данного отверстия на сверление, зенкерование, развертывание и назначают соответствующие диаметры инструментов. Производится разметка центров отверстий и их кернение. Студенты закрепляют заготовку в тисках на подкладках. Студенты осуществляют последовательно обработку отверстий: зацентровка центровочным сверлом; предварительное сверление, если необходимо, на меньший диаметр с оставлением припуска на рассверливание; сверление; зенкерование, развертывание для отвер-

стей с повышенными требованиями к точности размера и качеству поверхности.

По окончании обработки студенты с помощью штангенциркуля определяют диаметры обработанных ими отверстий и находят расчетом получившуюся погрешность для каждого диаметра, делают вывод о соответствии получившихся размеров требованиям исходного чертежа; межосевые расстояния; сравнивают полученные результаты с требованиями чертежа и делают вывод о качестве выполненной работы.

Окончательный контроль и проверку выполненной работы осуществляет преподаватель-руководитель практики.

Отчет по данному занятию должен содержать: эскиз детали и индивидуальное задание; перечень технологических операций, необходимых для обработки каждого отверстия, в том числе и повышенной точности. Разбивку припуска для данного отверстия осуществить по справочнику технолога-машиностроителя. перечень инструмента, оснастки, описание действий оператора на каждой технологической операции. К каждой операции прилагается эскиз (можно ксерокопии со схемы в приложении); результаты измерений диаметров обработанных отверстий и межцентровых расстояний; заключение по результатам измерений о соответствии обработанных отверстий и расстояний между ними требованиям чертежа.

Вопросы для контроля

1. Перечислите основные виды технологических операций, выполняемых на сверлильных станках. По каждой технологической операции назовите применяемый инструмент и покажите его натуральный образец. Расскажите о способах базирования и закрепления заготовки и инструмента на сверлильном станке.

2. Назовите виды вспомогательной оснастки и приспособлений, нашедших широкое применение при сверлении. Для каких технологических операций используются тот или иной вид оснастки, как они базируются на сверлильном станке?

3. Как передается крутящий момент со шпинделя сверлильного станка на инструмент? Что такое конус Морзе, чем он отличается от других конусов? Как освободить шпиндель станка от установленного в нем инструмента с конусом Морзе на хвостовике?

4. Распишите по технологическим переходам технологическую операцию по обработке в заготовке габаритом 200x200x20 мм отверстия по центру заготовки: $\varnothing 20H12, R_a 20$; $\varnothing 20H12, R_a 6,3$; $\varnothing 20H10, R_a 5,0$; $\varnothing 20H8, R_a 1,25$; $\varnothing 35H12, R_a 15$; $\varnothing 35H10, R_a 5,0$ (вариант задания назначается преподавателем). В маршрутной технологии указать:

- а) Модель станка, обозначение и расшифровку обозначения;
- б) способ базирования и закрепления заготовки на станке;
- в) перечень технологических переходов;
- г) по каждому переходу указать: суть совершаемой операции; используемый инструмент; способ базирования и закрепления инструмента на станке; ве-

личину снимаемого с заготовки припуска, достигаемую точность размера отверстия и шероховатость обработанной поверхности.

Тема 7. Заточные операции на заточном оборудовании. Особенности заточки резцов, фрез, осевого инструмента

Ключевые вопросы темы

1. Понятие заточка.
2. Заточные станки.
3. Марки шлифовальных кругов для заточки инструмента.
4. Заточные операции.

Ключевые понятия: заточка, углы заточки инструмента, маркировка абразивных кругов.

Литература: [1, 2, 14].

Методические рекомендации

В инструментальном производстве при изготовлении режущих инструментов на последних этапах необходимы операции по заточке и доводке режущей части инструмента на заточных станках и полуавтоматах. Процесс заточки – это шлифование передней и задней поверхностей режущей части режущего инструмента для придания заданных геометрических параметров и заданной формы режущей кромке. В зависимости от вида процесса обработки при заточке режущих инструментов на заточных станках могут применяться абразивная заточка и доводка шлифовальными кругами и безабразивная анодно-механическая, электроискровая и другие виды безабразивной заточки.

Заточка и доводка инструментов могут производиться абразивными, алмазными или эльборовыми кругами и осуществляться методом многопроходного шлифования. Для заточки инструментов могут применяться шлифовальные круги прямого профиля, чашечные цилиндрические и конические круги, а также тарельчатые круги для заточки многолезвийных инструментов, если обработка кругами других форм затруднена.

Новые режущие инструменты затачиваются в основном по передней и задней поверхностям, например, фрезы с остроконечными зубьями, зенкеры и развертки, протяжки и др. Однако переточка некоторых инструментов, таких как дисковые модульные и фасонные, а также червячные фрезы с затылованными зубьями, круглые и шлицевые протяжки, зуборезные долбяки и др., производится только по передней поверхности. Заточка по задней поверхности резцов и цилиндрических фрез на универсально-заточных станках осуществляется коническим чашечным кругом, а сверл на заточном полуавтомате – периферией круга прямого профиля. Фрезы с прямыми стружечными канавками затачиваются по передней поверхности плоской стороной тарельчатого круга, а червячные фрезы с винтовой стружечной канавкой и круглые протяжки – конической стороной тарельчатого круга для исключения разбивки канавки и нарушения геометрии зубьев.

Для заточки инструментов на заточных станках необходим ряд формооб-

разующих движений: вращение шлифовального круга, возвратно-поступательное движение заточиваемого инструмента и движение подачи для многопроходной заточки. Заточные станки в зависимости от характера выполнения заточных операций и типа заточиваемых режущих инструментов могут быть универсальные и специальные.

Универсально-заточные станки могут применяться для заточки и доводки широкой номенклатуры режущих инструментов: резцов, сверл, зенкеров, разверток, метчиков и фрез с применением соответствующих прилагаемых к станку приспособлений типа центровых бабок, трехповоротных тисков и трехповоротных универсальных бабок и др.

Специальные заточные станки и полуавтоматы предназначены только для заточки и доводки определенного типа инструмента или группы однотипных инструментов, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры, например, только для заточки сверл, червячных фрез, долбяков, протяжек и др.

Как отмечалось выше, рабочая часть любого лезвийного инструмента (лезвия) представляет собой физическое тело в виде клина (простого или сложного).

Геометрическая форма клина – это есть сочетание различных поверхностей, их пересечений (режущих кромок, вершин), углов, под которыми поверхности пересекаются. Форма режущего клина зачастую бывает сложной, содержит много различных элементов.

Термины «режущий клин» и «лезвие» являются синонимами. Первый термин широко использовался в отечественной литературе вплоть до введения ГОСТ 25762-83, а также применялся в стандартах ряда европейских стран. В современной литературе, в том числе учебной, согласно ГОСТ используется термин «лезвие». Однако, если необходимо сделать акцент именно на геометрической форме лезвия, то вполне корректно рассматривать лезвие как ту или иную разновидность режущего клина.

Рассмотрим форму и главные, важнейшие геометрические параметры простейшего режущего клина (лезвия). Будем рассматривать лезвие не как отдельное физическое тело, а как звено единой системы лезвие – заготовка – стружка, например, при строгании широким резцом узкой пластины. При этом вектор скорости резания перпендикулярен режущей кромке (простейший случай т. н. свободного прямоугольного резания). Определение геометрических элементов лезвия дадим предварительно, не совсем строго.

Передняя поверхность – та поверхность, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность – это поверхность лезвия, обращенная к поверхности резания на заготовке.

Режущая кромка – линия пересечения передней и задней поверхностей.

Передний угол γ – угол между передней поверхностью резания и плоскостью, перпендикулярной поверхности резания на заготовке.

Задний угол α – угол между задней поверхностью лезвия и плоскостью резания на заготовке.

Угол режущего клина (угол заострения) β – это угол между задней и передней поверхностями лезвия.

Следует учитывать, что угол γ может иметь и отрицательное значение. Роль и значения углов α , γ , β могут быть представлены следующим образом.

Задний угол α необходим, чтобы уменьшить трение задней поверхности лезвия по поверхности резания на заготовке. Угол α может принимать только положительное значение, т. е. $+\alpha$. Увеличение α до определенного предела (как правило, не более 12–150) способствует улучшению условий резания и уменьшает износ лезвия по задней поверхности.

Однако дальнейшее увеличение заднего угла α при постоянном значении переднего угла γ ведет, к уменьшению угла заострения β ($\beta_2 < \beta_1$). При этом, хотя клин и становится более заостренным, и, казалось бы, должен снимать стружку еще более эффективно, уменьшенная толщина такого «слишком заостренного» клина существенно снижает его прочность. Ухудшаются так же условия теплоотвода в связи с уменьшением массы его рабочей части. В конечном счете, это ведет к повышенному износу и выкрашиванию лезвия.

С другой стороны, уменьшение угла α при постоянстве угла γ , увеличивая прочность лезвия и возможность теплоотвода, ведет к росту сил трения по задней поверхности лезвия. При малых начальных значениях α (менее 5–60) существенно интенсифицируется рост ширины площадки износа по задней поверхности h_3 . На этой площадке $\alpha=0$ и при увеличении h_3 до 0,8–1,2 мм процесс нормального резания практически прекращается.

Таким образом, оптимальные значения угла α (за исключением специальных случаев) лежат в области его положительных значений 6...150 (обычно принимают $\alpha=8...100$).

Отрицательные значения заднего угла α приводят к тому, что процесс собственно резания заменяется процессом пластического деформирования материала заготовки. Нормальный процесс стружкообразования становится невозможным.

Передний угол γ , в отличие от заднего α , кроме положительных значений может принимать и нулевое и даже отрицательные значения (обычно не более – 3...–50).

При постоянном заднем угле α чем больше передний угол γ , тем меньше угол заострения β и тем выше режущая способность лезвия: облегчаются условия стружкообразования, уменьшается степень пластического деформирования обрабатываемого материала, снижаются силы резания. В конечном счете, это ведет, при определенных условиях, к уменьшению износа и повышению срока нормальной работы лезвия до его переточки.

Однако здесь могут возникнуть те же проблемы, что и при увеличении заднего угла. Уменьшение β с ростом γ ведет к снижению прочности лезвия и ухудшает отвод тепла от него. Поэтому для каждого конкретных условий резания и материала лезвия существует оптимальный интервал значений переднего угла γ .

Чем меньше прочность и твердость обрабатываемого материала и чем выше его пластичность, тем передний угол может быть больше. Так, например, для инструментов из быстрорежущей стали при обработке сталей средней твердости $\gamma=20...30^\circ$, при обработке алюминия $\gamma=30...40^\circ$.

Для твердосплавного инструмента передний угол делают обычно не более 10° . Иногда он принимает нулевое и отрицательные значения: $\gamma = -3 \dots -5^\circ$. Это связано с повышенной хрупкостью твердого сплава и необходимостью иметь как можно более прочный режущий клин. Достижимый при этом максимальный угол заострения как раз и обеспечивает повышенную прочность лезвия и хороший отвод теплоты (из-за повышенной массивности лезвия). Однако, при этом, расчет усилия резания, ухудшается качество обработанной поверхности.

Поэтому нулевые и отрицательные значения переднего угла для твердосплавного инструмента назначают, главным образом, для черновых, т. е. обдирочных операций. Здесь вопросы прочности лезвия, стойкости режущей кромки к хрупкому разрушению (выкашиванию) стоят на первом месте, в то время как требуемое качество обрабатываемой поверхности будет достигнуто на последующих (чистовых) технологических переходах.

Следует учитывать, что кроме α , γ , β лезвие может иметь и другие углы заточки, играющие вполне определенную роль в процессе стружкообразования.

В развитие и закрепление знаний, полученных студентами на предыдущих занятиях, проводится занятие по заточному оборудованию. Кратко изучаются теоретические сведения по заточке инструмента, заточному оборудованию и абразивному инструменту.

На предварительно настроенном оборудовании (универсально-заточной станок, наждак) демонстрируются виды заточных операций, производит заточку:

- проходного резца;
- спирального сверла;
- торцевой фрезы со вставными ножами;
- концевой фрезы.

Студенты с помощью измерительных средств (угломеры, шаблоны) определяют полученные на инструменте углы заточки и проставляют их на эскизах инструмента (можно сделать ксерокс чертежей инструментов из атласов или учебных пособий).

В отчете по занятию необходимо указать следующее:

– перечисление заточных операций и используемого для этого оборудования с данными о достигаемой точности и качестве заточенной поверхности. Привести расшифровку обозначения универсально-заточного станка;

– указать на эскизе дефектный слой заточенных поверхностей лезвия; оценить его величину, физическую природу возникновения, способы устранения дефектов; дать формулировку периода стойкости инструмента, привести типовой график износа, например, токарного проходного резца (кривая износа); указать особенности этапов изнашивания (периоды времени на графике) с особенностями физических явлений на рабочих участках лезвия во время работы инструмента;

– представить эскизы инструментов, заточенных учебным мастером с указанием полученных и измеренных студентами углов резания на лезвии.

Вопросы для контроля

1. Укажите, на каком оборудовании выполняются заточные операции: модели станков, их обозначение, расшифровка обозначения.

2. Какие абразивные круги используют для того или иного вида заточки: обдирка и черновая заточка; чистовая заточка, обработка стружколомающей канавки на токарном резце; тонкая доводка поверхностей лезвия. Дать характеристику используемых абразивных кругов и расшифровку их обозначения.

3. Каким образом абразивные круги базируются и закрепляются на заточных станках? Что такое балансировка круга, зачем она нужна, как осуществляется?

4. Какие приспособления широко используются при заточке инструмента? Как они влияют на работоспособность лезвия, его период стойкости?

5. Какие дефекты на заточенной поверхности характерны при заточке инструмента? Как они влияют на работоспособность лезвия, его период стойкости?

Тема 8. Ознакомление с зубообрабатывающим оборудованием. Изменение геометрических параметров нарезного зубчатого колеса

Ключевые вопросы темы

1. Эвольвента.
2. Геометрические параметры зубчатого зацепления.
3. Червячные передачи.
4. Зубонарезание
5. Зуборезный инструмент.
6. Зуборезные станки.

Ключевые понятия: эвольвента, зубчатое зацепление.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

В теоретической части кратко изучаются теоретические сведения по следующим разделам:

– геометрические параметры зубчатого зацепления (назначение и разновидности зубчатых и червячных передач; условное обозначение на кинематических схемах; передаточное отношение, модуль, делительный диаметр, эвольвентная боковая поверхность зубьев; основные зависимости (формулы) по определению геометрических и кинематических параметров зубчатых и червячных передач);

– инструменты, используемые при зубонарезании, их положение на станке относительно заготовки, характер исполнительных движений;

– станки, имеющиеся в лаборатории, для зубонарезания (обозначение, расшифровка, компоновка).

В настоящее время зубчатые колеса нарезают в основном двумя методами: методом копирования и методом обката или огибания.

Метод копирования. Для нарезания зубчатых колес этим методом приме-

няют инструмент, режущие кромки которого имеют очертание, соответствующее контуру впадины нарезаемого зубчатого колеса.

В качестве такого инструмента используют модульные фрезы (дисковые или концевые) или же фасонные резцы.

Обработка производится либо одним инструментом (поочередно каждую впадину), либо несколькими одновременно по числу впадин.

Недостатки метода копирования:

1) Для обработки каждого зубчатого колеса с определенным числом зубьев и модулем требуется инструмент специального профиля, поскольку профиль зависит от модуля и числа зубьев. На практике пользуются набором модульных фрез (в 8 шт., более точные наборы в 15 и реже в 26 шт.) для каждого модуля; причем каждая фреза набора предназначена для нарезания колес с числом зубьев в определенном диапазоне их значений.

2) Точность нарезания зубчатых колес невысока, так как помимо погрешности, обусловленной неточностью работы делительного механизма, неизбежны погрешности, вследствие неточности инструмента.

В связи с указанными недостатками к такому методу зубонарезания прибегают лишь при отсутствии зуборезных станков, т. е. в условиях ремонта или при единичном изготовлении колес, а также для предварительного нарезания впадин (при черновой операции).

При нарезании зубьев одним инструментом производится поворот головки на шаг зубьев, т. е. на $1/z$ часть оборота, где z – число зубьев нарезаемого колеса.

Производительность при этом способе низкая, так как зубья нарезаются каждый отдельно и требуют время на возврат инструмента в исходное положение и на деление заготовки.

Фасонные (модульные) дисковые и пальцевые фрезы.

Эти фрезы применяют при нарезании зубчатых колес методом фасонного зубофрезерования, часто называемого методом копирования. При этом методе инструментом служит фасонная фреза, профиль которой представляет копию впадины между зубьями колеса. Обычно для зубчатых колес применяют модульные дисковые фрезы, а для особенно больших зубчатых колес – фасонные пальцевые фрезы.

С увеличением числа зубьев кривые эвольвенты зуба изменяются и приближаются к прямой линии, а при колесе с бесконечно большим количеством зубьев – рейке; эвольвента превращается в прямую линию. При точном нарезании колес с числом зубьев от 12 до 300 одного модуля необходимо 288 фрез с различным профилем их зубьев. Такое количество фрез для колес только одного модуля иметь дорого и трудно, поэтому в зависимости от точности нарезания ограничиваются комплектом из 3, 8, 15 или 26 фрез вместо 288.

Каждая фреза из комплекта имеет свой номер и предназначена для нарезания колес с определенным диапазоном зубьев. При комплекте из восьми фрез точно по профилю могут быть нарезаны колеса, имеющие число зубьев 12, 14, 17, 21, 26, 35, 55 и 135, а все остальные колеса получают при нарезании неточного профиля.

Увеличение количества фрез в наборе для более крупных модулей вызвано тем, что неточность нарезания одной фрезы колес с разными числами зубьев для больших модулей сказывается больше. По этой причине для точных колес более крупных модулей (свыше 16 мм) применяют комплекты, состоящие из 26 номеров фрез для каждого модуля.

Подбор модульной фрезы для нарезания косозубых шестерен несколько сложнее, так как в этом случае необходимо учесть величину угла β наклона зубьев.

Если для нарезания, например, 32 косых зуба модуля 6, взять фрезу № 5 из 8-штучного набора, то это будет ошибкой, и в работе получится брак.

В этом случае фрезерованная впадина между зубцами получится значительно шире, чем это требуется. Для того, чтобы получить правильный профиль у косых зубьев, необходимо модульную фрезу подбирать не по действительному числу зубьев, а по фиктивному.

Основная ошибка в профиле нарезаемого колеса здесь обусловлена тем, что косозубое колесо имеет эвольвентный профиль только в торцовом сечении, тогда как эвольвентный профиль фрезы располагается в сечении нормальном к направлению зуба.

Метод обката. При методе обката (огибания) заготовка и зубонарезной инструмент воспроизводят движения пары сопряженных элементов зубчатой или червячной передачи. Для этого инструменту придается форма зубчатого колеса, зубчатой рейки или червяка.

Студенческий конспект по указанным выше материалам входит обязательным разделом в отчет по данному занятию.

Изучается зубофрезерование на зубодолбежном и зубофрезерном станках соответственно, нарезание зубьев, обращая внимание студентов: на установку и закрепление заготовки на станке; монтаж и выставку инструмента; на способы настройки кинематических цепей.

Студенты с помощью измерительных средств:

- измеряют диаметры окружности выступов, окружности впадин, делительной окружности, и др.
- определяют модуль; визуально оценивают качество обработанной поверхности.

В отчет по занятию необходимо включить следующее:

- теоретические сведения по зубчатым и червячным зацеплениям, по зуборезному инструменту, по зубообрабатывающим станкам (конспект лекций, прочитанный преподавателем);
- эскизы обработанных на зубодолбежном и зубофрезерном станках деталей с указанием измеренных размеров.

Вопросы для самоконтроля

Назовите модели станков и дайте их расшифровку для обработки:

- цилиндрических прямозубых и косозубых зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления;
- червячных колес;

- звездочек цепных передач;
- конических колес.

Какие виды технологических операций, и с помощью какого инструмента осуществляются при чистовой, отделочной обработке зубчатых колес?

Представьте основные, базовые характеристики эвольвентных зубчатых колес, дайте их определение и расчетные формулы.

Каким образом можно измерить или рассчитать модуль зубчатого колеса? Какие для этого необходимы измерительные средства? Определите модуль для натурального образца зубчатого колеса (образец выдается преподавателем).

Тема 9 Слесарные операции и их практическое освоение. Разметка, опиловка в угол, сверление, измерение погрешности

Ключевые вопросы темы

1. Основные слесарные операции.
2. Слесарный инструмент.
3. Резьбанарезание.
4. Плашки и метчики.

Ключевые понятия: слесарные операции, резьбанарезание.

Литература: [1, 2].

Методические рекомендации

В теоретической части кратко излагаются следующие сведения:

- основные слесарные операции (сущность, назначение, используемый инструмент, оборудование);
- обзор средств измерений и разметки на слесарных операциях (на натуральных образцах).

Слесарная обработка – обработка, выполняемая ручным инструментом или машиной ручного действия. Она обычно дополняет станочную обработку резанием или завершает изготовление металлических изделий соединением деталей, сборкой машин и механизмов, а также их пригонкой и регулированием. Слесарные работы выполняются с помощью ручного или механизированного слесарного инструмента, либо на станках.

С появлением металлорежущих станков и их совершенствованием постепенно сокращалась роль и доля ручного труда, который стал заменяться трудом строгальщиков, токарей, фрезеровщиков, шлифовщиков и др. Но одной из ведущих остаётся профессия слесаря. По-прежнему ценится труд слесаря – мастера, от которого требуется умение выполнять все виды ручной обработки металлов. Слесарные работы различных видов производств объединяет единая технология выполнения операций, к которым относятся: разметка, рубка, правка и гибка, резка, опилование, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, шабрение, распиливание и припасовка, притирка и доводка, клёпка, сварка, пайка, лужение, склеивание.

Слесари при работе используют единую технологию выполнения операций, к которым относятся: разметка, рубка, правка и гибка, резка металлов,

опиливание, сверление, зенкование и зенкерование, развертывание отверстий, нарезание резьбы, шабрение, распиливание и припасовка, притирка и доводка, клёпка, сварка, пайка, лужение, склеивание.

На предприятиях или в мастерских, выпускающих разнородные изделия в небольших количествах (единичное производство), от слесарей требуется универсальность. При необходимости слесарь производит ремонт и монтаж станков, изготавливает приспособления различного назначения. На предприятиях серийного производства, где изготавливают однородные детали большими партиями, повышается точность механической обработки и соответственно уменьшается объём слесарных работ, но слесарь выполняет ручные работы, которые не могут быть выполнены машиной. Труд слесаря продолжает оставаться необходимым и на предприятиях массового производства, где однородная продукция выпускается в больших количествах и продолжительное время.

Весь слесарный инструмент разделим на группы: измерительный, разметочный, слесарный инструмент общего назначения и слесарно-сборочный.

От исправности измерительных инструментов зависит качество выполнения слесарных операций.

Точность, которая требуется при слесарной сборке какого-нибудь механического узла, колеблется обычно в пределах от 0,1 до 0,005 мм. Точность измерения – это та ошибка, которая неизбежна при использовании в качестве измерителя того или иного инструмента.

Поэтому ни один слесарь не станет, например, пользоваться измерительной линейкой для того, чтобы точно подогнать вал под втулку: линейка просто не даёт необходимой точности, которая требуется при выполнении этой операции. Но даже если инструмент выбран правильно, абсолютно точного измерения получить все равно не удастся. Погрешность при измерении существует всегда, слесарь же должен стремиться свести ее к минимуму. Чем меньше погрешность, тем выше точность измерения.

Самый простой способ уменьшения погрешности – провести измерение не один раз, а несколько, затем вычислить среднее арифметическое из результатов каждого замера.

Как правило, увеличение погрешности чаще всего вызывается ошибками, которых вполне можно избежать. Самые распространенные ошибки, снижающие точность измерений, следующие:

- использование поврежденного измерительного инструмента;
- загрязненность рабочих поверхностей измерительного инструмента;
- неправильное положение нулевой отметки на шкале и нониусе;
- неправильная установка инструмента относительно детали;
- измерение нагретой или охлажденной детали;
- измерение нагретым или охлажденным инструментом;
- неумение пользоваться инструментом;
- неправильно выбранная база измерения.

Линейные размеры металлических деталей и самого инструмента меняются очень ощутимо при нагревании или охлаждении металла, поэтому для измерений выбран следующий температурный стандарт – производить их следует

при 20 °С.

Измерительная линейка. Для линейных измерений не слишком высокой точности слесари применяют обычно металлическую измерительную линейку – стальную полированную полосу с нанесенными на нее отметками. Поскольку металлические детали чаще всего невелики, то и длина линейки не должна превышать 200–300 мм (в редких случаях можно использовать линейку длиной до 1000 мм). Цена деления равна 1 мм, соответственно и точность измерения также равна 1 мм. Такой точности в слесарных работах, как правило, недостаточно. Поэтому слесари пользуются другими, более точными инструментами.

Штангенинструменты предназначены для определения наружных и внутренних размеров, глубины пазов и высоты уступов, а также для разметки перед слесарной обработкой заготовок. К этой группе инструментов относятся штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмасы.

Разметку следует производить на разметочной плите. Разметочные плиты отливают из серого чугуна. На верхней поверхности разметочных плит строгают продольные и поперечные канавки небольшой глубины, разделяя поверхность плиты на квадратные участки.

Призмы разметочные разделяют на два типа: с одной призматической выемкой и с четырьмя призматическими выемками. Твердость рабочих поверхностей призмы должна быть не менее 56 HRC.

Слесарь должен иметь набор разметочных инструментов и приспособлений. Для нанесения рисок используются чертилки (иглы) различного вида, разметочные циркули, разметочный штангенциркуль (с напаянными иглами из твердого сплава), штангенрейсмасы, кернеры.

Чертилки изготавливают из инструментальной стали марок У10 или У12 или путем напайки твердого сплава к стальному стержню.

Прямая круглая чертилка – это стальной стержень диаметром 5–6 мм и длиной до 200 мм, один конец которого заточен под углом приблизительно 10°. Удобно пользоваться чертилкой со вставной иглой.

Еще один вид чертилок имеет заточенные под разными углами с обоих концов стальные стержни. Один из стержней согнут под углом 90°.

При разметке заготовки, на которой нельзя оставлять риски, пользуются латунной чертилкой: конструкция ее такая же, как и стальной, а жало изготовлено из латуни, которая оставляет след, не делая риски.

Чтобы чертилку было удобно держать в руке, среднюю часть её делают утолщенной с накаткой.

Для деления прямых линий, углов, окружностей, для построения перпендикуляров в слесарном деле применяются разметочные циркули.

Разметочный штангенциркуль служит для разметки окружностей больших диаметров и различных полос.

Разметочные линии на вертикальных поверхностях заготовок удобно наносить штангенрейсмусом.

Для точной установки и закрепления обрабатываемой заготовки и удобства выполнения операций необходимы зажимные приспособления.

Для рубки металла используются следующие слесарные инструменты:

зубило, крейцмейсель и канавочник. Зубила (ГОСТ 7211) изготавливают из инструментальной стали марок 7ХФ, 8ХФ по ГОСТ 5950 и У7А, У8А по ГОСТ 1435. Режущее лезвие слесарного зубила имеет форму клина. Лезвие и ударная часть зубила должны быть закалены и отпущены. Твердость рабочей части зубила 54 ... 60 HRC, а ударной части – 36,5... 46,5 HRC. Ударная часть зубила представляет собой усеченный конус с полукруглым основанием. Это сделано для того, чтобы удар молотка всегда приходился по центру зубила. Длина зубила обычно 100–200 мм, ширина лезвия от 5 до 52 мм. Чем острее оно заточено, тем меньшая сила удара требуется для рубки металла. Однако нужно иметь в виду, что твердые и хрупкие металлы требуют большего угла заточки, а не меньшего.

Твердые металлы рубятся лезвием с более тупым углом заточки. Для рубки бронзы, чугуна, стали (твердость более 40 HRC) и других твердых материалов, необходим угол заточки лезвия в 70°. Сталь (твердостью менее 40 HRC) следует рубить зубилом с углом заточки в 60°. Мягкие материалы – медь, латунь – можно рубить при угле заточки лезвия в 45°. Очень мягкие материалы, такие, как алюминиевые сплавы и цинк, требуют угла заточки в 35°.

Для вырубания узких канавок и пазов применяется разновидность зубила с более узкой режущей кромкой. Этот инструмент называется крейцмейселем. Техника и величина угла заточки рабочей поверхности крейцмейселя для рубки различных по твердости материалов аналогичны заточке зубила.

Для ручной резки металла различной толщины и конфигурации сечения можно использовать ножовку, лобзик, ножницы и труборез.

Ручные ножницы применяются для резки листовой и полосовой стали толщиной до 0,5 мм и листов латуни и дюралюминия толщиной до 1,5 мм. Металл большей толщины (до 2,5 мм) можно резать с использованием силовых ножниц.

Для резки толстых листов полосового или профильного металла, для вырезания заготовок по контуру служат ножовка по металлу и лобзик, состоящие из рамки (станка) и полотна. Полотна для ножовок и лобзиков изготавливают из углеродистой стали; их зубья имеют клиновидную форму; габаритные размеры – 150–300 x 10–25 x 0,6–1,2 мм. Зубья полотна могут быть крупными и мелкими, с шагом между собой от 0,8 до 1,5 мм (для разрезания листового железа используются полотна с шагом между зубьями – 0,8 мм; для тонкостенных труб, тонкого профильного металла – 1 мм; для профильного стального проката, труб и цветных металлов – 1,25 мм; для чугуна и мягкой стали – 1,2–1,5 мм).

Для правки, гибки металла, для нанесения ударов по рубящим инструментам служат ударные инструменты – слесарные молотки.

Опиливание металлов – снятие небольших слоев металла напильником (ГОСТ 1465) – одна из самых распространенных слесарных операций. Широко применяется в производстве при изготовлении и ремонте деталей, а также при сборке механизмов и оборудования.

Сущность операции опиления заключается в срезании мелких частичек материала (опилок) отдельными резцами, образованными насечкой на рабочей

части напильника. Точность опилования может находиться в пределах от 0,15 мм до 0,005 мм и зависит от умения работающего и вида применяемого напильника. Чем мельче насечка напильника, тем большей точности обработки можно добиться.

В зависимости от формы сечения напильники могут быть плоские, полукруглые, квадратные, трехгранные, круглые, ромбические.

Шабрение – это операция по снятию (соскабливанию) с поверхности заготовки очень тонких слоев металла режущим инструментом – шабером. С помощью шабрения обеспечивают плотное прилегание (посадки с зазором) сопрягаемых поверхностей и герметичность соединения. Шабрением обрабатывают прямолинейные и криволинейные поверхности (вручную или на станках). Шабрению предшествует чистовая обработка резанием.

Шаберы – металлические стержни различной формы с режущими кромками – изготавливают из инструментальной углеродистой стали марки У10 или У12А. Режущий конец шабера закалывают (твердость 64...66 HRC).

По форме режущей кромки шаберы подразделяют на плоские, трёхгранные, фасонные; по числу режущих граней – на односторонние и двусторонние; по конструкции – на цельные и со сменными режущими пластинами.

Для чистовой обработки деталей (а также для очистки поверхностей от окалины, краски и пр. перед слесарной обработкой) применяются различные проволочные щетки, изготовленные из проволоки (незакаленной, закаленной, малоуглеродистой стали, цветных металлов).

Слесарно-сборочные инструменты применяются при узловой и общей сборке машин для соединения их элементов и при производстве пригоночных работ.

Для соединения элементов машин применяют ручной и механизированный инструмент. К первому – относятся стандартные и специальные инструменты для сборки резьбовых соединений (гаечные ключи, отвертки), обычные и мягкие (протектированные) молотки и оправки для запрессовки деталей, обжимки и поддержки для клепальных работ, вальцовки, различные инструменты для постановки упругих разрезных колец и шайб. Ко второму – относятся пневматические и электрические резьбовозавёртывающие ручные машины (гайко-, винто- и шпильковёрты), пневмо- и электромолотки, переносные скобы для запрессовки и клёпки, приводные вальцовки, а также специальные механизированные устройства для постановки упругих деталей (поршневых колец, стопорных разрезных колец, пружин). Применение механизированного инструмента повышает производительность труда сборщиков в 10–20 раз по сравнению с производительностью при сборке ручными инструментами. Механизированный инструмент широко используется в массовом и крупносерийном производствах. Важным условием его применения является специализация сборщиков по виду работ и унификация крепёжных деталей.

Для пригоночных работ в единичном и мелкосерийном производстве (опилование, снятие заусенцев, шабрение, притирка, прорубание маслораспределительных канавок, сверление и развёртывание отверстий по месту и т. д.) используется стандартный ручной инструмент (напильники, шаберы, притиры,

зубила, крейцмейсели, свёрла, развёртки и т. д.), а также некоторый специальный инструмент (притиры, оправки, шаблоны).

Уменьшение трудоёмкости пригоночных работ достигается применением средств механизации (ручные, пневмосверлильные или электросверлильные машины, а также машины для опиливания и шабрения, пневматические молотки, механические устройства для притирки и др.), а также заменой их соответствующей механической обработкой (шлифование вместо опиливания, тонкое растачивание вместо шабрения отверстий и т. д.).

Выбор слесарно-сборочного инструмента зависит от вида крепления деталей. Резьбовые соединения деталей осуществляют с помощью всевозможных ключей и отверток.

Ключи для ввертывания винтов и гаек – одно- и двусторонние, накладные, накидные и коловоротные используются для соединения в доступных местах; торцовые – для труднодоступных мест; разводной ключ используется для соединения труб с помощью сгонов, муфт, уголков и тройников при прокладке трубопроводов и установке сантехнического оборудования. Все ключи имеют свои номера, которые соответствуют размерам завертываемых гаек и диаметрам головок винтов. Для завертывания шурупов и винтов, головки которых имеют прорезы (шлицы), применяются отвертки. Их лезвие может быть плоским или крестообразным и различным по величине.

Реверсивная отвертка изготавливается, как правило, со сменными насадками, среди которых имеются не только отвертки, но и торцовые ключи. Пантовый зажим на рукоятке такой отвертки позволяет быстро менять рабочий инструмент.

Реверсивной отверткой можно пользоваться не только для завертывания шурупов, винтов, но и для их выкручивания (отсюда и название).

Слесарно-сборочные инструменты применяются при узловой и общей сборке машин для соединения их элементов и при производстве пригоночных работ.

Для соединения элементов машин применяют ручной и механизированный инструмент.

К первому – относятся стандартные и специальные инструменты для сборки резьбовых соединений (гаечные ключи, отвёртки), обычные и мягкие (протектированные) молотки и оправки для запрессовки деталей, обжимки и поддержки для клепальных работ, вальцовки, различные инструменты для постановки упругих разрезных колец и шайб.

Ко второму – относятся пневматические и электрические резьбозавёртывающие ручные машины (гайко-, винто- и шпильковёрты), пневмо- и электро-молотки, переносные скобы для запрессовки и клёпки, приводные вальцовки, а также специальные механизированные устройства для постановки упругих деталей (поршневых колец, стопорных разрезных колец, пружин).

Применение механизированного инструмента повышает производительность труда сборщиков в 10–20 раз по сравнению с производительностью при сборке ручными инструментами. Механизированный инструмент широко используется в массовом и крупносерийном производствах. Важным условием

его применения является специализация сборщиков по виду работ и унификация крепёжных деталей.

Для пригоночных работ в единичном и мелкосерийном производстве (опиливание, снятие заусенцев, шабрение, притирка, прорубание маслораспределительных канавок, сверление и развёртывание отверстий по месту и т. д.) используется стандартный ручной инструмент (напильники, шаберы, притиры, зубила, крейцмейсели, свёрла, развёртки и т. д.), а также некоторый специальный инструмент (притиры, оправки, шаблоны).

Уменьшение трудоёмкости пригоночных работ достигается применением средств механизации (ручные, пневмосверлильные или электросверлильные машины, а также машины для опиливания и шабрения, пневматические молотки, механические устройства для притирки и др.), а также заменой их соответствующей механической обработкой (шлифование вместо опиливания, тонкое растачивание вместо шабрения отверстий и т. д.).

Выбор слесарно-сборочного инструмента зависит от вида крепления деталей. Резьбовые соединения деталей осуществляют с помощью всевозможных ключей и отверток.

Ключи для ввертывания винтов и гаек – одно- и двусторонние, накладные, накидные и коловоротные используются для соединения в доступных местах; торцовые – для труднодоступных мест; разводной ключ используется для соединения труб с помощью сгонов, муфт, уголков и тройников при прокладке трубопроводов и установке сантехнического оборудования. Все ключи имеют свои номера, которые соответствуют размерам завертываемых гаек и диаметрам головок винтов. Для завертывания шурупов и винтов, головки которых имеют прорези (шлицы), применяются отвертки. Их лезвие может быть плоским или крестообразным и различным по величине.

Реверсивная отвертка изготавливается, как правило, со сменными насадками, среди которых имеются не только отвертки, но и торцовые ключи. Пантовый зажим на рукоятке такой отвертки позволяет быстро менять рабочий инструмент.

Реверсивной отверткой можно пользоваться не только для завертывания шурупов, винтов, но и для их выкручивания (отсюда и название).

Студентам выдаются индивидуальные задания в виде эскизов и заготовки-полуфабрикаты.

Согласно выданному эскизу шайбы специальной студенты должны на заготовке шайбы провести следующие работы:

- с помощью напильников обработать заготовку по габаритным размерам $A \times B$, выдерживая плоскостность полученных поверхностей и прямые углы при их сопряжениях (контроль-лекальной линейкой и угольником);

Измерить штангенциркулем получившиеся габаритные размеры, значения их указать на эскизе;

- разметить угловую выборку;
- выпилить угловую выборку путём распиловки заготовки по разметке в тисках с помощью ручной пилы по металлу;
- запилить напильниками полученные поверхности с соблюдением ука-

занных на чертеже размеров и качества поверхности. Текущий и окончательный контроль осуществлять измерительными средствами под руководством учебного мастера (штангенциркуль, угольник, лекальная линейка); снять заусенцы и притупить острые кромки;

- измерить штангенциркулем получившиеся размеры выборки, указать их на эскизе;

- разметить положение центра отверстия;

- накернить центр отверстия керном; сверлить отверстие, сделать фаски, измерить получившийся диаметр отверстия и фактическое положение его центра; результат измерения указать на эскизе.

Студенту выдается эскиз планки и заготовка-полуфабрикат, фрезерованная по плоскостям и в угол на предыдущей операции. Студент по данной детали должен выполнить следующие работы:

- разметить центра отверстий и накернить их;

- сверлить 2 отверстия $\varnothing 10+0,035$ и отверстие под резьбу М10; Диаметр свёрл определить по справочнику и уточнить у учебного мастера; сделать фаски;

- зенкеровать (на сверлильном станке) и развёртывать (вручную) два отверстия $\varnothing 10+0,035$;

- измерить штангенциркулем: расстояние между центрами отверстий $\varnothing 10+0,035$; положение центра отверстия под М 10 относительно центров отверстий $\varnothing 10+0,035$.

- нарезать резьбу М 10 (вручную, метчиком);

- зачистить шабером острые кромки;

- измерить с помощью пробки-калибра диаметр полученных точных отверстий;

- результаты всех измерений нанести на эскиз (проставить фактические размеры в скобках рядом с чертёжными).

Нарезать вручную плашкой резьбу на заготовке болта станочного, изготовленного студентом ранее (см. МУ по занятию № 3).

В отчёт по занятию необходимо включить следующее:

- эскиз шайбы специальной с указанием чертёжных и фактически полученных размеров;

- представить расчёт погрешности положения центра отверстия по сравнению с требованиями чертежа.

- сделать выводы о соответствии полученных в результате слесарных и сверлильных операций размеров требованиям чертежа (контроль за проведенными студентом измерениями и сделанным им выводами осуществляет преподаватель).

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные слесарные операции и применяемый при этом слесарный инструмент.

2. Каким образом, и каким инструментом осуществляется ручное нарезание внутренней и наружной резьбы?

3. Каким образом, и каким инструментом осуществляется ручное зенкование и развертывание отверстий. Какие при этом характерны погрешности обработанных отверстий?

Тема 10. Подготовка отчета, защита отчета

Формой отчетности по учебной практике является отчет по практике. Отчет выполняется в соответствии с требованиями методических указаний по оформлению учебных текстовых работ. Отчет по учебной практике должен охватывать все вопросы программы практики. Каждый вопрос освещается по возможности кратко, но в полном объеме. В необходимых случаях в отчете приводятся схемы, графики, диаграммы и рисунки, примеры расчетов. Те материалы, которые не обсуждаются в тексте отчета по практике, должны быть помещены в приложение к тексту.

Структура отчета по практике и последовательность изложения разделов и вопросов должна соответствовать индивидуальному заданию на учебную практику.

Структура отчета:

- оглавление;
- введение;
- основная часть, раскрывающая все этапы практики;
- краткие материалы по производственным экскурсиям
- заключение;
- список использованных источников;
- приложение в виде отдельных документов, расчетов.

В разделе с описанием и анализом заводского технологического процесса нельзя ограничиваться только перечислением операций существующих на предприятии технологических процессов получения заготовок, механической обработки, сборки.

Необходимо критически оценивать целесообразность существующих процессов (с учетом реальных производственных условий), и на основе этого изложить основные направления их рационализации в проекте.

Здесь должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- а) принятая система базирования и связанное с этим распределение припусков на обработку поверхностей по операциям;
- б) целесообразность применения при сборке принятых методов решения соответствующих размерных цепей;
- в) применяемое оборудование, инструмент и режимы резания;
- г) затраты времени на изготовление деталей и сборку.

Далее, на основе проведенного анализа и выводов раздела «Узловой вопрос» даются предложения по изменению существующего технологического процесса, исходя из точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также технических требований детали.

Выбор маршрута изготовления детали и обоснование выбора технологических баз.

При описании принятого технологического процесса необходимо обосновать выбор черновых и чистовых установочных баз, уделяя внимание принципам единства и совмещения баз и обосновывая необходимость их смены. После выбора заготовки составляется маршрутный технологический процесс, в котором по каждой операции приводятся принятые металлорежущие станки, технологическая оснастка, режущие и мерительные инструменты. Принятый маршрутный технологический процесс оформляют в виде таблицы.

Экономическая целесообразность вновь вводимых операций технологического процесса должна быть доказана сравнением себестоимости различных вариантов выполнения этих операций. Маршрутные карты составляют в соответствии с ГОСТ 3.1118 –82.

При оформлении графической части проекта необходимо руководствоваться следующим:

- графическая часть выполняется в электронном виде и потом распечатывается на бумажном носителе.
- количество листов графической части, и их содержание согласовывается с руководителем практики при выдаче задания.
- рабочий чертеж детали оформляется согласно ГОСТ 2.109-73.
- сборочные, габаритные и монтажные чертежи – по ГОСТ 2.109- 73.
- чертежи общих видов в соответствии с ГОСТ 2.305-2008, ГОСТ 2.120-2013.

Правила выполнения чертежа заготовки приведены в ГОСТах 7505-89, 7829-70, 3.1123-84 и ГОСТ 3.1126-88.

Операционные эскизы вычерчиваются на листах формата А1 в произвольном масштабе, при этом принятый масштаб заготовки должен быть выдержан на всех операциях (позициях). В качестве эскизов выбираются наиболее интересные разнохарактерные операции и операции, измененные по сравнению с базовым вариантом. Операционные эскизы вычерчиваются в порядке выполнения технологического процесса, располагая их на листе слева направо и сверху вниз.

В чертежах операционных эскизов показывается схема установки, закрепления и обработки детали, Операционные эскизы разрабатываются с достаточной подробностью, позволяющей выяснить принцип работы приспособления, его конструкцию, конструкцию режущего инструмента и вспомогательного инструмента. Деталь на чертеже изображается в том виде, в каком она получается после обработки на данной операции. На чертеже детали указываются только те размеры, допуски и шероховатость обрабатываемой поверхности, которые выполняются на данной операции. В эскизах должны быть показаны форма и размеры, расположение обрабатываемых поверхностей, поэтому при необходимости следует давать операционный эскиз в нескольких проекциях или показывать отдельные вида стрелками.

При многопозиционных операциях эскиз разрабатывается на каждую позицию операции, при этом конструктивная отработка элементов приспособления дается только в эскизе загрузочной позиции. Во всех остальных эскизах позиций показываются только инструменты и обрабатываемая деталь с указа-

нием размеров и шероховатости поверхностей, обрабатываемых на данной позиции. Обрабатываемые поверхности на данной операции вычерчиваются жирной линией. Режущие инструменты изображаются в конечном при обработке положении, а для обработки отверстий – в исходном положении. Вращение инструментов и направление их движения (или суппорта, или детали) показываются стрелками. На операционном эскизе приводятся технические требования для данной операции и режим резания. Каждый операционный эскиз снабжается рамкой, размещенной в правом нижнем углу эскиза.

Общий вид спроектированного приспособления (станочного и контрольного) изображается в двух или трех проекциях с разрезами и сечениями, необходимыми для ясного понимания конструкции и действия всех его элементов.

На проекциях и разрезах указываются габаритные размеры, размеры между осями, размеры, определяющие расположение установов, упоров и др. Кроме того, могут быть указаны посадки, определяющие точность обработки, сборки и наладки приспособления. На чертеже даются технические условия на изготовление приспособления (требования к биениям, параллельности, перпендикулярности, соосности и других основных элементов приспособления), обязательно приводится техническая характеристика приспособления.

На чертеже приспособления для большей наглядности во всех проекциях необходимо изображать контуры обрабатываемой или контролируемой детали штрихпунктирной линией. Чертежи приспособлений должны иметь спецификацию всех деталей.

Чертеж инструментальной наладки оформляется обычно для автоматизированных и многоинструментальных операций (позиций), например, многорезцовых токарных полуавтоматов, агрегатных станков и т.п. Этот чертеж должен разрабатываться как рабочий чертеж с изображением детали, режущих инструментов, а также конструкций резцедержателей, оправок и других устройств для установки, закрепления и регулировки требуемого положения инструментов.

На чертеже должны быть указаны размеры, определяющие положение инструмента, друг относительно друга, величины рабочего хода, холостого хода, подвода и отвода инструмента.

Чертежи режущего и мерительного инструмента представляют собой общий вид инструмента с размерами и допустимыми отклонениями его рабочей части, а также шероховатостей обработанных поверхностей. Геометрия режущих кромок показывается на общем виде, но, кроме того, даются соответствующие размеры и сечения, на которых указываются размеры и шероховатость. Чертежи инструментов должны содержать технические условия на их изготовление. Для сборного инструмента со вставными ножами дается чертеж одного ножа и составляется спецификация всех деталей инструмента.

В тексте обязательно должны быть ссылки на использованные литературные источники.

Список литературных источников должен быть не менее 10 шт., в том числе не менее трех источников на иностранном языке.

Студент при прохождении практики, в ходе выполнения индивидуально-го задания, подготовке аналитических материалов по практике и формировании отчета использует лицензионное программное обеспечение Microsoft, получаемое по программе «Open Value Subscription».

Студентам обеспечена возможность свободного доступа к фондам учебно-методической документации, информационно-правовым баз данных (Консультант Плюс, Гарант, Кодекс) и Интернет-ресурсам.

Электронные образовательные ресурсы:

– Российская образовательная платформа и конструктор бесплатных открытых онлайн-курсов и уроков – <https://stepik.org>

– Образовательная платформа - <https://openedu.ru/>

Состав современных профессиональных баз данных (СПБД) и информационных справочных систем (ИСС):

– ЭБС «IqLib» – <http://www.iqlib.ru>

– Издательство «ЛАНЬ» – <http://e.lanbook.com/>

– Полнотекстовая база статей и деловых справочников Polpred.com – <http://polpred.com/>

К отчету подшивается (после титульного листа) индивидуальное задание, подписанное руководителем практики от университета, студентом.

Законченный и полностью оформленный отчет по практике студент бакалавриата представляет на проверку руководителю практики от университета. По результатам защиты отчета по практике руководитель определяет степень выполнения индивидуального задания студентом и достижения планируемых результатов практики.

Отчет подшивается в папку с прозрачной обложкой.

При правильном оформлении всего отчёта, при отсутствии пропусков занятий и качественном выполнении индивидуальных заданий решение о принятии зачета и его оценке может быть принято руководителем практики без защиты отчетных материалов. В случае необходимости руководитель задаёт контрольные вопросы, уточняет полученные знания студента, и лишь тогда определяет оценку практики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковшов, А. Н. Технология машиностроения: учебник / А. Н. Ковшов. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 320 с. – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212438> (дата обращения: 18.02.2022). – ISBN 978-5-8114-0833-7. – Текст : электронный
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения: учебник для ВО / А. А. Маталин. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512 с. – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/143709> (дата обращения: 18.02.2022 - ISBN 978-5-8114-5659-8). – Текст : электронный.
3. Схиртладзе, А. Г. Станочник широкого профиля: учебник для ПТУ / А. Г. Схиртладзе, В. Ю. Новиков. – Москва: Высш. школа, 1989. – 464 с.
4. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для студ. техн. спец, вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательский центр «Академия», 2003.
5. Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. – Москва, Машиностроение, 1989. – 335 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1986.
7. Борисов, Б. П. Лабораторный практикум по резанию материалов: учеб. пособие / Б. П. Борисов. – Калининград: КГТУ, 2003. – 169 с.
8. Фещенко, В. Н. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – Москва, 1990. – 330 с.
9. Борисов, Б. П. Металлорежущие станки. Часть 1. Кинематические схемы, схемы наладок, конструкции коробок передач, конструктивные элементы. Альбом: учеб. пособие / Б. П. Борисов. – Калининград: Изд-во ФГОУ ВПО «ЮТУ», 2007. – 166 с.
10. Правдин, Ю. Ф. Документы текстовые учебные. Общие требования к содержанию, построению и оформлению: учеб.-метод. пособие / Ю. Ф. Правдин, В. Ф. Усынин, Т. П. Колина. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. – 70 с.
11. Усынин, В. Ф. Технологические процессы литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием. Методические указания по проведению лабораторных работ / В. Ф. Усынин. – Калининград, УОП КГТУ, 2003. – 113 с.
12. Усынин, В. Ф. Слесарная практика, учеб. пособие / В. Ф. Усынин, И. Т. Сычев. – Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. – 120 с.
13. ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий; введен 01.07.84. – 41 с. – Группа ТОО.
14. Глубокий, В. И. Заточные станки: методическое пособие по дисциплине «Оборудование инструментального производства» для студентов машиностроительных специальностей / В. И. Глубокий, В. И. Туромша. – Минск: БНТУ, 2010 – 72 с.

Локальный электронный методический материал

Сергей Борисович Перетятко

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА – ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА

Редактор С. Кондрашова
Корректор Т. Звада

Уч.-изд. л. 4,5. Печ. л. 3,4.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1