

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 6-05-0722-05 «Производство
изделий на основе трехмерных технологий»
очной формы обучения*

Часть 2



Могилев 2024

УДК 621.01
ББК 34.4
Т87

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «26» марта 2024 г.,
протокол № 10

Составитель канд. техн. наук И. А. Лозиков

Рецензент канд. техн. наук С. А. Федосенко

Рассматриваются основные способы производства деталей машин и механизмов с применением современного металлообрабатывающего оборудования.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Часть 2

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции промышленного робота FANUC M-710iC/50.....	4
2 Лабораторная работа № 2. Выполнение операций дуговой сварки с применением промышленного робота FANUCM-710iC/50.....	6
3 Лабораторная работа № 3. Общие сведения по обработке металлов резанием	8
4 Лабораторная работа № 4. Обработка деталей на токарных станках	12
5 Лабораторная работа № 5. Плазменная наплавка.....	14
6 Лабораторная работа № 6. Обработка на станке плазменной резки металлов и сплавов.....	16
7 Лабораторная работа № 7. Формообразование заготовок литьем в кокиль.....	18
8 Лабораторная работа № 8. Спектральный анализ металлов и сплавов.....	20
9 Лабораторная работа № 9. Обработка деталей на сверлильных станках.....	22
10 Лабораторная работа № 10. Обработка заготовок на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ.....	24
11 Лабораторная работа № 11. Обработка заготовок на токарных станках с ЧПУ.....	26
12 Лабораторная работа № 12. Обработка деталей на фрезерных станках.....	30
13 Лабораторная работа № 13. Выполнение операций фрезерования с применением промышленного робота FANUC M-710iC/50.....	32
14 Лабораторная работа № 14. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы.....	35
15 Лабораторная работа № 15. Проектирование технологического процесса горячей объемной штамповки.....	41
Список литературы.....	46

1 Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции промышленного робота FANUC M-710iC/50

Цель работы: изучить конструкцию шестиосевого антропоморфного манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50.

Оборудование, инструменты и приборы

Шестиосевой антропоморфный манипулятор инструмента робота FANUC M-710iC/50; контроллер робота FANUC M-710iC/50 (с пультом управления).

1.1 Общие теоретические сведения

В обобщенном смысле робот – это технический комплекс, предназначенный для выполнения различных движений и некоторых интеллектуальных функций человека и обладающий необходимыми для этого исполнительными устройствами, управляющими и информационными системами, а также средствами решения вычислительно-логических задач.

Промышленный робот (ГОСТ 25686–85) – это автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Перепрограммируемость (ГОСТ 25686–85) – это свойство промышленного робота заменять управляющую программу автоматически или при помощи человека-оператора.

Манипулятор – это управляемое устройство или машина для выполнения двигательных функций, аналогичных функциям руки человека при перемещении объектов в пространстве, оснащенная рабочим органом.

Рабочий орган – это составная часть исполнительного устройства промышленного робота для непосредственного выполнения технологических операций и/или вспомогательных переходов (сварочные клещи, окрасочный пистолет, сборочный инструмент, захватное устройство).

Промышленные роботы представляют собой сложную электромеханическую систему, состоящую из механической системы, системы управления и информационной системы. При выполнении различных операций рабочий орган манипулятора взаимодействует с внешней средой и технологическим оборудованием. Последовательность выполнения движений обеспечивается командами системы управления. Система управления содержит устройство формирования команд, устройство ввода программы и пульт ручного управления. Оператор может управлять роботом в ручном режиме с пульта или в автоматическом режиме введением программы с помощью устройства ввода. Информационная система регистрирует состояние механической системы,

внешней среды и технологического оборудования. Сигналы с информационной системы подаются в сравнивающее устройство УФК, где в сочетании с заданной программой вырабатывается команда последующего такта движений.

Составные части манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 изображены на рисунке 1.1.

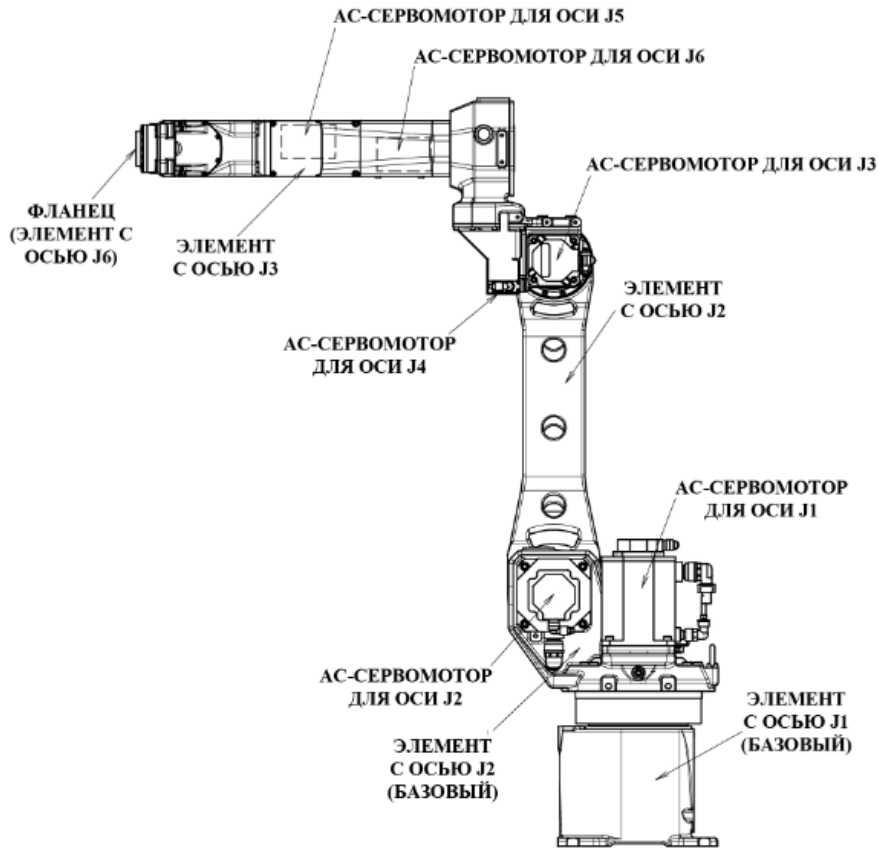


Рисунок 1.1 – Конфигурация манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 (АС – переменный ток)

1.2 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с конструкцией манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50.

2 Ознакомиться с панелью управления контроллера робота FANUC M-710iC/50.

3 Ознакомиться с пультом управления роботом FANUC M-710iC/50, расположенным на контроллере.

4 Включить контроллер робота FANUC M-710iC/50.

5 Включить пульт управления роботом.

6 Произвести перемещение манипулятора робота по осям согласно установленной программе.

1.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Конструкция манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50.
- 3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое «робот»?
- 2 Что такое «промышленный робот»?
- 3 Что такое «перепрограммируемость»?
- 4 Конфигурация манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50.

2 Лабораторная работа № 2. Выполнение операций дуговой сварки с применением промышленного робота FANUC M-710iC/50

Цель работы: изучить возможности шестиосевого антропоморфного манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 для выполнения операций дуговой сварки.

Оборудование, инструменты и приборы

Шестиосевой антропоморфный манипулятор инструмента робота FANUC M-710iC/50.

2.1 Общие теоретические сведения

Особенностью массового производства является изготовление однотипной продукции в больших объемах в течение длительного времени. Время прохождения единицы продукции через систему относительно мало: оно измеряется в минутах или часах. Для изделий характерна высокая стандартизация и унификация их узлов и деталей. Массовое производство характеризуется высокой степенью комплексной механизации и автоматизации технологических процессов. Значительные объемы выпуска позволяют использовать высокопроизводительное оборудование (автоматы, агрегатные станки, автоматические линии), вместо универсальной оснастки применить специальную. Дифференцированный технологический процесс позволяет узко специализировать рабочие места, закрепляя за каждым из них ограниченное число деталейопераций. Тщательная разработка технологического процесса, применение специальных станков и оснастки позволяют использовать труд высококвалифицированных рабочих-операторов роботизированных комплексов.

2.2 Порядок выполнения работы

Для проведения сварочных работ необходимо выбрать:

- модель робота для выполнения сварки;
- оснастку для фиксации заготовки;
- позиционер или поворотный стол для разворота оснастки.

Выбор манипулятора. Важно учитывать не только способность оснащать манипулятор сварочным устройством. Необходимо выбрать манипулятор, который будет осуществлять достижимость и доступность отдельных точек сварного шва. Также необходимо соответствие точности позиционирования манипулятора для выполнения соответствия качеству работы. Для выполнения сварочных работ применим шестиосевой антропоморфный манипулятор инструмента робота FANUC M-710iC/50.

Выбор оснастки. Задача оснастки – осуществлять надежную фиксацию заготовок в местах сварки и обеспечивать хороший контакт. На машиностроительных производствах широко используется оснастка модели OP20 или аналогичных типов.

Выбор позиционера. Позиционер предназначен для перемещения оснастки с закрепленными заготовками во время процесса сварки. Из конструктивных и экономических соображений целесообразно применять позиционеры, подобные KP3-V2H250, имеющие высокие характеристики по грузоподъемности, точности и быстродействию. Вид позиционера типа KP3-V2H250 представлен на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Двойной поворотный позиционер

Пред началом сварочных работ проводится юстировка робота. Юстировка (от нем. justieren – вымерять) – совокупность операций по выравниванию конструкций и конструктивных элементов (поверхностей, столбов, стоек и т. д.) вдоль некоторого направления («осевого»), а также по приведению меры, измерительного или оптического прибора, механизмов (или их части) в рабочее состояние, обеспечивающее точность, правильность и надёжность их действия. При юстировке робот приводится в механическое нулевое положение, и значение датчика для каждой оси сохраняется. Это позволяет согласовать механическое и электрическое нулевое положение. Робот готов к работе.

2.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Тип манипулятора.
- 3 Тип оснастки.
- 4 Тип позиционера.
- 5 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение манипулятора.
- 2 Тип манипулятора.
- 3 Назначение оснастки.
- 4 Назначение позиционера.

3 Лабораторная работа № 3. Общие сведения по обработке металлов резанием

Цель работы: изучить виды движения в металлорежущих станках, основные методы обработки, элементы режима резания, процессы, происходящие при резании металлов.

3.1 Виды движений в металлорежущих станках

Для обработки резанием (точение, сверление, фрезерование и др.) заготовка и режущий инструмент должны совершать определенные движения. Они подразделяются на **рабочие**, или движения резания, **установочные** (настроечные) и **вспомогательные**.

Рабочие движения предназначены для снятия стружки, а установочные и вспомогательные – для подготовки к этому процессу.

Установочные – движения рабочих органов станка, с помощью которых инструмент по отношению к заготовке занимает положение, позволяющее снять с нее определенный слой материала.

Вспомогательные – движения рабочих органов станка, не имеющие прямого отношения к резанию. Примерами служат быстрые перемещения рабочих органов, переключение скоростей, подач и др.

Рабочие движения подразделяются на **главное** движение и движение **подачи**. С помощью **главного** движения осуществляется снятие стружки, а движение **подачи** дает возможность начатое резание распространить на необработанные участки поверхности заготовки. Например, при сверлении вращение сверла является главным движением, позволяющим начать резание, а перемещение сверла вдоль оси – движением подачи, дающим возможность распространить процесс резания на необходимую глубину.

3.2 Основные методы обработки резанием

Точение (рисунок 3.1, *а*). Главным движением со скоростью V в этом случае является вращение заготовки 2 вокруг оси, а движением подачи – поступательное перемещение инструмента относительно заготовки (вдоль ее оси, перпендикулярно или под углом к ней). Точением обрабатывают преимущественно поверхности вращения на токарных, карусельных, револьверных и расточных станках. Оно применяется для обработки внешних и внутренних цилиндрических, конических, фасонных поверхностей, торцовых поверхностей, а также для нарезания резьб.

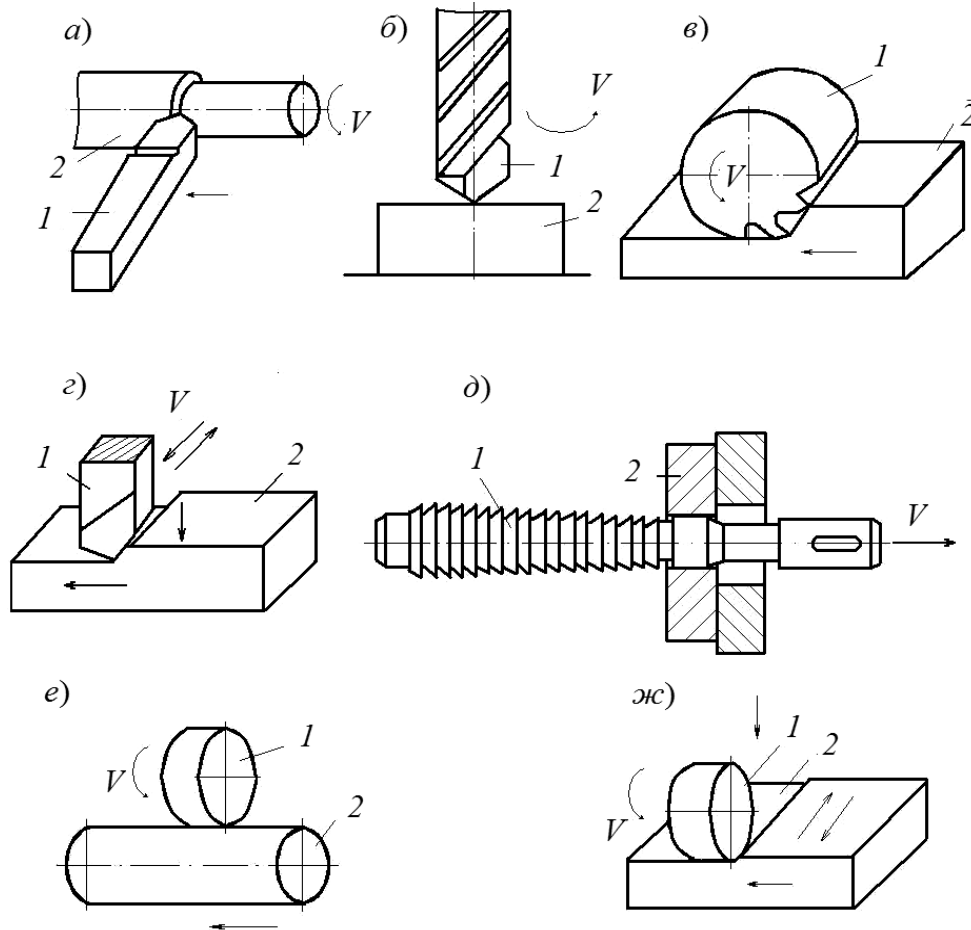
Сверление (рисунок 3.1, *б*). При обработке отверстий на сверлильных станках главным движением является вращение инструмента, а движением подачи – перемещение инструмента вдоль своей оси. Так обрабатывают отверстия в сплошном материале 2 или увеличивают размеры имеющихся отверстий. Сверлить можно также на токарных, револьверных, расточных, фрезерных станках и др. При сверлении отверстий на станках токарной группы главным движением является вращение заготовки, а движением подачи – перемещение сверла вдоль оси. Чтобы получить более точные отверстия, после сверления их необходимо зенкеровать, растачивать или развертывать.

Фрезерование (рисунок 3.1, *в*). При фрезеровании главным движением является вращение инструмента 1 , а движением подачи – поступательное перемещение заготовки 2 или фрезы. Применяя различные фрезы и фрезерные станки, можно обрабатывать разные поверхности: плоскости, криволинейные поверхности, уступы, пазы и др.

Строгание (рисунок 3.1, *г*). Главным движением при строгании является возвратно-поступательное перемещение резца 1 в поперечно-строгальных станках или заготовки 2 в продольно-строгальных. Движение подачи – периодическое перемещение заготовки или резца. Чаще всего строгание используют для обработки плоскостей.

Протягивание (рисунок 3.1, *д*) осуществляют с помощью специального инструмента – протяжки 1 , имеющей на рабочей части зубья, высота которых равномерно увеличивается вдоль протяжки. Главным движением является продольное перемещение инструмента, движение подачи отсутствует. Протягивание – высокопроизводительный метод обработки, обеспечивающий высокую точность и малую шероховатость обработанной поверхности заготовки 2 .

Шлифование (рисунок 3.1, *е, ж*). При шлифовании главным движением является вращение шлифовального круга 1 . Движение подачи обычно комбинированное и складывается из нескольких движений. Например, при круглом внешнем шлифовании – это вращение заготовки 2 , при продольном – перемещение заготовки относительно шлифовального круга и периодическое перемещение шлифовального круга относительно заготовки.



a – точение; *б* – сверление; *в* – фрезерование; *г* – строгание; *д* – протягивание; *е* – круглое шлифование; *жс* – плоское шлифование

Рисунок 3.1 – Основные методы обработки резанием

Шлифованием пользуются для окончательной обработки поверхностей деталей. Чаще всего применяют следующие методы: круглое внешнее шлифование (см. рисунок 3.1, *е*) – для обработки внешних поверхностей вращения; круглое внутреннее шлифование – для обработки отверстий; плоское шлифование (см. рисунок 2.1, *жс*) – для обработки плоскостей.

3.3 Процесс стружкообразования и сопутствующие ему явления

Схема процесса резания. Резец под действием силы P вдавливаются в обрабатываемый материал, сжимая расположенный перед ним слой, вследствие чего в срезаемом слое образуются значительные напряжения, вызывающие упругие и пластические деформации. В момент, когда возникающие напряжения превосходят прочность обрабатываемого материала, происходит сдвиг (скалывание) элемента стружки по плоскости сдвига (рисунок 3.2, *а*).

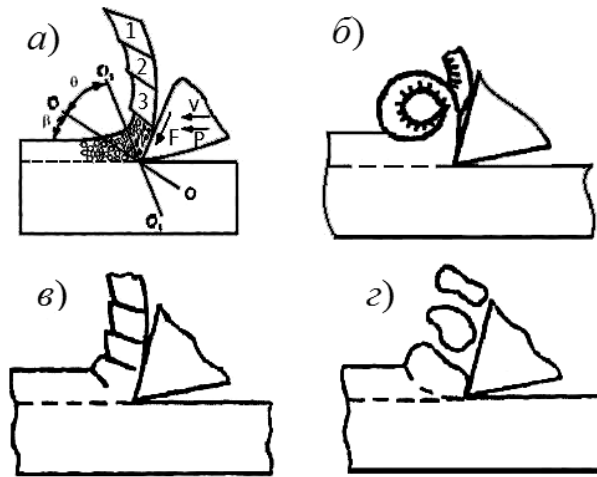


Рисунок 3.2 – Схема процесса резания и виды стружек

Типы стружек. В зависимости от обрабатываемого материала, условий резания, геометрической формы режущей части резца характер стружки изменяется. Установлено три типа стружек: *сливная, скалывания, надлома*.

Сливная стружка – сплошная лента, завивающаяся в спираль (рисунок 3.2, б). Она образуется при обработке пластичных металлов (мягкая сталь, латунь, алюминий и др.).

Стружка скалывания (рисунок 3.2, в) состоит из отдельных связанных между собой элементов. Обращенная к резцу сторона ее гладкая, а противоположная – пилообразная. Стружка скалывания образуется при обработке металлов средней твердости с невысокими скоростями резания и значительными подачами резцов, имеющих небольшие передние углы.

Стружка надлома (рисунок 3.2, г) состоит из отдельных не связанных или слабо связанных между собой кусочков металла неправильной формы. Образуется при обработке хрупких металлов (чугун, бронза, некоторые сплавы алюминия).

Критерий затупления. Предельно допустимая величина изнашивания, при которой инструмент теряет нормальную работоспособность, называется **критерием затупления**. С увеличением изнашивания задней поверхности инструмента возрастают силы резания, увеличивается работа трения, повышается температура, резко возрастают вибрации, увеличивается шероховатость обработанной поверхности. Поэтому **критерием затупления** выбирают определенную величину изнашивания **задней поверхности** инструмента (например, величина стертой фаски на задней поверхности резца при черновой обработке может составлять 0,5 мм).

Стойкость инструмента называют время его работы между переточками при определенном режиме резания. На стойкость влияют обрабатываемый материал и материал режущего инструмента, режим резания и другие условия обработки. Стойкость оказывает большое влияние на производительность и стоимость обработки; ее выбирают такой, чтобы стоимость выполняемой операции

была минимальной. Сложные дорогие инструменты, устанавливаемые на станках со сложной наладкой, должны иметь большой период стойкости.

Значения стойкости различных инструментов приведены в справочниках по режимам резания. Например, стойкость токарных резцов из быстрорежущих сталей составляет 45...60 мин, твердосплавных резцов – 45...90 мин, фрез цилиндрических – 180...240 мин и т. п.

3.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды движения в металлорежущих станках.
- 3 Основные методы обработки резанием и их схемы.
- 4 Типы стружки, критерий затупления.

Контрольные вопросы

- 1 Виды движения в металлорежущих станках.
- 2 Основные методы обработки резанием.
- 3 Процесс стружкообразования при резании металлов.

4 Лабораторная работа № 4. Обработка деталей на токарных станках

Цель работы: ознакомиться с назначением и действием основных узлов токарно-универсальных станков, а также с видами работ, выполняемых на указанных станках.

Оборудование, инструменты и приборы

Станок токарный; заготовка для обработки; набор необходимого режущего, монтажного и измерительного инструмента.

4.1 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках

Внешние цилиндрические поверхности обрабатывают проходными прямыми, отогнутыми, упорными, с закругленной вершиной для чистовой обработки резцами соответственно (рисунок 4.1, поз. 7–9, 11).

Плоскости обрабатывают проходными прямыми и отогнутыми, подрезными с поперечной подачей (рисунок 4.1, поз. а–в), упорными при продольной подаче (см. рисунок 4.1, поз. 11) резцами.

Прорезание канавок и отрезка заготовки выполняются с поперечной подачей канавочными и отрезными резцами (рисунок 4.1, поз. 3, 5 и 6).

Растачивают (увеличивают диаметр) цилиндрические отверстия расточными резцами (рисунок 4.1, поз. 12 и 13).

Фасонные поверхности небольшой длины обрабатывают резцами с поперечной подачей (рисунок 4.1, поз. 15). Профиль режущей кромки фасонного резца должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

Внешнюю резьбу можно нарезать резцом (рисунок 4.1, поз. 10) или плашкой, а внутреннюю – резцом (рисунок 4.1, поз. 14) или метчиком.

Резцы припаиваются к державке или крепятся механическим способом (рисунок 4.1, поз. 16).

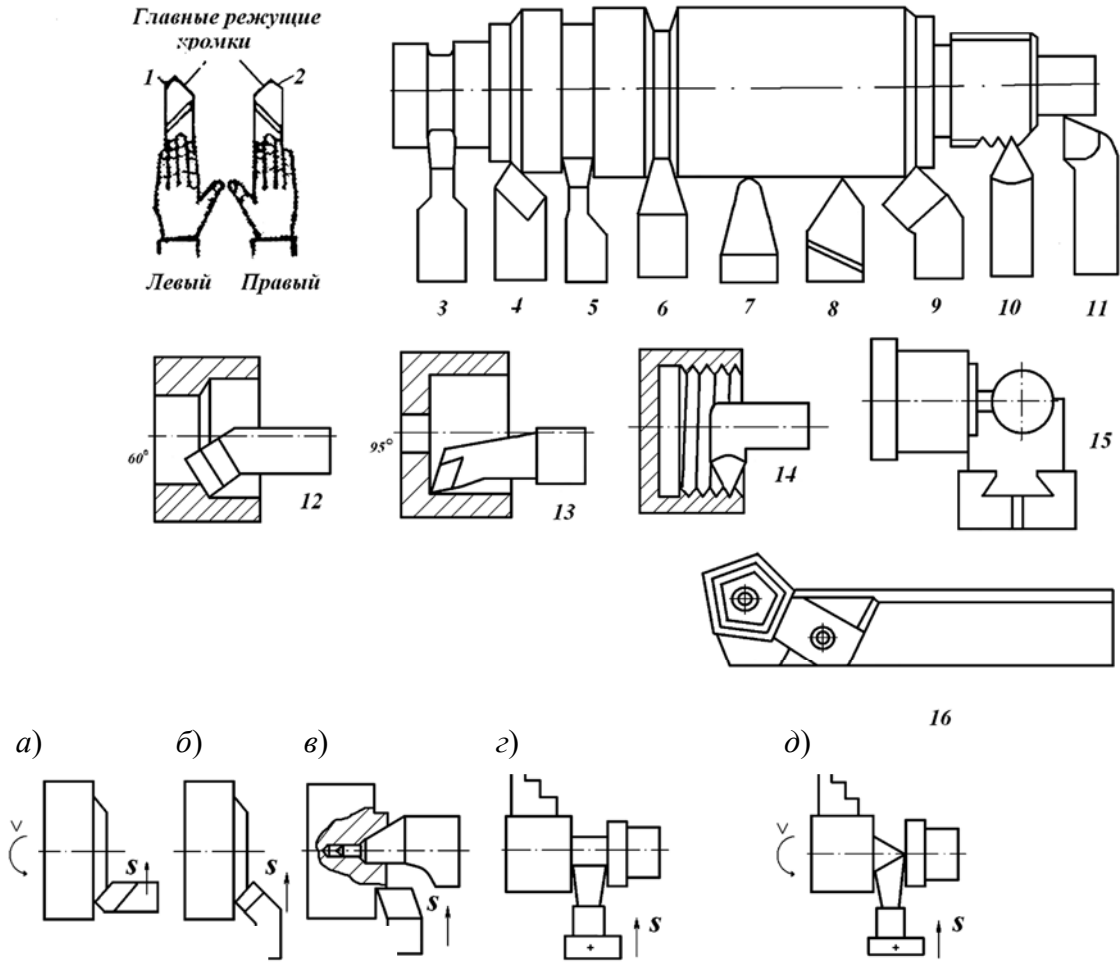


Рисунок 4.1 – Виды работ, выполняемых на токарном станке

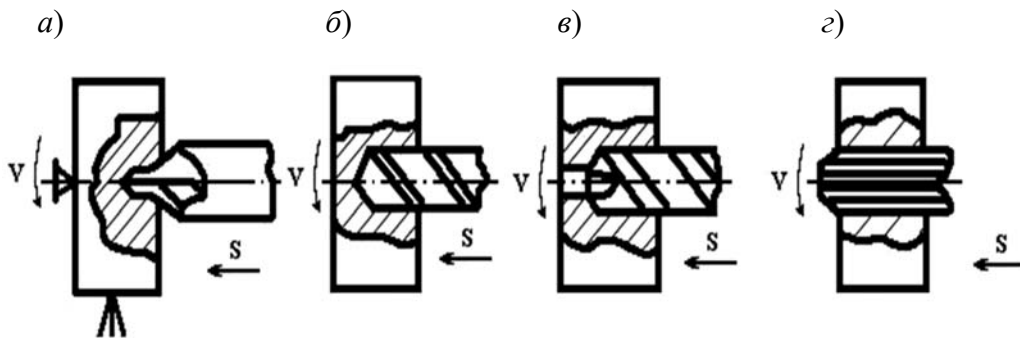


Рисунок 4.2 – Основные виды обработки отверстий

4.2 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды работ, выполняемых на токарных станках.
- 3 Виды инструментов, применяемых на токарных станках.

Контрольные вопросы

- 1 Инструмент, применяемый для обработки различных поверхностей.
- 2 Основные части токарных станков.
- 3 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках.

5 Лабораторная работа № 5. Плазменная наплавка

Цель работы: изучить основные узлы комплекса для плазменной наплавки EuTronic GAP 2501 DC.

Оборудование, инструменты и приборы

Комплекс оборудования для плазменной наплавки EuTronic GAP 2501 DC; материалы для наплавки.

5.1 Общие сведения

Плазменно-порошковая наплавка (ППН) – механизированный процесс, при котором источником теплоты служит сжатая дуга (плазма), а присадочным материалом – гранулированные металлические порошки, которые подаются в плазматрон транспортирующим газом с помощью специального питателя (рисунок 5.1).

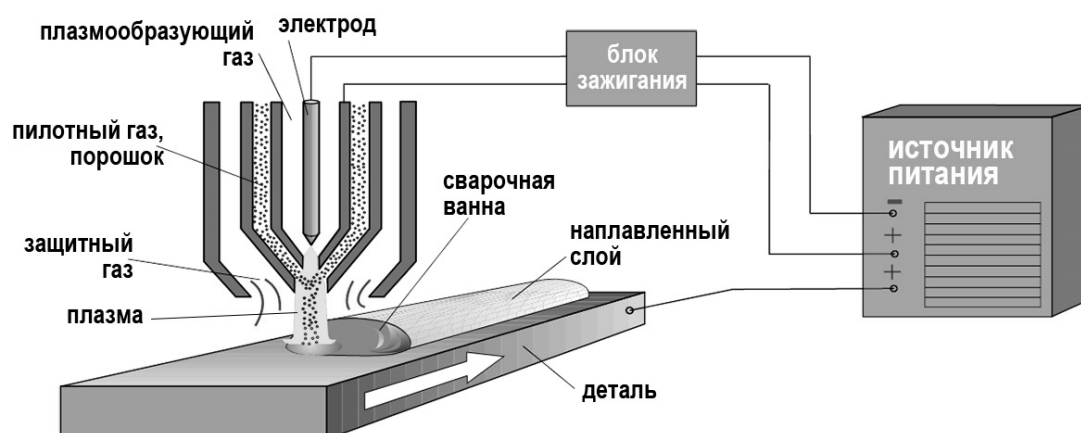


Рисунок 5.1 – Схема плазменно-порошковой наплавки

Преимущества плазменно-порошковой наплавки:

- высокая производительность (до 10 кг/ч);
- высокое качество наплавленного металла;
- малая глубина проплавления основного металла (до 5 %);
- минимальные потери присадочного материала;
- возможность наплавки относительно тонких слоев (0,5...5,0 мм).

Для плазменной наплавки в качестве присадочного материала применяются металлические порошки. Способы наплавки с использованием порошков удобно применять и тогда, когда необходимо получить тонкий (менее 1 мм) слой металла наплавки.

Чаще всего для плазменной наплавки применяются порошки на основе никеля, кобальта или железа. Присадки бора и кремния снижают температуру плавления сплава, что позволяет получить тонкий слой металла наплавки при малой (меньше 10 %) степени проплавления основного металла. В то же время примеси бора и кремния повышают твердость и износостойкость металла наплавки. Такие сплавы жаростойки до температуры 950 °С, сохраняют высокую твердость при нагреве до 750 °С и обладают хорошей коррозионной стойкостью в растворах NH₄Cl, KCl, NaOH, 10-процентной серной кислоте и других средах. Поэтому хромоникелевые сплавы с бором и кремнием нашли широкое применение для наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания, поршней кислотных насосов и т. д.

5.2 Порядок выполнения работы

- 1 Включить установку плазменной наплавки.
- 2 Установить требуемые режимы: тип используемой горелки, расход материала, защитного и плазмообразующего газов.
- 3 Параллельно на небольшом расстоянии друг от друга наплавить 2–3 валика длиной 50...70 мм.
- 4 Зачистить наплавленный металл и оценить качество наплавленного материала в целом.
- 5 На образцах изучить структуру многослойных швов, полученных плазменной наплавкой.

5.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Описание особенностей технологии плазменной наплавки.
- 3 Вывод о качестве многослойных швов при плазменной наплавке.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое ППН?
- 2 Перечислите основные элементы конструкции плазмотрона.
- 3 Перечислите преимущества плазменной наплавки и сварки.
- 4 Применяемые материалы для плазменной наплавки.

6 Лабораторная работа № 6. Обработка на станке плазменной резки металлов и сплавов

Цель работы: изучить процесс плазменной резки на станке с ЧПУ модели SpeedCut 15/30 MOST.

Оборудование, инструменты и приборы

Станок с ЧПУ модели SpeedCut 15/30 MOST; заготовка для резки.

6.1 Общие теоретические сведения

Плазма – это частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. Плазму можно получить электрическим разрядом в газе. Вещество, разогретое до температуры в сотни тысяч и миллионы градусов, уже не может состоять из обычных нейтральных атомов. При столь высоких температурах атомы сталкиваются друг с другом с такой силой, что не могут сохраниться в целостности. При ударе атомы разделяются на более мелкие составляющие – атомные ядра и электроны. Электроны наделены отрицательным электрическим зарядом, а ядра – положительным. Смесь этих частиц, называемая «плазма», представляет собой своеобразное состояние вещества, очень сильно отличающееся от относительно холодного газа по свойствам.

Схема плазменно-дуговой резки представлена на рисунке 6.1.

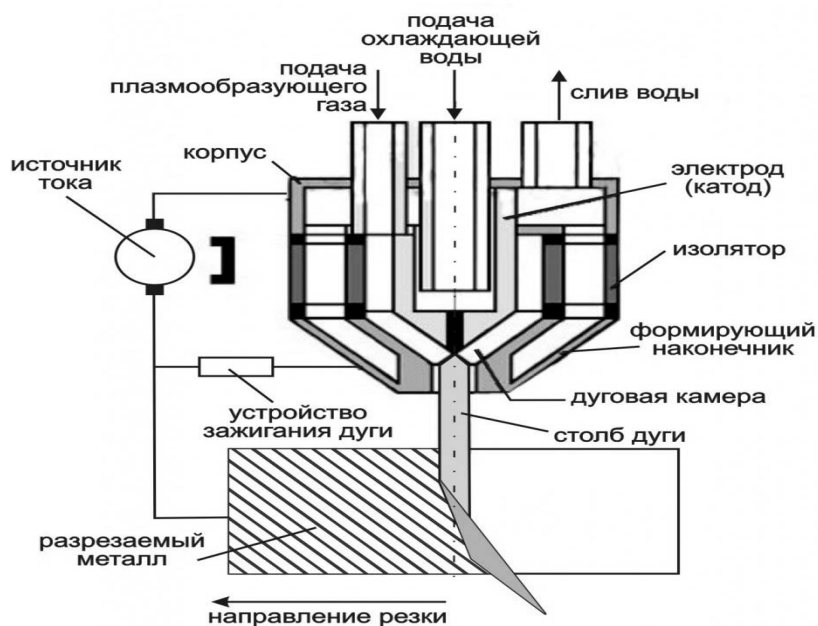


Рисунок 6.1 – Схема плазменно-дуговой резки

При плазменно-дуговой резке дуга горит между неплавящимся электродом и разрезаемым металлом (дуга прямого действия). Стабилизация и сжатие токового канала дуги, повышающие ее температуру, осуществляются соплом горелки и обдуванием дуги потоком плазмообразующих газов (Ar, N₂, H₂, NH₄) и их смесей.

В корпусе плазмотрона находится цилиндрическая дуговая камера небольшого диаметра с выходным каналом, формирующим сжатую плазменную дугу (см. рисунок 6.1). Электрод обычно расположен в тыльной стороне дуговой камеры. Непосредственное возбуждение плазмогенерирующей дуги между электродом и разрезаемым металлом, как правило, затруднительно. Поэтому вначале между электродом и наконечником плазмотрона зажигается дежурная дуга. Затем она выдувается из сопла, и при касании изделия ее факелом возникает рабочая режущая дуга, а дежурная дуга отключается. Столб дуги заполняет формирующий канал. В дуговую камеру подается плазмообразующий газ. Он нагревается дугой, ионизируется и за счет теплового расширения увеличивается в объеме в 50–100 раз, что заставляет его истекать из сопла плазмотрона со скоростью до 2...3 км/с и больше. Температура в плазменной дуге может достигать 25000 °С...30000 °С.

Первичный газ используется для облегчения воспламенения плазменной дуги и удлинения срока службы электрода. Типичные первичные газы зажигания – аргон, воздух и азот. Плазмообразующий газ необходим для резания заготовки. Типичные плазмообразующие газы для углеродистых и низколегированных сталей – воздух, кислород и азот.

Одним из видов применяемого оборудования является плазменный станок CNC фирмы MOST SpeedCut, предназначенный для резки листового металла и любых электропроводящих элементов, изготовленных из углеродистой и легированной стали, алюминия, латуни, меди и чугуна. Устройство может быть использовано в производственных процессах, для работ на заводе, а также при резке лома.

6.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением станка.
- 2 Ознакомиться с видами выполняемых работ на станке.
- 3 Установить заготовку на рабочем столе.
- 4 Произвести обработку по заданной программе.
- 5 Составить отчет по практической работе.

6.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Сущность процесса плазменной резки.
- 3 Назначение станка.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое «плазма»?
- 2 Какие газы применяют для плазменной резки?
- 3 Для чего используется первичный газ?
- 4 Величина температуры в плазменной дуге.

7 Лабораторная работа № 7. Формообразование заготовок литьем в кокиль

Цель работы: ознакомиться с технологией получения отливок литьем в кокиль.

Оборудование, инструменты и приборы

Печь для плавки металла; разъемный кокиль; литейный сплав.

7.1 Общие теоретические сведения

Сущность литья в кокиль заключается в том, что вместо разовой песчано-глинистой формы используют постоянную металлическую, называемую кокилем. Обладая, по сравнению с песчано-глинистыми формами, приблизительно в 60 раз более высокой теплопроводностью, кокили обеспечивают мелкозернистую структуру отливок, что повышает их прочность. При кокильном литье отпадает необходимость в модельно-опочной оснастке, в формовочных и стержневых смесях, что не только дает большую экономию, но и снижает количество пыли и улучшает санитарные условия труда; повышается точность и чистота поверхности отливки; обслуживание кокилей не требует рабочих высокой квалификации; значительно повышается производительность и уменьшаются необходимые производственные площади. Технологический процесс кокильного литья можно легко механизировать. Механизированные кокили имеют устройство, позволяющее закрывать и раскрывать их от пневматического или гидравлического привода.

Наряду с преимуществами, у кокильного литья есть и недостатки: высокая стоимость кокилей позволяет использовать их только в серийном и массовом производстве; опасность образования трещин в отливках из-за неподатливости металлического кокиля; чугунные отливки в кокиле получают отбеленными и требуется длительный отжиг, что ведет к удорожанию их производства.

Поэтому кокильное литье применяют только в условиях крупносерийного и массового производства при изготовлении несложных по конфигурации отливок с толщиной стенок от 3 до 100 мм из чугуна, стали и цветных металлов.

Изготавливают кокили из серого чугуна, стали, а также из цветных сплавов литьем с последующей механической обработкой.

7.2 Технологический процесс изготовления отливки

Технологический процесс изготовления отливки в кокиль состоит из следующих операций.

Рабочую поверхность кокиля и металлических стержней очищают от загрязнений. Затем на рабочую поверхность кокиля наносят теплозащитные покрытия для предохранения его стенок от воздействия высоких температур заливаемого металла, регулирования скорости охлаждения отливки, улучшения заполняемости кокиля, облегчения извлечения отливки и т. д.

Теплозащитные покрытия готовят из огнеупорных материалов (пылевидного кварца, молотого шамота, графита, мела и др.), связующего (жидкого стекла и др.) и воды. Теплозащитные покрытия наносят пульверизатором на предварительно подогретый до температуры 100 °С ...150 °С кокиль слоем толщиной 0,3...0,8 мм.

Заключительная операция подготовки кокиля – нагрев его до 150 °С ...350 °С. Температуру нагрева кокиля назначают в зависимости от сплава и толщины стенок отливки. Например, при изготовлении чугуновых отливок с толщиной стенок 5...10 мм кокиль нагревают до 300 °С ...350 °С, при толщине стенок 1,0–20 мм – до 150 °С ...250 °С, для алюминиевых и магниевых отливок – до 250 °С ...350 °С.

При сборке кокилей в определенной последовательности устанавливают металлические или песчаные стержни, проверяют точность их установки и закрепления, соединяют половины кокиля и скрепляют их.

Заливку металла осуществляют разливочными ковшами или автоматическими заливочными устройствами. Затем отливки охлаждают до температуры выбивки, составляющей 0,6–0,8 температуры солидуса сплава, и выталкивают из кокиля. После этого отливки подвергают обрубке, очистке и, в случае необходимости, термической обработке.

7.3 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с сущностью и технологией кокильного литья.
- 2 Подготовить кокиль к заполнению металлом.
- 3 Получить отливку посредством заполнения литейной формы расплавленным металлом.
- 4 Охладить заполненную форму до 30 °С ...40 °С.
- 5 Произвести разборку кокиля и извлечь отливку.
- 6 Произвести контроль качества отливки.

7.4 Содержание отчета

- 1 Начертить эскиз полученной отливки.
- 2 Сделать выводы по результатам контроля отливки.
- 3 Обнаружив дефекты, определить причину их возникновения.

Контрольные вопросы

- 1 Сущность литья в кокиль.
- 2 Достоинства литья в кокиль.
- 3 Недостатки литья в кокиль.
- 4 Область применения литья в кокиль.

8 Лабораторная работа № 8. Спектральный анализ металлов и сплавов

Цель работы: ознакомиться с методикой проведения спектрального анализа металлов и сплавов.

Оборудование, инструменты и приборы

Спектрометр для анализа металлов и сплавов SPECTROMAXx; набор образцов для анализа.

8.1 Общие теоретические сведения

Спектральный анализ – один из наиболее распространенных современных физических методов определения химического состава металлов и сплавов в заводской практике.

Сущность спектрального анализа состоит в том, что анализируемое вещество, приведенное в состояние свечения, дает информацию о своем составе посредством характеристического излучения.

Металл превращается в пар с помощью дугового электрического разряда. Полученный пар «возбуждается», т. е. к его свободным атомам подводится дополнительная энергия, в результате чего наружные легкоподвижные электроны оболочки атома переходят из своего нормального энергетического состояния в более высокое – «возбужденное». Возвращаясь затем спонтанно в нормальное состояние, атомы излучают полученный ими при возбуждении избыток энергии в виде света определенной волны. Различные атомы данного элемента могут возбуждаться по-разному и испускать свет различных длин волн, который называется ***эмиссионным спектром***. Для каждого элемента спектр вполне определен и характерен.

Особенности спектрального анализа заключаются в следующем:

- высокая скорость анализа (1...2 мин);
- высокая чувствительность;
- универсальность аппаратуры;
- низкая стоимость анализа при сравнительно высокой стоимости основного оборудования;

– анализу может быть подвергнута любая деталь.

Спектрометр SPECTROMAXx предназначен для проведения качественного и количественного анализа металлов и сплавов на содержание легирующих элементов и примесей в условиях промышленных, научных и учебных лабораторий. Принцип работы основан на измерении и регистрации аналитического сигнала, пропорционального интенсивности спектральных линий оптического излучения. Измеренные 18 CCD-детекторами значения сравниваются с калибровочными данными, внесенными в программное обеспечение прибора, пересчитываются в концентрации и в числовом значении выводятся на экран монитора.

Конструктивно спектрометр SPECTROMAXx представляет собой стальной корпус, внутри которого расположены основные элементы: УФ-оптика, воздушная оптика, блок электропитания, плазменный генератор, блок распределения и фильтрации аргона. На передней панели смонтирован искровой стенд для прожига исследуемых образцов (рисунок 8.1).



Рисунок 8.1 – Искровой стенд

Искровой стенд предназначен для осуществления электрического разряда между исследуемым образцом и подставным вольфрамовым электродом, что позволяет получить излучение характерного состава. Образец помещают на плиту искрового стенда, зажимают прижимом для замыкания электрической цепи и зажигают дугу соответствующей командой из программного меню. Прожиг проводится в автоматическом режиме в защитной атмосфере Ar.

8.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением и сущностью процесса спектрального анализа.
- 2 Ознакомиться с принципом действия и основными элементами спектрометра, их назначением.
- 3 Произвести 3–4 прожига, определив среднее значение содержания элементов.
- 4 По марочникам сталей и сплавов определить марку исследованной стали или сплава.
- 5 Оформить отчет.

8.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Основные узлы прибора и их назначение.
- 3 Результаты спектрального анализа.
- 4 Результаты по определению марки стали или сплава.
- 5 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Изложите сущность и особенности спектрального анализа.
- 2 Основные достоинства спектрального анализа.
- 3 Назначение искрового стенда спектрометра.
- 4 Назначение газовой системы спектрометра.

9 Лабораторная работа № 9. Обработка деталей на сверлильных станках

Цель работы: ознакомиться с назначением и устройством сверлильного станка, а также инструментом с видами работ, осуществляемых при их использовании.

Оборудование, инструменты и приборы

Вертикальный сверлильный станок; заготовка для обработки; набор сверл; крепежное оборудование; измерительный инструмент.

9.1 Общие теоретические сведения

Сверление – это метод изготовления отверстий в сплошном материале. Сверлением выполняют сквозные и глухие отверстия, а также обрабатывают

предварительно полученные отверстия с целью увеличения их размеров, повышения точности и снижения шероховатости поверхности.

Процесс сверления осуществляется в результате сочетания вращательного движения инструмента вокруг оси (главное движение) и его поступательного движения вдоль оси (подача).

9.2 Элементы режима резания

Скорость резания V – это путь точки режущего лезвия инструмента относительно заготовки в направлении главного движения в единицу времени. Она измеряется в метрах в минуту. Скорость резания в различных точках режущей кромки различна и изменяется от нуля в центре до максимальной на периферии сверла. При расчетах режимов резания принимается наибольшая скорость резания на периферии.

Подача при сверлении – это величина перемещения сверла вдоль оси за один оборот сверла S_o , мм/об (рисунок 9.1). У сверла две главные режущие кромки. Подача, приходящаяся на каждую кромку, $S_z = S_o/2$.

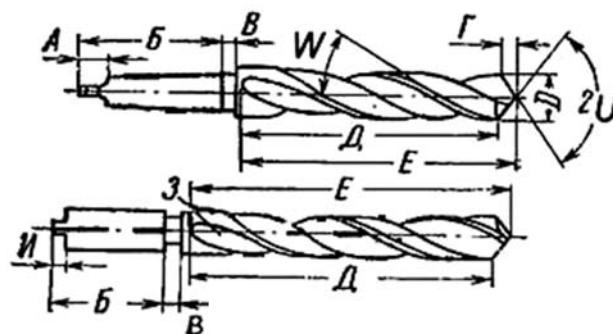
Глубина резания t , мм, при сверлении отверстия в сплошном материале составляет половину диаметра сверла.

9.3 Виды режущих инструментов

Обработка заготовок на сверлильных станках проводится сверлами, зенкерами, развертками, метчиками и комбинированными инструментами.

Сверла по конструкции разделяются на спиральные, центровочные и специальные. Спиральные сверла имеют наибольшее распространение.

Сверло по металлу состоит из лапки, хвостовика, шейки, режущей части, направляющей части, рабочей части, канавки, поводка (см. рисунок 9.1).



A – лапка; B – хвостовик; $В$ – шейка; $Г$ – режущая часть; $Д$ – направляющая часть; $Е$ – рабочая часть; $З$ – канавка; $И$ – поводок

Рисунок 9.1 – Элементы спирального сверла

На рабочей части сверла расположены режущие элементы, которые срезают

и отводят стружку. Рабочая часть сверла имеет по две главных и вспомогательных режущих кромки и одну поперечную. В отличие от резца передние поверхности сверла винтовые, главные задние поверхности криволинейные, а вспомогательные задние поверхности представляют собой винтовые ленточки, обеспечивающие направление сверла в процессе резания. Хвостовик служит для закрепления сверла на станке, имеет цилиндрическую или коническую форму. Шейка обеспечивает выход круга при шлифовании рабочей части сверла. На режущей части сверла, по аналогии с резцом, имеются углы.

Угол $2U$ выбирают с учетом свойств обрабатываемого материала. У стандартных сверл, применяемых при обработке разных материалов, $2U = 116...118$ град. У нестандартных сверл $2U = 70...90$ град – для малопрочных и хрупких материалов (включая пластмассы), $2U = 116...120$ град – для среднепрочных и $2U = 130...140$ град – для вязких и прочных.

9.4 Порядок выполнение работы

- 1 На выданную преподавателем заготовку нанести разметку отверстий.
- 2 Произвести центровку отверстий вручную при помощи специального инструмента (керна).
- 3 Закрепить заготовку в зажимном устройстве и просверлить отверстия.

9.5 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение и область применения сверлильных станков.
- 3 Виды работ, выполняемых на сверлильных станках.
- 4 Виды инструментов, применяемых на сверлильных станках.

Контрольные вопросы

- 1 Инструмент, применяемый для обработки отверстий.
- 2 Основные виды работ, выполняемых на сверлильных станках.
- 3 Режимы резания при сверлении.
- 4 Типы отверстий, получаемых при сверлении.

10 Лабораторная работа № 10. Обработка заготовок на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ

Цель работы: изучить основные узлы и виды выполняемых работ на электроэрозионном проволочно-вырезном станке с ЧПУ.

Оборудование, инструменты и приборы

Электроэрозионный проволочно-вырезной станок с ЧПУ модели DK7725; заготовка для обработки; чертеж детали.

10.1 Назначение и конструкция станка

Станок модели DK7725 предназначен для точной обработки всех типов металлических изделий малых и средних размеров, а также изделий сложной формы, изготовленных из проводящих и твердых материалов (закаленная сталь, высокопрочные сплавы), например, различные пресс-формы, испытательные пластины и т. д. Станок управляется в цифровом режиме и обеспечивает автоматическую и точную обработку изделия с широкими возможностями настройки.

Электроэрозионный станок с ЧПУ серии DK77 состоит из корпуса станка (основания), координатного рабочего стола, системы нитепротяжки, стойки электродной нити, системы циркуляции рабочей жидкости, системы электроуправления и цифровой системы управления.

Корпус станка. Корпус станка представляет собой железный закрытый корпус, по двум сторонам которого размещены электрический блок и блок рабочей жидкости (также они могут находиться внутри станка), рабочий стол, системы протяжки нити, освещения и другие компоненты на внешней части станка.

Координатный рабочий стол. Рабочий стол состоит из движущейся платформы, на которой расположен рабочий стол, средней тяговой платформы, винтов точной настройки и редуктора (коробка передач).

Вертикальный и горизонтальный ход тяговой платформы осуществляется по роликовой направляющей конструкции (или прямой рельсовой направляющей). Движение рабочего стола (подача заготовки) осуществляется посредством шагового двигателя через передаточный редуктор на шариковый винт точной настройки.

Движение нити. Устройство протяжки нити выполняет прямолинейное возвратно-поступательное движение электродной нити. Катушка хранения нити состоит из полого цилиндра, который отделен от основной оси. Двигатель протяжки нити соединен с катушкой хранения нити посредством муфты (втулки).

Стойка нитедержателя. Стойка нитедержателя состоит из колонны, неподвижной консоли, подвижной консоли и направляющих колес достаточной жесткости. В конструкции реализован метод полностью открытой протяжки нити. Электродная нить выходит из катушки хранения проводной нити, направляется в главное направляющее колесо в голове стойки нитедержателя через верхние и нижние распыляющие форсунки.

Система программируемого управления AutoCut WEDM. Пользователь использует CAD для построения графики обработки в соответствии с чертежом и задает WEDM методы для графики CAD, создает данные двухмерной или трехмерной обработки и выполняет изготовление детали. Во время обработки система может интеллектуально управлять скоростью мотора, параметрами импульсного тока и т. д.

10.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением станка и видами выполняемых работ.
- 2 Установить заготовку на рабочем столе.
- 3 Произвести обработку по заданной программе.
- 4 Составить отчет по практической работе.

10.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение станка.
- 3 Виды выполняемых работ на станке.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение станка и виды выполняемых работ.
- 2 Основные узлы станка.
- 3 Назначение основных узлов станка.

11 Лабораторная работа № 11. Обработка заготовок на токарных станках с ЧПУ

Цель работы: изучить основные узлы и виды выполняемых работ на токарном станке с ЧПУ модели СК6140А с системой Fanuc series 0i-TF; ознакомиться с основами программирования токарных станков с ЧПУ.

Оборудование, инструменты и приборы

Токарный станок с ЧПУ модели СК 6140 А; заготовка для обработки.

11.1 Назначение и конструкция станка

Станок модели СК6140А является полнофункциональным токарным станком нормальной точности с числовым программным управлением, разработанным и спроектированным с использованием современных технологий (рисунок 11.1).



Рисунок 11.1 – Общая компоновка станка

Данный станок предназначен для выполнения целого ряда операций, таких как автоматическая обработка внешних и внутренних цилиндрических, конических, угловых поверхностей вращения, для подрезки торцов, нарезания метрических, дюймовых, модульных и диаметральных питчевых резьб. Позволяет выполнять обработку изделий из стали, чугуна и цветных металлов.

11.2 Основы программирования станка

Интерполяция фигуры движения инструмента. Функция перемещения инструмента вдоль прямых линий и дуг называется интерполяцией (рисунок 11.2).

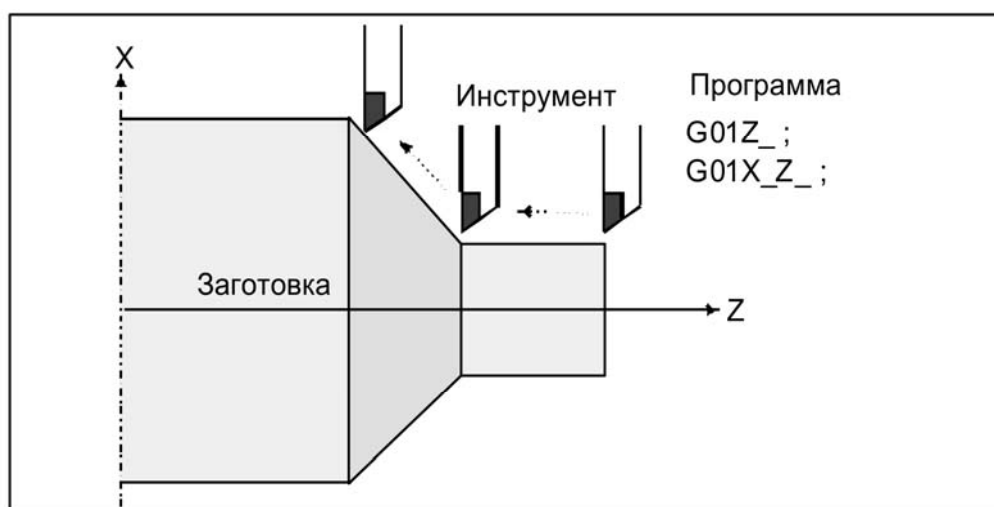


Рисунок 11.2 – Перемещение инструмента вдоль прямой линии

Термин «интерполяция» относится к операции, при которой инструмент движется вдоль прямой линии или дуги вышеописанным образом (рисунок 11.3).

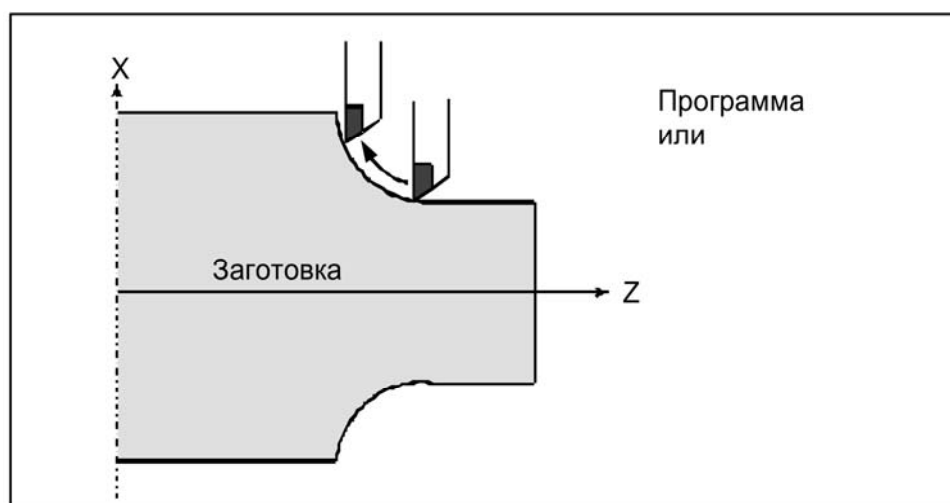


Рисунок 11.3 – Движение инструмента вдоль дуги

Символы запрограммированных команд G01, G02, ... называются подготовительной функцией и обозначают тип интерполяции, выполняемой в блоке управления (рисунок 11.4).

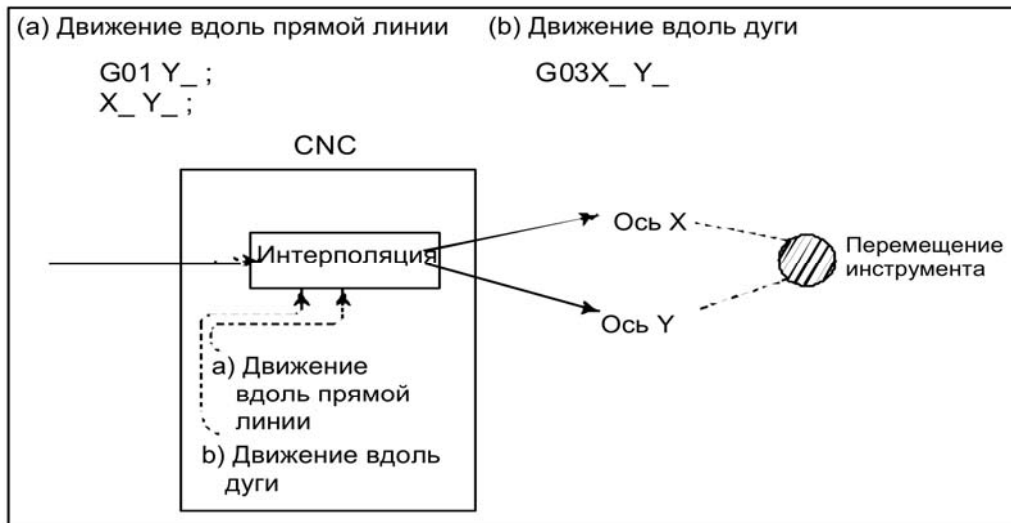


Рисунок 11.4 – Движение инструмента вдоль дуги

Функция подачи. Перемещение инструмента с заданной скоростью для резки заготовки называется подачей.

Например, для подачи инструмента со скоростью 150 мм/мин (подача в минуту) или 150 мм/об (подача за оборот) указать в программе следующее: F150.0 (рисунок 11.5).

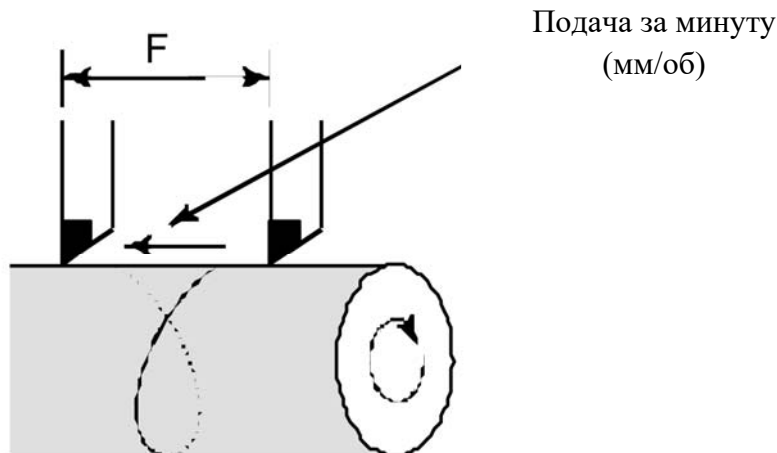


Рисунок 11.5 – Функция подачи

Референтная позиция. В станке с ЧПУ предусматривается фиксированное положение. Как правило, в данном положении выполняется замена инструмента и программирование точки абсолютного нуля, что будет описано далее. Это положение называется референтной позицией.

Инструмент перемещают на референтную позицию двумя способами.

1 Ручной возврат на референтную позицию. Возврат выполняется при помощи операции нажатия кнопки вручную.

2 Автоматический возврат на референтную позицию. Обычно ручной возврат на референтную позицию выполняется в первый раз после подключения электроэнергии. Для того чтобы переместить инструмент на референтную позицию для последующей смены инструмента, используется функция автоматического возврата на референтную позицию.

11.3 Конфигурация программы

Группа команд, направляемых в ЧПУ для управления станком, называется программой. Посредством ввода команд инструмент перемещается вдоль прямой линии или дуги, или происходит включение или отключение двигателя шпинделя. В программе задаются команды в последовательности, соответствующей фактическим перемещениям инструментов.

Группа команд в каждом шаге последовательности называется блоком. Программа состоит из групп блоков для серии операций обработки. Номер для обозначения каждого блока называется номером последовательности, а номер для обозначения каждой программы – номером программы.

Абсолютное и инкрементное программирование. Существует два способа программирования перемещения инструмента: абсолютное и инкрементное программирование. При абсолютном программировании задается значение координат конечной позиции. Инкрементное программирование используется для программирования величины перемещения инструмента.

G90 и G91 используются для абсолютного или для инкрементного программирования соответственно.

11.4 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением станка и видами выполняемых работ.
- 2 Изучить основные узлы станка.
- 3 Отработать включение станка.
- 4 Отработать перемещения заготовки и инструмента по программе.
- 5 Составить отчет по практической работе.

11.5 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение станка и виды выполняемых работ.
- 3 Основные понятия по программированию станка.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое интерполяция?
- 2 Что такое подача? Какие способы задания подачи вам известны?
- 3 Что такое референтная позиция?
- 4 Какие составные части входят в конфигурацию программы и блока?

12 Лабораторная работа № 12. Обработка деталей на фрезерных станках

Цель работы: изучить основные узлы и виды выполняемых работ на широкоуниверсальном фрезерном станке.

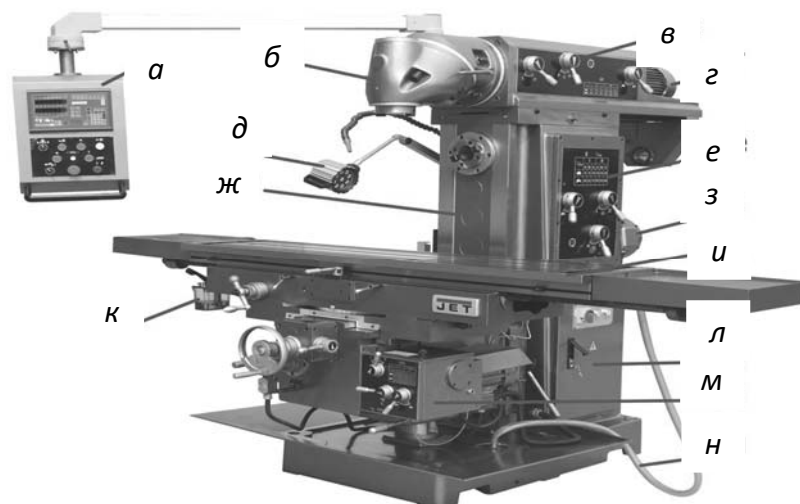
Оборудование, инструменты и приборы

Широкоуниверсальный фрезерный станок модели JET JUM-1464 DRO; заготовка для обработки.

12.1 Назначение и конструкция станка

Широкоуниверсальный фрезерный станок JET JUM-1464 DRO с поворотной головкой предназначен для вертикального и горизонтального фрезерования металлических заготовок.

Компоновка станка с указанием основных узлов представлена на рисунке 12.1.



а – панель управления; *б* – фрезерная поворотная головка; *в* – коробка подач вертикального шпинделя; *г* – привод вертикального шпинделя; *д* – светильник; *е* – коробка подач горизонтального шпинделя; *ж* – станина; *з* – привод горизонтального шпинделя; *и* – фрезерный стол; *к* – насос смазки стола; *л* – электрошкаф; *м* – коробка подач фрезерного стола; *н* – шланг системы подачи СОЖ

Рисунок 12.1 – Общий вид станка

Станина состоит из колонны и основания. Колонна крепится на основании с помощью винтов.

Перед колонной находится колено. С колонной колено соединяется через прямоугольные направляющие, которые могут подниматься и опускаться вдоль вертикальной направляющей.

Поворотная станина соединяется с коленом через прямоугольные направляющие. Стол соединяется с салазками через направляющие типа «ласточкин хвост». Рабочий стол и салазки перемещаются посредством ходового винта и гайки.

Главный привод приводится в действие устройством зубчатой передачи.

Коробка подач крепится в нижней правой части поворотной станины и приводится в движение непосредственно двигателем.

Рабочий стол перемещается вручную или автоматически, питание узла подачи обеспечено только одним двигателем. Коробка подач имеет двадцать четыре ступени скоростей и три передачи ускоренного хода.

Главный привод приводит в действие механизм шестерней, обеспечивает высокую эффективность, высокий крутящий момент, расширяет диапазон изменения скорости, вследствие чего расширяется диапазон параметров обработки.

Шпиндель приводной системы универсальной фрезерной головы установлен в консоли и приводится в движение фланцевым двигателем.

Система привода шпинделя установлена в колонне и управляется двигателем. Двигатель соединяется с приводным валом и передает усилие шпинделю через шестерни и передвигные шестерни.

Подача стола производится ручным или автоматическим управлением, для осуществления продольной и поперечной подачи стола усилие передается ходовому винту-гайке.

12.2 Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с назначением станка и видами выполняемых работ.
- 2 Установить заготовку на рабочем столе станка.
- 3 Выполнить фрезерование.
- 4 Составить отчет по практической работе.

12.3 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение станка и виды выполняемых работ.
- 3 Основные узлы станка и их назначение.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение станка.
- 2 Виды выполняемых работ на станке.
- 3 Основные узлы станка и их назначение.
- 4 Назначение основных узлов станка.

13 Лабораторная работа № 13. Выполнение операций фрезерования с применением промышленного робота FANUC M-710iC/50

Цель работы: изучить возможности шестиосевого антропоморфного манипулятора инструмента робота FANUC M-710iC/50 для выполнения операций фрезерования.

Оборудование, инструменты и приборы

Шестиосевой антропоморфный манипулятор инструмента робота FANUC M-710iC/50; контроллер робота FANUC M-710iC/50; заготовка для обработки.

13.1 Общие теоретические сведения

Фрезерная обработка предназначена для изготовления деталей типа корпусов, фланцев и т. п. Обработка выполняется путем резания заготовки (съемка стружки) специальным инструментом – фрезой. После станков токарной группы фрезерные являются наиболее распространенными металлорежущими станками.

Существует большое разнообразие типов фрезерных станков: консольно-фрезерные; продольно-фрезерные; фрезерные станки непрерывного действия; шпоночно-фрезерные; резьбофрезерные; копировально-фрезерные; специальные и др.

Но в условиях массового производства время прохождения единицы продукции через систему обработки должно быть относительно малым. Также для изделий характерна высокая стандартизация и унификация их узлов и деталей. Поэтому массовое производство характеризуется высокой степенью комплексной механизации и автоматизации технологических процессов. Значительные объемы выпуска позволяют использовать высокопроизводительное оборудование (автоматы, агрегатные станки, автоматические линии). Вместо универсальной оснастки используется специальная. Все это делает целесообразным применение для выполнения фрезерных операций роботизированных комплексов (рисунок 13.1).



Рисунок 13.1 – Роботизированный участок фрезерования

13.2 Выбор технологического и вспомогательного оборудования

Для выполнения процесса фрезерования необходимо выбрать:

- модель робота для выполнения сварочных работ;
- поворотный стол для крепления заготовки.

Выбор манипулятора. Для выполнения работ по фрезерованию заданного изделия применим шестиосевой антропоморфный манипулятор инструмента робота FANUC M-710iC/50.

Выбор поворотного стола. Поворотный стол предназначен для перемещения закрепленной заготовкой во время процесса фрезерования. Из конструктивных и экономических соображений целесообразно применять позиционеры, подобные КРЗ-V2H250, имеющие высокие характеристики по грузоподъемности, точности и быстродействию. Вид позиционера типа КРЗ-V2H250 представлен на рисунке 13.2.

Создание пользовательской системы координат USER FRAME (позиционера) и программы перемещения манипулятора инструмента робота по заданной траектории. Пользовательская система координат USER FRAME (см. рисунок 13.2) – это декартова система координат, определенная пользователем для каждой рабочей зоны (например, для поворотного стола, на котором планируется осуществлять обработку деталей).

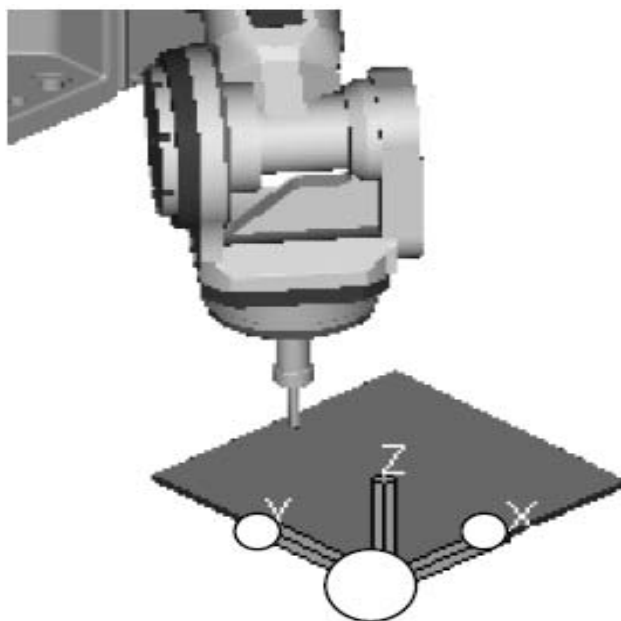


Рисунок 13.2 – Пользовательская система координат USER FRAME

Если система координат не определена пользователем, то действует система мировых координат WORLD FRAME (направления осей можно определить по правилу правой руки).

Пользовательская система координат включает нулевую точку (начало системы координат) и координаты точек, определяющие направления соответствующих координатных осей OX, OY и OZ.

Сущность процесса создания программы перемещения манипулятора инструмента робота по заданной траектории состоит в обучении робота конкретным точкам траектории с записью их координат в память.

Создание новой программы всегда начинается с задания ее имени.

Затем осуществляется обязательная привязка программы к ранее созданным системам координат TOOL FRAME и USER FRAME с конкретными номерами.

Точка, определяющая точное начальное положение инструмента, является первой в программе. Точка, определяющая точное конечное положение инструмента, является последней в программе. При этом необходимо заранее проверять отсутствие препятствий на пути инструмента при его перемещении из начального положения в первую точку и последнюю точки основной траектории.

Имеется важная особенность: при переходе инструмента из начального положения в первую точку основной траектории необходимо дополнительно задавать промежуточную точку (так называемая «нулевая точка»). Эту же операцию нужно делать и при перемещении инструмента с одной траектории на другую в рамках одной программы.

Выполнить обработку согласно созданной программе.

13.3 Порядок выполнения работы

1 Ознакомиться с оборудованием для фрезерования с применением промышленного робота.

- 2 Отработать включение промышленного робота.
- 3 Отработать перемещения фрезерной головки.
- 4 Составить отчет по практической работе.

13.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Типы манипулятора, позиционера и системы координат.
- 3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и тип манипулятора.
- 2 Назначение позиционера.
- 3 Тип пользовательской системы координат.

14 Лабораторная работа № 14. Формообразование заготовок литьем в песчано-глинистые формы

Цель работы: ознакомиться с методикой разработки технологического процесса получения отливок при литье в песчано-глинистые формы.

Оборудование, инструменты и приборы

Печь для плавки металла; формовочный инструмент; модель; формовочная смесь; опоки; шихта для выплавки металла.

14.1 Общие теоретические сведения

Сущность литейного производства заключается в приготовлении расплава и заливки его в специально изготовленную литейную форму для получения качественной отливки.

Литейная форма – это система элементов, образующих полость, при заливке которой расплавленным металлом и последующем его затвердевании формируется отливка. Форма обычно состоит из верхней и нижней полуформ, которые изготавливают при помощи модельного комплекта путем уплотнения формовочной смеси в опоках.

Опока – приспособление в виде стальной или чугуновой рамки для удержания формовочной смеси.

Формовочные материалы – совокупность природных и искусственных материалов, используемых для приготовления формовочных и стержневых смесей. В качестве огнеупорной составляющей смеси используют формовочный кварцевый песок, а для соединения частиц песка между собой применяют формовочные глины, смолы и другие связующие.

Формовка – совокупность технологических операций изготовления литейных форм и стержней, способных выдерживать воздействие расплавленного металла и сообщать ему свои очертания в процессе заливки и затвердевания. Основными операциями формовки являются наполнение опоки формовочной смесью, уплотнение ее, извлечение модели и сборка формы.

Модельный комплект – это совокупность технологической оснастки и приспособлений, необходимых для образования в форме полости, соответствующей контурам отливки. В модельный комплект включают модели, модельные плиты, стержневые ящики, модели элементов литниковой системы и другие приспособления.

Модель – приспособление для получения в форме отпечатка, соответствующего конфигурации и размерам будущей отливки.

Модельная плита – металлическая плита с закрепленными на ней моделями и элементами литниковой системы.

Стержень – элемент литейной формы, предназначенный для получения в отливках крупных отверстий и полостей. Его изготавливают из стержневой смеси в специальных **стержневых ящиках**. Рабочая полость стержневого ящика обеспечивает получение стержня нужного размера и очертания.

Литниковая система – это совокупность каналов, по которым расплав поступает из разливочного ковша в полость формы. Основными ее элементами являются:

- *литниковая чаша* – служит для приема расплавленного металла и подачи его в стояк;
- *стояк* – вертикальный канал для подачи металла из литниковой чаши в шлакоуловитель;
- *шлакоуловитель* – служит для удержания шлака и других неметаллических включений;
- *прибыль* – служит для питания отливки расплавом при ее затвердевании;
- *питатель* – служит для подвода расплавленного металла в полость литейной формы;
- *выпор* – служит для вывода газов, контроля заполнения формы расплавленным металлом.

14.2 Разработка технологического процесса получения отливок

Разработка технологии включает в себя следующие этапы.

1 Выбор и обоснование способа изготовления литейной формы.

2 Конструирование комплекта модельной оснастки (**модельного комплекта**), который включает в себя модели верха и низа, модель литниковой системы; комплекта стержневых ящиков, сушильных плит для стержней.

3 Разработка последовательности технологических операций формовки, сборки форм, заливки их металлом, очистки и обрубки отливок.

4 Разработка методов и способов контроля качества литой заготовки.

При конструировании модели сначала разрабатывают технологический чертеж отливки. На чертеж детали (рисунок 14.1, а), которая путем механической

обработки будет получена из литой заготовки, наносят все технологические указания, необходимые при изготовлении модели.

Все размеры детали увеличивают пропорционально величине усадки сплава, из которого будет изготовлена отливка. На поверхности, с которых будет сниматься слой металла при изготовлении детали, наносят припуски на механическую обработку (рисунок 14.1, б). На чертеже отливки припуск показывают тонкой красной линией со штриховкой по контуру детали, также указывается его величина. Припуск определяется по ГОСТ 26645–85.

Для удобства формовки и извлечения модели из уплотненной формовочной смеси модели делают разъемными.

Плоскость разъема, как правило, проходит через ось симметрии будущей модели, но обязательно так, чтобы ее части (верхняя и нижняя) беспрепятственно удалялись из полуформ.

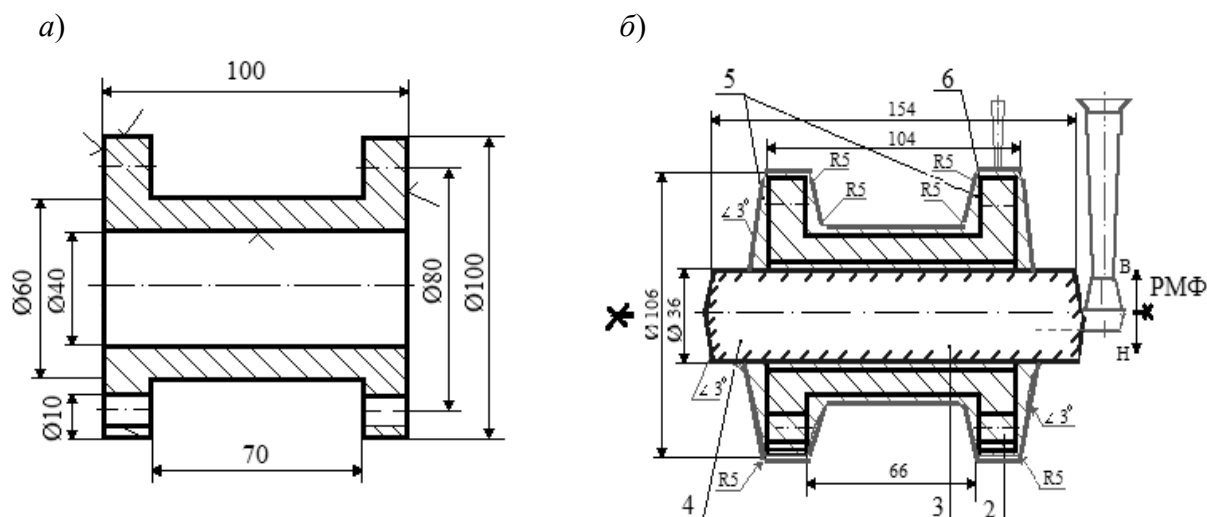


Рисунок 14.1 – Эскизы детали (а) и технологического чертежа отливки (б)

Разъем модели обозначают знаками «х-», «-х» и буквами РМ, а разъем литейной формы – РФ. Если разъем модели и формы совпадает, то на чертеже его обозначают РМФ. Стрелочками указывается направление разъема, которое необходимо принять. Верх и низ модели в форме обозначают соответственно В и Н.

Отверстия в заготовках диаметром менее 12 мм (см. рисунок 14.1, б, поз. 2) получать литьем нетехнологично, так как это в значительной мере усложняет как производство литейной формы, так и получение качественной отливки (возможно не заполнение тонких полостей – недолив) обычно получают сверлением, поэтому их тоже заштриховывают, как припуск на механическую обработку.

Крупные отверстия в отливках получают с помощью стержней 3. Основное тело стержня повторяет конфигурацию полости отливки. Для точной фиксации стержня в форме используют стержневые знаки 4, выполняемые заодно с самим основным телом стержня. На чертеже стержень изображается синим цветом со штриховкой у контурных линий.

Для облегчения извлечения модели из уплотненной смеси на всех ее поверхностях, расположенных перпендикулярно по отношению к плоскости разъема РМ,

наносят формовочные или литейные уклоны 5. Уклоны выполняют в направлении извлечения модели из формы. Их величина определяется по ГОСТ 3212–92 и зависит от размеров и места расположения поверхности. В местах сопряжений поверхностей моделей вводят радиусы скруглений (галтели) б.

При наличии галтелей литейная форма в таких скругленных углах после извлечения модели не осыпается, а отливка не приобретает склонности к появлению трещин, т. к. устраняются концентраторы напряжений.

После нанесения на чертеж (см. рисунок 14.1, б) всех указаний приступают к изготовлению модели и стержневого ящика. Размеры модели и ее очертания (рисунок 14.2, а) соответствуют чертежу (см. рисунок 14.1, б). Для точного совмещения половинок моделей на одной из них имеются шипы, а на другой – впадины (рисунок 14.2, б).

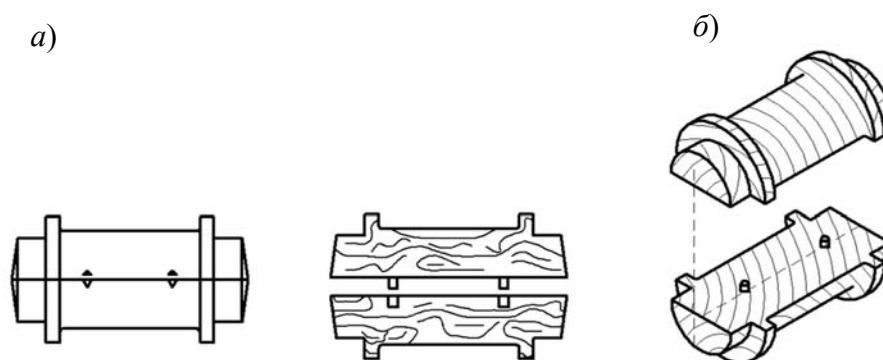


Рисунок 14.2 – Эскизы модели с сечением (а) и трехмерным изображением (б)

Размеры и очертания рабочей полости стержневого ящика соответствуют размерам и очертаниям стержня со знаками (см. рисунок 14.1, б; поз. 3 и 4). Для удобства извлечения стержня ящик делают разъемным (рисунок 14.3). В стержневом ящике изготавливают стержень путем уплотнения смеси в рабочей полости ящика.

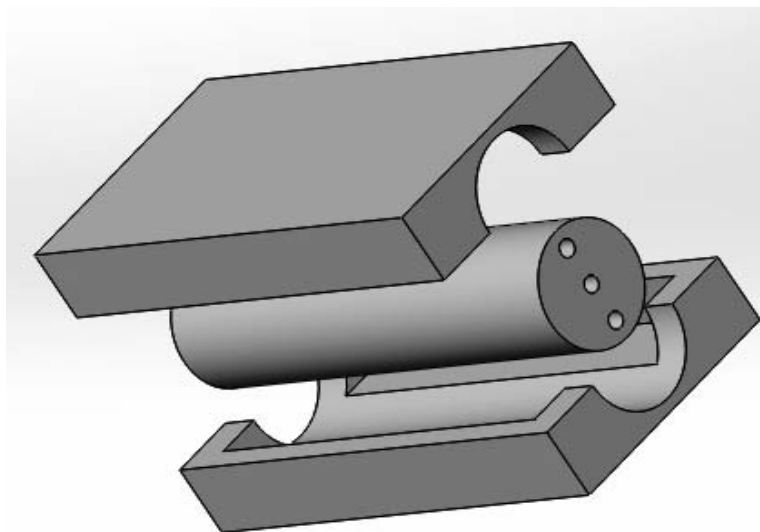


Рисунок 14.3 – Разъемный стержневой ящик

Также в процесс разработки литейной технологии входят конструирование и расчет *литниковой системы*, которые служат для заполнения литейной формы металлом.

14.3 Последовательности технологических операций формовки

Вначале изготавливают нижнюю полуформу (рисунок 14.4, *a*). На подмодельную плиту укладывают модель низа 2, затем на эту же плиту устанавливают опоку 3. Модель располагают в опоке таким образом, чтобы оставалось место для размещения литниковой системы. К модели подводят модель элемента литниковой системы – питатель 4.

На предварительно протертую разделительным покрытием поверхность модели насыпают тонкий слой формовочной смеси, которую тщательно уплотняют на поверхности модели. Затем слой последовательно насыпают и уплотняют, пока уровень ее несколько не превысит край опоки 3.

Излишки уплотненной смеси линейкой срезают вровень с краем опоки. Нижнюю полуформу поворачивают на 180° (вверх плоскостью разъема модели) и на модель низа 2 устанавливают верхнюю полумодель 7, совмещая шипы и впадины 13 (поз. *б*). На опоку 3 нижней полуформы устанавливают верхнюю опоку 8 и взаимно их фиксируют при помощи штырей 6, которые входят во втулки боковых проушин опок 5. Поверхность нижней полуформы посыпают тонким слоем разделительного песка для предотвращения соединения двух полуформ в процессе уплотнения смеси. На самую высокую поверхность модели устанавливают выпор 9, который обеспечит отвод газов из формы. Над моделью питателя 4 устанавливают модель шлакоуловителя 12 и стояка 11 с литниковой чашей 10. После этого формируют верхнюю полуформу, уплотняя формовочную смесь в опоке 8. Затем из уплотненной смеси извлекают модель выпора 9 и стояка 11.

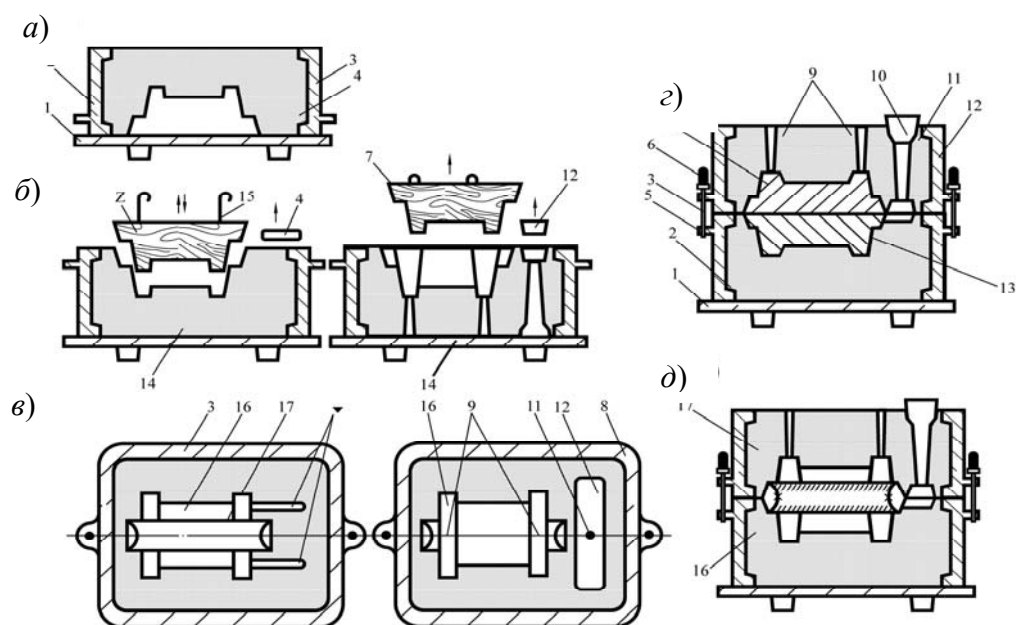


Рисунок 14.4 – Последовательность процесса изготовления сырой песчано-глинистой формы ручным способом

Для образования дополнительных газоотводящих каналов 14 полуформы многократно прокалывают иглообразной спицей. Верхнюю полуформу снимают с нижней и помещают рядом на щитке (поз. в). Из нижней и верхней полуформ с предварительной раскачкой удаляют полумоделю и элементы литниковой системы при помощи крючков или шпилек 15. После извлечения моделей в знаковые части нижней полуформы помещают стержень 17, изготовленный ранее. Нижнюю полуформу накрывают верхней (поз. д). Таким образом, получается литейная форма, внутри которой имеется полость 16, по конфигурации соответствующая конфигурации модели, а внутри полости расположен стержень 17, образующий отверстие в отливке.

14.4 Технология заливки, выбивка, обрубка и очистка литья

Заливку форм расплавленным металлом производят из ковшей различных конструкций, футерованных огнеупорным материалом. Температура заливаемого металла зависит от рода сплава, толщины стенок отливки и т. п. Заливку форм ведут непрерывно до полного заполнения литниковой чаши.

Выбивку отливок из литейных форм осуществляют на вибрационных решетках. От вибрации форма разрушается, смесь просыпается сквозь решетку, а опоки с отливкой остаются на решетке.

Обрубку и зачистку отливок от остатков питателей, заусенцев и заливок производят шлифовальными кругами, дековыми пилами, газоокислородной резкой или на обрезных прессах.

Очистка отливок от пригара осуществляется в очистных вращающихся барабанах или дробеметных установках.

14.5 Качество отливок

Контроль качества производят с целью обнаружения брака отливок. Основные виды брака и причины его возникновения:

- газовые раковины и пористость в отливках. Причины: малая газопроницаемость или повышенная влажность формовочной смеси;
- усадочные раковины и пористость в отливках. Причины: неправильный подвод жидкого металла в форму; слишком высокая температура заливаемого металла;
- песчаные и шлаковые раковины (полости в теле отливки, заполненные формовочной смесью или шлаком). Причины: слабая набивка формы; плохая конструкция шлакоуловителя;
- холодные трещины. Причина: неодинаковая скорость охлаждения различных сечений отливки, что приводит к возникновению внутренних напряжений;
- горячие трещины (имеют темную окисленную поверхность). Причины: малая податливость стержней и формы; резкие переходы от тонкой части отливки к толстой;

– коробление (изменение формы и размеров отливки под влиянием внутренних напряжений, возникающих при неравномерном охлаждении равных частей отливки). Причины: высокая скорость охлаждения; недостаточная податливость формы; нерациональная конструкция отливки;

– заливы (тонкие выступы вдоль разъема формы). Причина: неплотное смыкание полуформ;

– недолив (неполная отливка). Причины: плохая жидкотекучесть сплава; низкая температура расплава; малое сечение питателей; утечка расплава из формы.

14.6 Порядок проведения работы

- 1 Начертить эскиз детали.
- 2 Разработать технологический чертеж модели.
- 3 Начертить эскиз модели.
- 4 Используя модельный комплект, изготовить стержень и форму.
- 5 Получить отливку, заполнив форму расплавленным металлом.

14.7 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Эскиз модели.
- 3 Чертеж модели.

Контрольные вопросы

- 1 Что входит в состав модельного комплекта?
- 2 Для чего служат литейная опока, литниковая чаша, стояк, шлакоуловитель, питатели, выпор?
- 3 Какие основные причины и виды брака при литье?
- 4 В чем достоинства и недостатки литья в песчано-глинистые формы?

15 Лабораторная работа № 15. Проектирование технологического процесса горячей объемной штамповки

Цель работы: изучить процесс проектирования технологического процесса горячей объемной штамповки.

15.1 Общие теоретические сведения

Проектирование технологического процесса горячей объемной штамповки заключается в разработке чертежа (эскиза) поковки, выполняемого на основании чертежа (эскиза) готовой детали (рисунок 15.1), и расчете основных параметров штамповки, которые заносятся в таблицу 15.1.

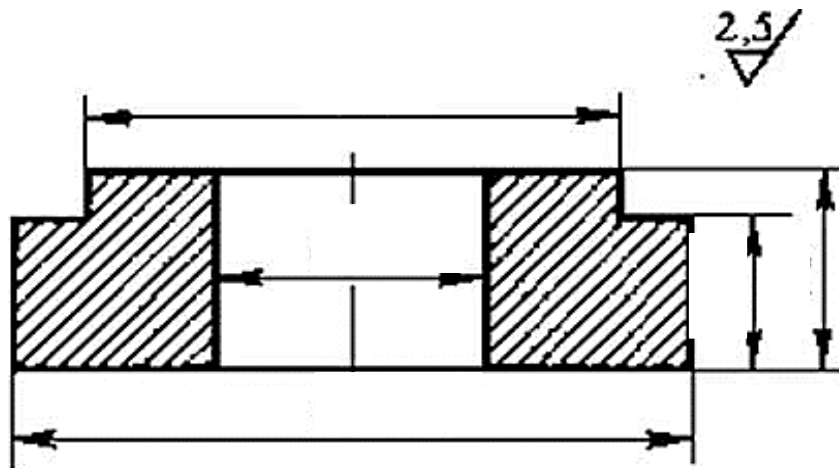


Рисунок 15.1 – Эскиз детали

Перед разработкой эскиза поковки предварительно определяется масса заданной детали по формуле

$$G_d = V \gamma,$$

где G_d – масса детали, кг;

γ – плотность металла (для стали $\rho = 7,8 \text{ г / см}^3$);

V – объем детали, см^3 .

При составлении эскиза поковки габаритный контур готовой детали показывают тонкими линиями. Контур поковки вычерчивают сплошными линиями. Цифры над размерной линией обозначают номинальные размеры поковки и допустимые предельные отклонения.

Разработка эскиза поковки осуществляется в следующей последовательности.

1 Выбирается плоскость разъёма штампа. Она должна обеспечивать возможность свободного извлечения поковки из штампа, препятствовать возможному сдвигу одной части штампа относительно другой, плоскость разъёма должна пересекать вертикальные поверхности поковки.

2 На поверхности поковки, подлежащих механической обработке, назначают припуски. Их выбирают по таблицам из ГОСТов в зависимости от габаритных размеров и массы поковок и от требований к поковкам.

3 По тем же таблицам назначают допуски – допустимые отклонения размеров поковок из-за возможной их недоштамповки по высоте, сдвига штампов, их износа.

4 Штамповкой не всегда можно получить сложную конфигурацию поковки. Поэтому для упрощения формы назначают напуски, представляющие собой часть объема поковки, добавляемую для облегчения ее изготовления. К напускам также относят штамповочные уклоны, внутренние радиусы закруглений, перемычки отверстий.

5 В штампах с одной плоскостью разреза нельзя получить сквозное отверстие в поковках. Поэтому в них делают наметку отверстия сверху и снизу, а между ними остается перемычка, толщина которой $S = 0,1$ от $d_{отв}$ поковки.

6 На боковые поверхности поковки (перпендикулярные плоскости разреза штампа), для облегчения извлечения ее из штампа, назначаются штамповочные уклоны.

Различают наружные α и внутренние β уклоны. Внутренние уклоны на $2^\circ \dots 3^\circ$ больше наружных, т. к. при охлаждении поковки ее внутренние поверхности прижимаются к штампу, а наружные отходят от стенок штампа, уменьшая вероятность застревания поковки в штампе (см. таблицу 15.1 и рисунок 15.2).

7 На пересекающиеся поверхности поковки назначаются наружные R и внутренние R_1 радиусы закруглений (рисунок 15.3), которые необходимы для лучшего заполнения полости штампа металлом. Практически достаточно, если наружные радиусы будут на $0,5 \dots 1$ мм больше величины припуска на механическую обработку данной поковки, а внутренние радиусы закруглений в 2–3 раза больше наружных. Для облегчения изготовления штампа радиусы следует выбрать как одно значение радиусов наружных и одно значение радиусов внутренних из следующего ряда чисел: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5.

Таблица 15.1 – Штамповочные уклоны

Штамповочное оборудование	Допустимый угол	
	Внешний угол α , град	Внутренний угол β , град
Гидравлические пресса	До 2	5...7

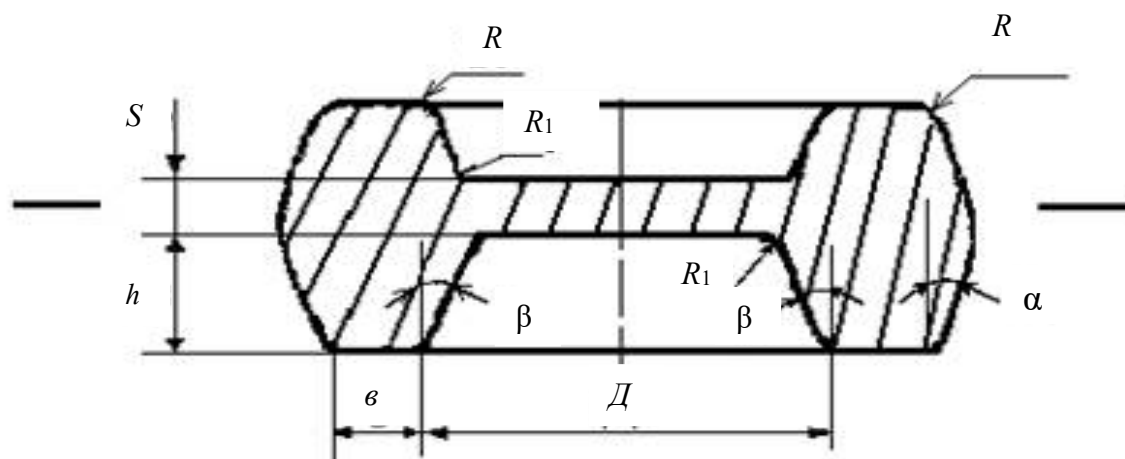


Рисунок 15.2 – Наружные R и внутренние R_1 радиусы закругления поковок, плоская перемычка под прошивку, наружные α и внутренние β штамповочные уклоны

8 Эскиз поковки составляется на основе эскиза детали с учетом припусков на механическую обработку, допусков на размеры и технологических напусков

(штамповочных уклонов, перемычек в отверстиях, внутренних радиусов закруглений и др.).

9 Расчет объема и массы поковки следует выполнять по эскизу поковки, разбивая весь объем на элементы, представляющие собой правильные геометрические тела.

10 Определение массы исходной заготовки осуществляется по формуле

$$G_z = G_n + G_y + G_o,$$

где G_z – масса исходной заготовки, кг;

G_n – масса поковки, кг;

G_y – масса металла, идущего на угар при нагреве заготовки, кг (угар при нагреве в пламенных печах принимают равными 3 % от массы поковки);

G_o – масса облоя, кг (принимается равной 10 %...15 % от массы поковки).

11 Исходя из массы детали и заготовки определяется коэффициент использования металла в процентах по формуле

$$K = G_d / G_z \cdot 100 \%$$

12 Температурный интервал горячей штамповки определяется по таблице 15.2.

Таблица 15.2 – Температурные интервалы ГОШ

Марка стали	Рекомендуемый интервал, °С
Сталь 9Х	1250...750
Сталь 20Х	1220...800
Сталь 40Х	1250...750
Сталь 18ХГТ	1110...825
Сталь 12ХНЗА	1180...830

13 Время выдержки заготовки в печи производится по формуле Н. Н. Доброхотова

$$T = K \cdot \alpha \cdot D \cdot \sqrt{D},$$

где T – общее время нагрева, включая выдержку, ч;

K – коэффициент, учитывающий степень легирования стали (принимается равным 10 – для углеродистой стали и 20 – для легированной);

α – коэффициент, зависящий от способа укладки заготовок в печи: для штучных заготовок круглого сечения, нагреваемых со всех сторон (единичное производство), $\alpha = 1$, а для плотноуложенных (массовое или серийное производство) $\alpha = 2$;

D – диаметр заготовки (размер стороны), м.

14 Необходимое усилие деформирования определяется по формуле

$$P_{\partial} = z \cdot m \cdot k \cdot F,$$

где P_{∂} – усилие деформирования, кг;

z – коэффициент для учета условий деформирования (таблица 15.3);

m – коэффициент, учитывающий объем заготовки (см. таблицу 15.3);

k – удельное давление деформирования (для конструкционных сталей принимается равным 6000 кг / см^2);

F – площадь проекции штампуемой поковки на плоскость разреза штампа (без учета облоя), см^2 .

Таблица 15.3 – Поправочные коэффициенты

Условие деформирования	Z	Объем заготовки, см^3	m
Заготовка простой конфигурации	1,5	25...100	1...0,9
Заготовка сложной конфигурации	1,8	100...1000 1000...5000	0,9...0,8 0,8...0,7

15.2 Порядок выполнения работы

- 1 Выполнить эскиз детали.
- 2 Выполнить расчет поковки и привести эскиз.
- 3 Выполнить расчет штампа и привести эскиз.
- 4 Выполнить расчет основных параметров ГОШ.

15.3 Содержание отчета

- 1 Название работы.
- 2 Цель работы.
- 3 Эскиз детали.
- 4 Эскиз поковки.
- 5 Эскиз штампа.
- 6 Расчет основных параметров горячей объемной штамповки (см. таблицу 15.1).

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается сущность обработки металлов давлением?
- 2 Как оценивается формаизменение металла?
- 3 Какие факторы влияют на пластичность металла и его сопротивление деформированию?
- 4 Как выбирается температура нагрева при обработке давлением?
- 5 Какие дефекты могут возникнуть при неправильном нагреве?
- 6 От чего зависит время нагрева заготовок?
- 7 Для чего назначаются штамповочные уклоны и радиусы закруглений?
- 8 Как подсчитывается масса заготовки?

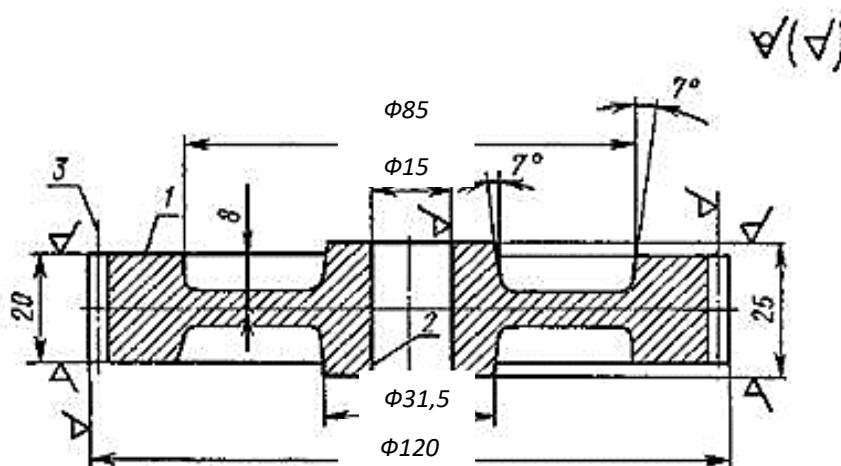


Рисунок 15.3 – Вариант 1. Шестерня. Сталь 30. Производство серийное

Эскиз изделия для выполнения работы.

Список литературы

1 Современные конструкционные материалы для машиностроения : учебное пособие / Э. Р. Галимов, А. Л. Абдуллин. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2019. – 268 с. : ил.

2 Технология конструкционных материалов : учебное пособие для академ. бакалавриата / Под ред. М. С. Корятова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 234 с.

3 **Рогов, В. А.** Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии: учебник для вузов / В. А. Рогов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 190 с.