

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технологии металлов»

ТЕХНОЛОГИИ И ДЕФЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
12.03.01 «Приборостроение» очной формы обучения*

Часть 1



Могилев 2022

УДК 621.01
ББК 34.4
Т87

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технологии металлов» «16» марта 2022 г.,
протокол № 11

Составители: канд. техн. наук, доц. Д. И. Якубович;
канд. техн. наук, доц. И. А. Лозиков;
канд. техн. наук, доц. А. С. Федосенко;
канд. техн. наук, доц. В. П. Груша;
канд. техн. наук, доц. А. И. Хабибуллин

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

В методических рекомендациях содержатся основные теоретические положения и методические указания к выполнению лабораторных работ по разделам «Обработка металлов резанием» и «Обработка металлов давлением».

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИИ И ДЕФЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Часть 1

Ответственный за выпуск	Д. И. Якубович
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 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, 2022

Содержание

Инструкция по технике безопасности	4
1 Лабораторная работа № 1. Общие сведения по обработке материалов резанием	5
2 Лабораторная работа № 2. Обработка заготовок на сверлильных станках	10
3 Лабораторная работа № 3. Обработка деталей на токарных станках	12
4 Лабораторная работа № 4. Обработка деталей на фрезерных станках	15
5 Лабораторная работа № 5. Выполнение разделительных операций листовой штамповки на кривошипном прессе	19
6 Лабораторная работа № 6. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией	22
7 Лабораторная работа № 7. Определение температурного интервала для горячей обработки давлением	25
8 Лабораторная работа № 8. Влияние перегрева, пережога и обезуглероживания на изменение микроструктуры	29
Список литературы.....	31

Инструкция по технике безопасности

Студент должен выполнять обработку металлов резанием на станках только в присутствии преподавателя или лаборанта. Перед включением станка необходимо убедиться, что рабочее место не завалено заготовками, стружками, деталями и работа станка никому не угрожает опасностью. Надеть спецодежду, застегнуть все пуговицы, убрать длинные волосы. Проверить станок на наличие неисправности, чтобы все ручки управления находились в нейтральном положении. Во время работы не опираться на станок и не отвлекаться. При работе с материалом, дающим мелкую стружку, надевать защитные очки. Не оставлять включенный станок даже на короткое время. Строго запрещается тормозить станок рукой или измерять деталь, менять режущий инструмент при включенном двигателе. Не прикасаться руками к вьющейся стружке или отрезаемой детали, это может привести к травмам и ожогам.

1 Лабораторная работа № 1. Общие сведения по обработке материалов резанием

Цель работы: изучение видов движения в металлорежущих станках, основных методов обработки, элементов режима резания, процессов, происходящих при резании металлов.

1.1 Суть и назначение обработки конструкционных материалов резанием

Обработкой конструкционных материалов резанием называется процесс отделения режущими инструментами слоя материала с заготовки для получения детали нужной формы, заданных размеров и шероховатости поверхностей.

Слой металла, удаляемый с заготовки при обработке, называется *припуском*.

Обработка резанием определяет качество изготавливаемых машин, их точность, долговечность, а также надёжность и стоимость. Трудоемкость станочных работ в машиностроении составляет наибольшую часть, достигая до 50 % общей трудоемкости изготовления машин.

1.2 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 снимать 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 при соприкосновении сверла с заготовкой, а перемещение сверла вдоль оси – движением подачи, дающим возможность просверлить необходимое отверстие.

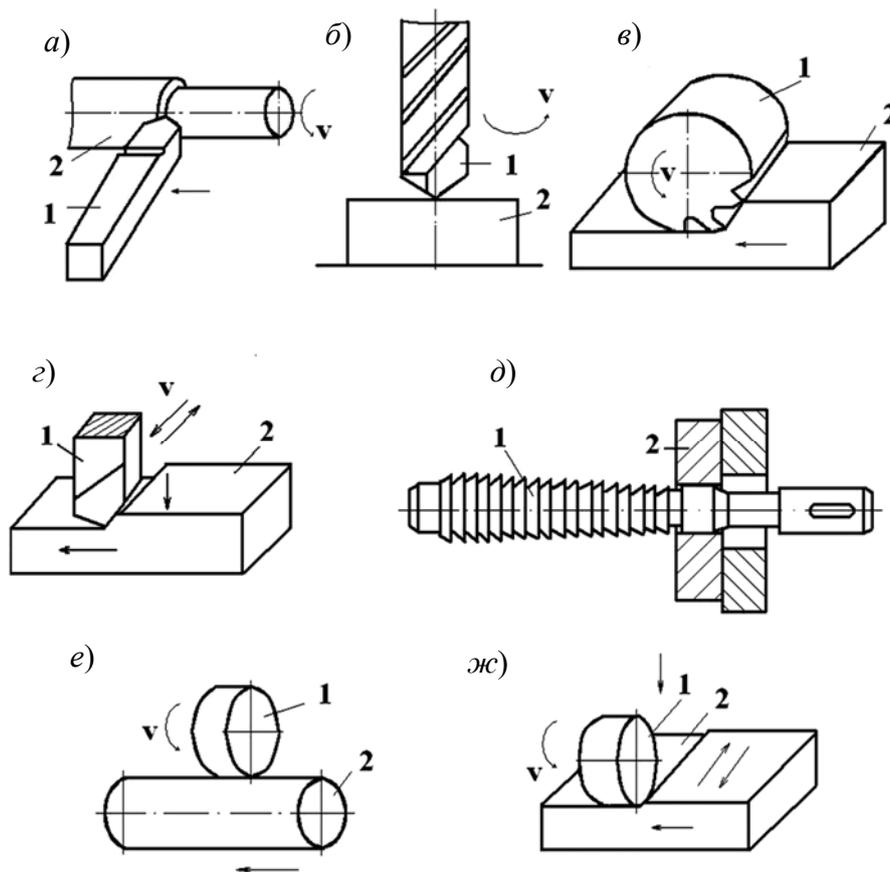
Виды главного движения и движения подачи. В металлорежущих станках главное движение чаще всего бывает *вращательным* (токарные, сверлильные, фрезерные, шлифовальные станки) или *прямолинейным*, т. е. возвратно-поступательным (строгальные и долбежные станки). Главное движение может

сообщаться заготовке (станки токарной группы, продольно-строгальные станки) или режущему инструменту (фрезерные, сверлильные, поперечно-строгальные станки).

В станках с главным вращательным движением подача *непрерывна* и резание *непрерывно*. В станках с возвратно-поступательным движением рабочий ход чередуется с холостым, движение подачи осуществляется перед началом каждого рабочего хода и, следовательно, резание *прерывисто*.

1.3 Основные методы обработки резанием

Точение. 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 (рисунок 1.1, а). Оно применяется для обработки внешних и внутренних цилиндрических, конических, фасонных поверхностей, торцовых поверхностей, а также для нарезания резьб.



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

Рисунок 1.1 – Основные методы обработки резанием

Сверление (рисунок 1.1, 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 1.1, 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 1.1, 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 1.1, 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 1.1, 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.

Шлифованием пользуются для окончательной обработки поверхностей деталей. Чаще всего применяют следующие методы: круглое внешнее шлифование (см. рисунок 1.1, е) – для обработки внешних поверхностей вращения; круглое внутреннее шлифование – для обработки отверстий; плоское шлифование (см. рисунок 1.1, ж) – для обработки плоскостей.

1.4 Процесс стружкообразования при резании металла и сопутствующие ему явления

Схема процесса резания. Резец под действием силы P вдавливается 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 1.2, а).

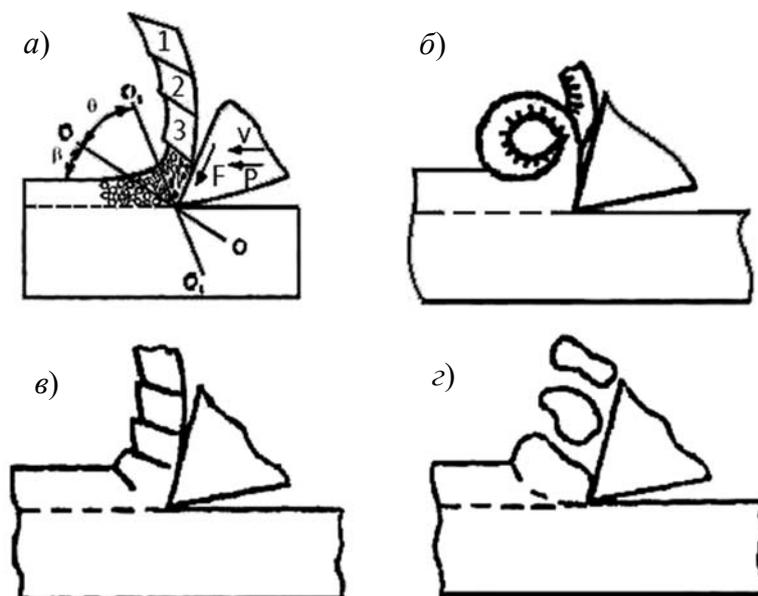


Рисунок 1.2 – Схема процесса резания и виды стружек

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 1.2, б). Она образуется при обработке пластичных металлов (мягкая сталь, латунь, алюминий и др.).

Стружка скалывания (рисунок 1.2, в) состоит из отдельных связанных между собой элементов. Обращенная к резцу сторона ее гладка, а противоположная – пилообразна. Стружка скалывания образуется при обработке металлов средней твердости с невысокими скоростями резания и значительными подачами резцов, имеющих небольшие передние углы.

Стружка надлома (рисунок 1.2, 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).

Механизмы изнашивания. Под изнашиванием режущего инструмента понимают разрушение его контактных поверхностей в результате трения стружки о переднюю поверхность инструмента, а задней поверхности – о заготовку.

Интенсивное разрушение контактных поверхностей инструмента часто обусловлено наличием в обрабатываемом материале достаточно твердых составляющих (карбиды, оксиды, поверхностная корка), которые царапают поверхности трения (*абразивное изнашивание*). Изнашивание тем больше, чем меньше твердость режущей части инструмента при резании и выше твердость составляющих обрабатываемого материала.

Высокое давление и температура резания вызывают *адгезионные* процессы на контактных поверхностях – схватывание материала, инструмента с материалом заготовки под действием атомарных сил. При этом частички инструментального материала беспрерывно вырываются и уносятся сходящей стружкой и обрабатываемой заготовкой.

При больших скоростях, когда в зоне резания развивается очень высокая температура, твердосплавный инструмент интенсивно изнашивается под действием *диффузии*. Происходит взаимное проникновение и растворение структурных составляющих инструментального и обрабатываемого материалов. Интенсивной диффузии благоприятствует то, что в контакт с инструментом беспрерывно вступают все новые участки обрабатываемого материала и стружки.

Виды изнашивания. Изнашивание инструмента происходит, главным образом, *по задней поверхности* при обработке хрупких материалов, например чугуна, а изнашивание *по передней поверхности* – при обработке сталей с высокими скоростями резания без охлаждения с толщиной срезаемого слоя более 0,5 мм (резцы).

Изнашивание может происходить по *передней и задней поверхностям одновременно*. Этот вид наиболее распространен и характерен для режущего инструмента при обработке срезаемого слоя с толщиной более 0,1 мм.

Стойкостью 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.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Виды движения в металлорежущих станках.
- 3 Основные методы обработки резанием и их схемы.
- 4 Типы стружки и виды изнашивания инструмента.

Контрольные вопросы

- 1 Виды движения в металлорежущих станках.
- 2 Основные методы обработки резанием.
- 3 Виды изнашивания резцов и стойкость инструмента.

2 Лабораторная работа № 2. Обработка заготовок на сверлильных станках

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

Оборудование рабочего места: вертикальный сверлильный станок EINHELL SB 401; заготовка для обработки; набор сверл; крепежное оборудование; измерительный инструмент.

2.1 Общее положение

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).

2.2 Устройство настольного сверлильного станка EINHELL SB 401

Основные узлы сверлильного станка EINHELL SB 401 представлены на рисунке 2.1: основание 1, рабочий стол 2, сверло спиральное 3, патрон сверлильный 4, рукоятки подачи 5, шпиндель 6, защитный кожух ременной передачи 7, электродвигатель 8, стойка 9.

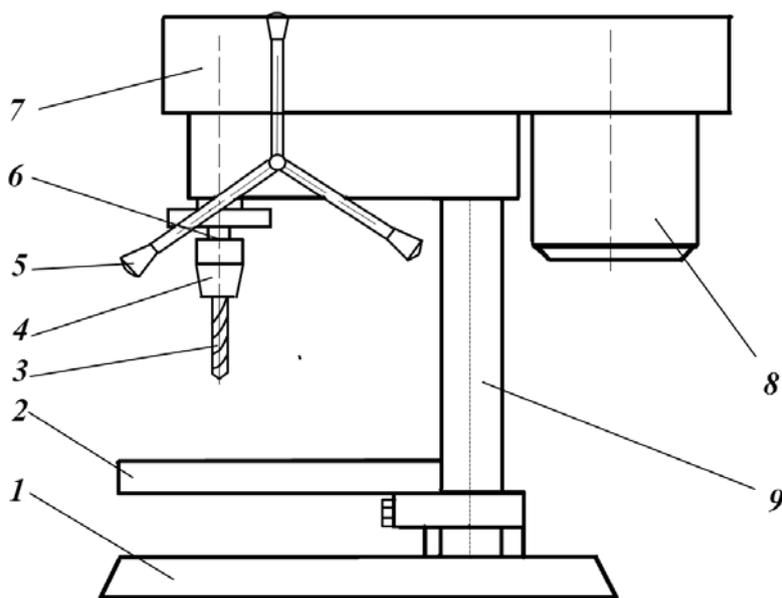


Рисунок 2.1 – Схема настольного сверлильного станка

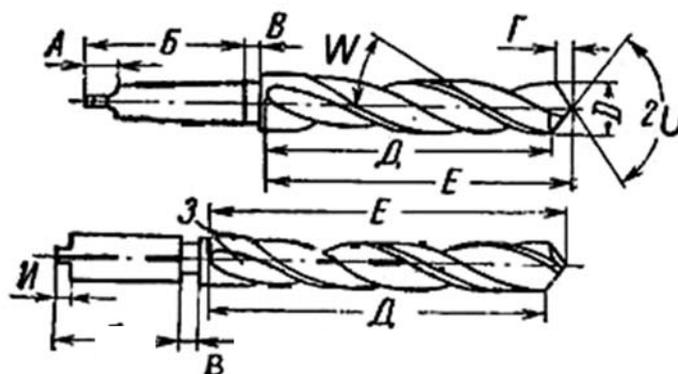
Основание предназначено для опоры или закрепления станка на плоской поверхности. Рабочий стол необходим для закрепления заготовки в специальном зажимном устройстве. Для сверления отверстий под углом к поверхности заготовки рабочий стол может быть повернут в вертикальной плоскости. Сверло используется для получения отверстия требуемого диаметра. Патрон служит для закрепления сверла при помощи специального ключа. Шпиндель является главным валом станка, осуществляющим передачу крутящего момента на патрон и сверло. Рукояткой подачи осуществляется вертикальное перемещение шпинделя, патрона и сверла в процессе сверления. Стойка служит для регулировки высоты и крепления основных рабочих частей сверлильного станка. На ней крепится блок с электродвигателем, крутящий момент которого подается на шпиндель с помощью ременной передачи, закрытой защитным кожухом.

2.3 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 (рисунок 2.2).



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

Рисунок 2.2 – 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.

2.4 Выполнение практической части работы

1 Согласовать с преподавателем эскиз будущей детали. В зависимости от исходных данных выбрать количество отверстий, их диаметр и расстояния между ними.

2 На выданную преподавателем заготовку нанести разметку согласно эскизу.

3 Произвести центровку отверстий вручную при помощи специального инструмента (керн).

4 Закрепить заготовку в зажимном устройстве и просверлить отверстия.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Назначение и область применения сверлильных станков.

3 Схема сверлильного станка.

4 Виды работ, выполняемых на сверлильных станках, и виды инструментов, применяемых для их исполнения.

Контрольные вопросы

1 Инструмент, применяемый для обработки отверстий.

2 Основные виды работ, выполняемых на сверлильных станках.

3 Основные части сверлильного станка и их назначение.

4 Виды движений при получении отверстий в сплошном материале.

3 Лабораторная работа № 3. Обработка деталей на токарных станках

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

Оборудование рабочего места: станок токарный настольный WM180V; заготовка для обработки; набор необходимого режущего, монтажного и измерительного инструмента.

3.1 Обработка деталей на станках токарной группы

3.1.1 Типы станков токарной группы. Все токарные станки принадлежат к первой группе и подразделяются на следующие подгруппы: полуавтоматы и автоматы одношпиндельные; автоматы и полуавтоматы многошпиндельные; револьверные; сверлильно-отрезные; карусельные; токарные и лобовые; много-резцовые; специализированные; разные.

По степени универсальности станки этой группы подразделяются таким образом:

- *универсальные* – для обработки различных деталей в единичном производстве;
- *специализированные* – для обработки группы деталей в серийном производстве;
- *специальные* – для обработки отдельных деталей.

3.1.2 Устройство токарного станка. Основные части токарного станка представлены рисунке 3.1: станина 1, передняя бабка 2, задняя бабка 3, суппорт 4. Станина 1 предназначена для закрепления на ней неподвижных и перемещения по направляющим подвижных частей станка (суппорт, задняя бабка).

В передней бабке 2 размещен главный вал – шпиндель с закрепленным на нем патроном 7 или другим приспособлением, передающим вращение заготовке, а также коробка скоростей, от которой шпиндель получает вращение с необходимой частотой.

На передней бабке также располагаются защитный кожух – 8, кнопка аварийного выключения станка – 9, ручка регулировки частоты вращения патрона – 10, индуктор частоты вращения патрона – 11.

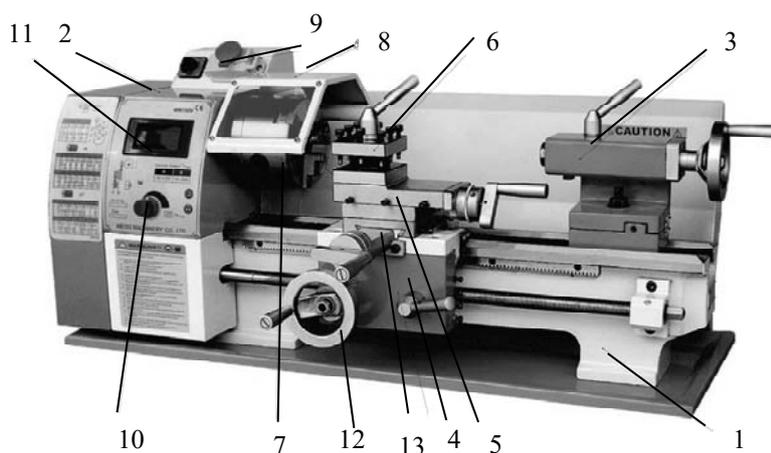


Рисунок 3.1 – Общий вид токарного настольного станка Universal WM180V

Задняя бабка 3 предназначена для поддержания с помощью центра правого конца заготовки, а также для закрепления в коническом отверстии пиноли сверла, зенкера или развертки соответственно при сверлении, зенкероании или развертывании отверстий в заготовке.

Коробка подач является составной частью механизма подач, получающего движение от шпинделя через гитару сменных зубчатых колес и передающего его ходовому винту или ходовому валу, от которых через механизмы фартука движение передается суппорту 4.

Суппорт служит для закрепления инструментов в установленном на нем четырехгранном резцедержателе 6. Суппорт состоит из продольных и поперечных салазок, которые могут перемещаться по направляющим вручную с помощью

моховиков 12 и 13 или автоматически, резцовых салазок (каретки) 5, которые перемещаются по направляющим только вручную.

3.1.3 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках. Для обработки на станках токарной группы наряду с основным вращательным движением заготовки, закрепленной в патроне, необходимо продольное или поперечное перемещение режущего инструмента.

Внешние цилиндрические поверхности обрабатывают проходными прямыми, отогнутыми, упорными, с закругленной вершиной для чистовой обработки резцами соответственно (рисунок 3.2, поз. 7–9, 11).

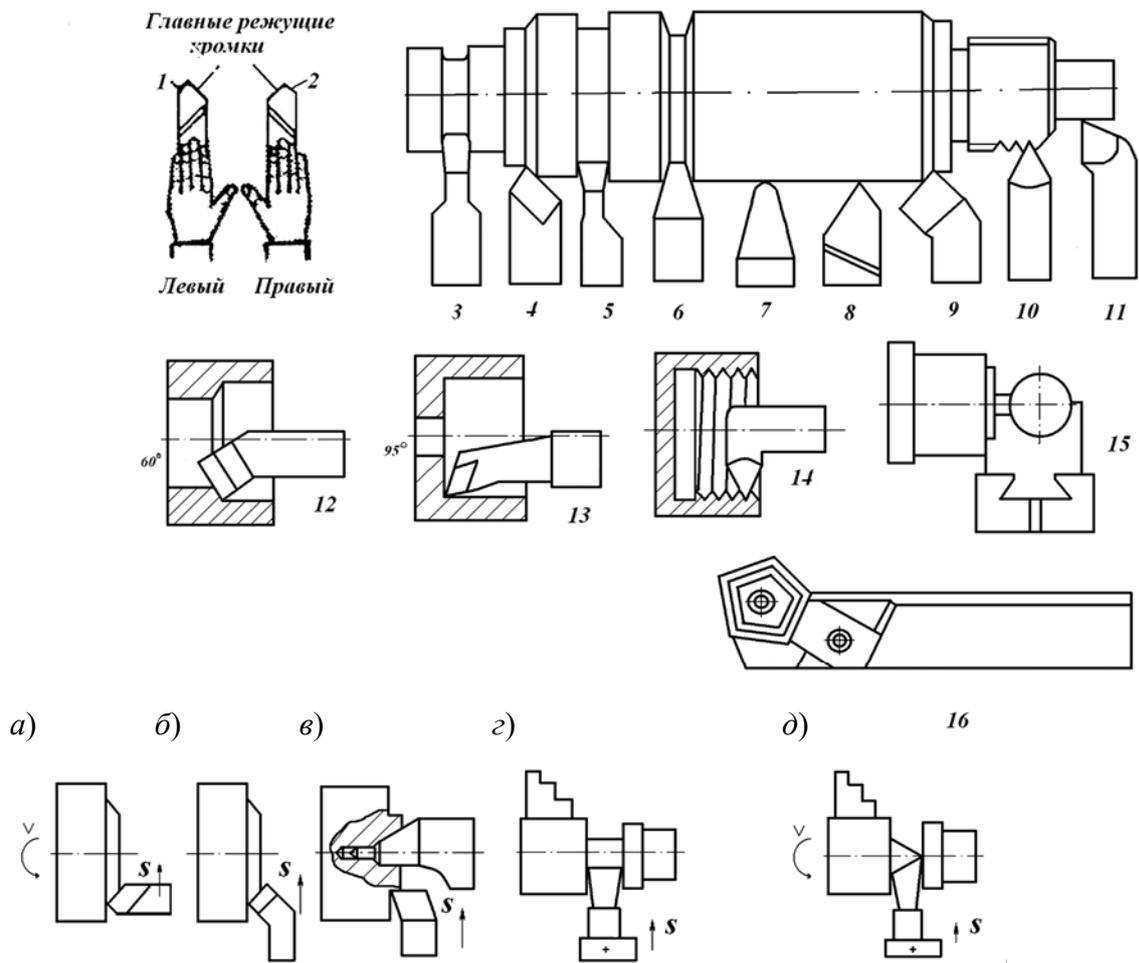


Рисунок 3.2 – Виды работ, выполняемых на токарном станке

Плоскости обрабатывают проходными прямыми и отогнутыми, подрезными с поперечной подачей (рисунок 3.2, а–в), упорными при продольной подаче (см. рисунок 3.2, поз. 11) резцами.

Прорезание канавок и отрезка заготовки выполняются с поперечной подачей канавочными и отрезными резцами (рисунок 3.2, поз. 3, 5 и б).

Растачивают (увеличивают диаметр) цилиндрические отверстия расточными резцами (рисунок 3.2, поз. 12 и 13).

Фасонные (сложной формы) поверхности небольшой длины обрабатывают

резцами с поперечной подачей (рисунок 3.2, поз. 15). Профиль режущей кромки фасонного резца должен соответствовать профилю обрабатываемой поверхности.

Нарезание резьбы. На токарном станке внешнюю резьбу можно нарезать резцом (рисунок 3.2, поз. 10) или плашкой, а внутреннюю – резцом (рисунок 3.2, поз. 14) или метчиком.

Резцы припаиваются к державке или крепятся механическим способом (рисунок 3.2, поз. 16).

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение и область применения токарного станка.
- 3 Виды работ, выполняемых на токарных станках, и виды инструментов, применяемых для их исполнения.
- 4 Упрощенные схемы токарного станка и назначение его основных узлов.

Контрольные вопросы

- 1 Инструмент, применяемый для обработки различных поверхностей.
- 2 Подразделение станков по степени универсальности.
- 3 Основные части токарных станков и их назначение.
- 4 Основные виды работ, выполняемых на токарных станках.

4 Лабораторная работа № 4. Обработка деталей на фрезерных станках

Цель работы: ознакомление с назначением фрезерных станков, устройством и действием их основных узлов.

Оборудование рабочего места: универсальный фрезерный станок модели Optimum BF20 Vario; заготовки для фрезерования плоскости; набор необходимого монтажного инструмента; измерительный инструмент.

4.1 Общие положения

4.1.1 Типы фрезерных станков. 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.

Консольно-фрезерные станки подразделяют на горизонтально-фрезерные, вертикально-фрезерные, универсально-фрезерные и широкоуниверсальные.

Главным движением служит вращение шпинделя (главного вала). По вертикальным направляющим станины может перемещаться консоль, осуществляя вертикальную подачу S_v , а по направляющим консоли – поперечные салазки, обеспечивая поперечную подачу S_n . Заготовку закрепляют на столе станка, который, перемещаясь по направляющим поперечных салазков, реализует продольную подачу $S_{пр}$.

Вертикально-фрезерный станок устроен аналогично горизонтально-фрезерному, но ось шпинделя у него расположена вертикально. Фрезерование на этих станках осуществляют торцевыми и концевыми фрезами.

Универсально-фрезерный станок отличается от горизонтально-фрезерного только тем, что между поперечными салазками и столом расположена поворотная часть, благодаря которой стол может быть повернут в горизонтальной плоскости на необходимый угол. Это дает возможность нарезать на таком станке зубчатые колеса с винтовыми зубьями, винтовые зубья в зенкерах, развертках, фрезах и т. п.

4.1.2 Основные типы фрез. В зависимости от способа крепления фрез на станке различают фрезы концевые (рисунок 4.1, *д–н*) с коническим или цилиндрическим хвостовиком и насадные (рисунок 4.1, *а–з*, *о–с*), имеющие отверстие и закрепляемые на оправке.

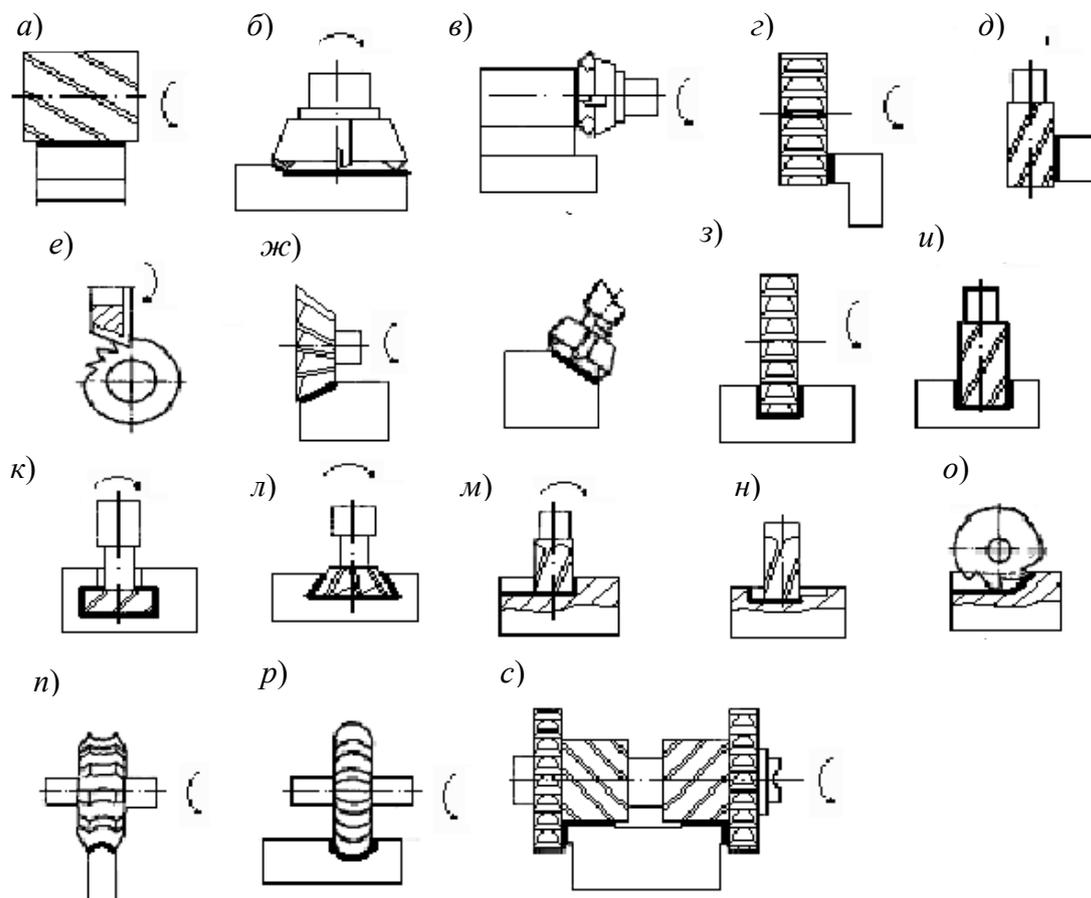


Рисунок 4.1 – Примеры работ, выполняемых на фрезерных станках

Концевые фрезы (см. рисунок 4.1, *д–н*) применяют для обработки пазов, плоскостей, фасонных поверхностей.

Цилиндрические фрезы имеют зубья только на цилиндрической поверхности и используются для обработки поверхностей. На рисунке 4.1, *а* изображена цилиндрическая сплошная фреза с винтовыми зубьями. Крупные цилиндрические фрезы изготавливают со вставными зубьями из быстрорежущей стали (см. рисунок 4.1, *б, в, ж*). Для фрезерования широких плоскостей применяют фрезы с разнонаправленными винтовыми зубьями (см. рисунок 4.1, *с*).

Торцевые фрезы имеют зубья на торце и боковой поверхности (см. рисунок 4.1, *г, з, с*) и только на торце (см. рисунок 4.1, *б, в, ж*). Их изготавливают цельными (см. рисунок 4.1, *г, з, с*) и со вставными зубьями и применяют для обработки поверхностей.

Дисковые фрезы (см. рисунок 4.1, *е, з, о–р*) применяют при фрезеровании прямолинейных пазов, канавок и плоскостей.

Отрезные и шлицевые фрезы – дисковые фрезы малой толщины, предназначенные для разрезания материалов и прорезания узких канавок.

Угловые фрезы (см. рисунок 4.1, *е, л*) с зубьями, расположенными на конической и торцевой поверхностях, используют для прорезания канавок углового профиля.

Фасонные фрезы (см. рисунок 4.1, *п, р*) находят применение при обработке деталей сложного, чаще криволинейного профиля.

Пальцевой фрезой нарезают зубья крупномодульных зубчатых колес.

4.1.3 Работы, выполняемые на фрезерных станках. Горизонтальные плоскости обрабатывают цилиндрическими фрезами (см. рисунок 4.1, *а*) на горизонтально-фрезерных станках либо торцевыми (см. рисунок 4.1, *б*) – на вертикально-фрезерных.

Вертикальные плоскости обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках торцевыми или дисковыми фрезами и на вертикально-фрезерных – концевыми (см. рисунок 4.1, *в–д*).

Наклонные плоскости и скосы обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках угловыми фрезами (см. рисунок 4.1, *е*) или на вертикально-фрезерных станках с поворотной головкой – торцевыми (см. рисунок 4.1, *ж*).

Прямоугольные пазы и уступы фрезеруют дисковыми фрезами на горизонтально-фрезерных станках или концевыми – на вертикально-фрезерных (см. рисунок 4.1, *з, и*).

Пазы Т-образные и типа «ласточкин хвост» фрезеруют на вертикально-фрезерном станке в два прохода. Сначала прорезают прямоугольный паз цилиндрической концевой фрезой, а затем фрезой соответствующего профиля (см. рисунок 4.1, *к, л*).

Шпоночные пазы открытые обрабатывают на горизонтально-фрезерных станках дисковыми фрезами (см. рисунок 4.1, *о*), а закрытые – на вертикально-фрезерных станках концевыми (см. рисунок 4.1, *м*) или специальными шпоночными фрезами.

Фасонные поверхности обрабатывают фасонными фрезами соответствующего профиля (см. рисунок 4.1, *n, p*).

Сложные поверхности часто фрезеруют набором фрез на горизонтально- и продольно-фрезерных станках (см. рисунок 4.1, *c*).

4.2 Назначение и устройство станка модели Optimum BF20 Vario

Настольный фрезерный станок Optimum BF20 Vario предназначен для вертикального фрезерования торцевыми, концевыми и шпоночными фрезами.

Станок Optimum BF20 Vario (рисунок 4.2) состоит из: чугунного основания 1, стола с пазами для крепления деталей 2, рукоятки вертикального перемещения фрезерной головки 3, переключателя диапазона числа оборотов 4, ручки подачи 5, защитного щитка 6, за которым находится шпиндель, цифровой индикации перемещения шпинделя и инструмента 7, панели управления 8, микрометрической подачи шпинделя 9.

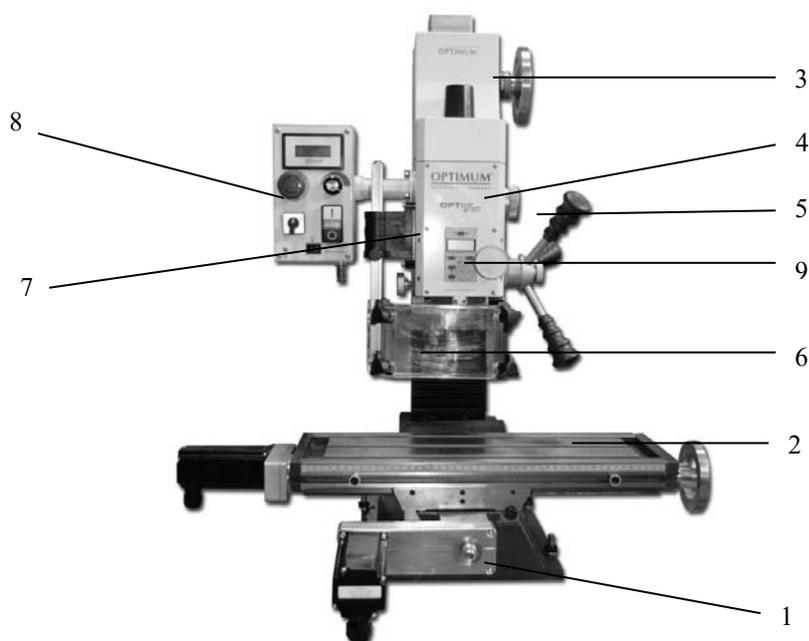


Рисунок 4.2 – Общий вид фрезерного станка модели Optimum BF20 Vario

При работе на фрезерном станке основными видами движения являются:

- главное движение – вращение шпинделя с фрезой;
- движение подач – продольное и вертикальное перемещения стола с заготовкой и горизонтальное перемещение шпиндельной бабки;
- вспомогательное движение – перемещения стола, шпиндельной бабки и вращение шпиндельной головки.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Назначение и область применения фрезерного станка.

3 Виды работ, выполняемых на фрезерных станках, и виды инструментов, применяемых для их исполнения.

4 Упрощенные схемы фрезерного станка и назначение его основных узлов.

Контрольные вопросы

1 Назначение фрезерных станков и их виды.

2 Основные типы фрез.

3 Виды движений при фрезеровании.

4 Виды работ, выполняемых на фрезерных станках.

5 Основные узлы и принцип работы фрезерного станка модели Optimum BF20 Vario.

5 Лабораторная работа № 5. Выполнение разделительных операций листовой штамповки на кривошипном прессе

Цель работы: ознакомление с основными операциями листовой штамповки.

Оборудование и инструмент: ручной механический инструмент для резки металла MR 15-22 (номинальное усилие 52500 Н); листовая заготовка; штангенциркуль.

5.1 Общие сведения о листовой штамповке

Листовая штамповка – процесс получения из листа, полосы, ленты изделий плоской или пространственной формы с заданными геометрическими и структурными параметрами без существенного изменения толщины материала.

Процессы листовой штамповки базируются на использовании пластичности обрабатываемых материалов и их упрочнении при обработке. Вследствие этого обеспечиваются точность и стабильность размеров изготавливаемых деталей, что является основным условием их взаимозаменяемости при достаточной прочности и минимальной массе и позволяет снижать массу отдельных конструкций и узлов машин. Благодаря этим достоинствам, а также высокому коэффициенту использования металла листовая штамповка находит широкое применение как в массовом, так и мелкосерийном производстве.

Заготовки обрабатывают с помощью инструментов, главные рабочие части которых называются пуансонами и матрицами.

Различные фазы процесса изготовления детали, при которых происходит изменение формы заготовки, называются операциями.

Все основные операции листовой штамповки делятся на разделительные и формообразующие.

К разделительным операциям относятся отрезка, вырубка, пробивка, обрезка, надрезка и др.

К формообразующим – гибка, скручивание, закатка, правка давлением (правка), вытяжка, рельефная формовка, отбортовка, раздача, обжим в штампе, чеканка, калибровка, редуцирование, высадка и др.

Разделительные операции листовой штамповки.

Отрезка – полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига.

Вырубка – полное отделение заготовки или изделия от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига.

Пробивка – образование в заготовке отверстия или паза путем сдвига удалением части металла в отход.

Обрезка – удаление излишков металла путем сдвига.

Разрезка – разделение заготовки на части по незамкнутому контуру путем сдвига.

Надрезка – неполное отделение части заготовки путем сдвига.

Проколка – образование в заготовке отверстия без удаления металла в отход.

Формообразующие операции листовой штамповки.

Гибка – образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей криволинейной формы.

Скручивание – поворот части заготовки вокруг продольной оси.

Закатка – образование закругленных бортов на краях полой заготовки.

Правка – устранение искажений формы заготовки.

Вытяжка – образование полой заготовки из плоской.

Рельефная формовка – образование рельефа в листовой заготовке за счет местных растяжений без изменения толщины металла.

Отбортовка – образование борта по внутреннему и наружному контурам заготовки.

Раздача – увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему периметру.

Обжим – уменьшение размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру.

Чеканка – образование на поверхности заготовки рельефных изображений за счет перераспределения металла.

При разделительных операциях материал заготовки доводится до разрушения, а при формообразующих изменяются форма и размеры заготовок. Методами листовой штамповки можно проводить сборочные операции. По принципу действия штампы могут быть простого действия, т. е. для выполнения одной операции, и комбинированные – для выполнения нескольких операций.

5.2 Технологическая оснастка

В работе используется ручной инструмент, с помощью которого можно получать отверстия диаметром до 16 мм. Инструмент имеет одну вырубную пару, в которую входит пуансон и матрица. Для получения отверстия штамповкой

необходимо выполнить одну операцию – вырубку по наружному контуру D (рисунок 5.1).

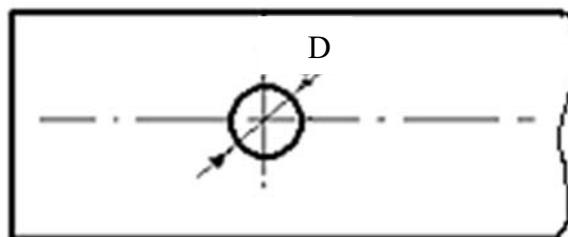


Рисунок 5.1 – Схема раскроя

Расчетное усилие вырубки определяется по формуле

$$P = 1,25 \cdot L \cdot S \cdot \tau_{cp},$$

где 1,25 – коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок пуансона;

L – периметр вырубаемого отверстия;

S – толщина заготовки, м;

τ_{cp} – предел прочности на срез, $\tau_{cp} = 14 \cdot 10^7$ Н/м².

В работе для получения заготовок используется ручной механический инструмент для резки металла MR 15-22 с усилием пробивки 52500 Н.

Заготовка в инструмент подается вручную.

Ход работы

- 1 Ознакомиться с основными операциями листовой штамповки.
- 2 Рассчитать необходимое усилие для вырубки.
- 3 Произвести вырубку заготовок.
- 4 Поместить заготовку в рабочую зону инструмента.
- 5 Произвести вырубку заготовок.
- 6 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Основные операции листовой штамповки.
- 3 Расчет необходимого усилия для пробивки.

Контрольные вопросы

- 1 На чем основан процесс листовой штамповки?
- 2 Что является инструментом при листовой штамповке?
- 3 Какие операции относятся к разделительным?
- 4 Что относится к формообразующим операциям?

6 Лабораторная работа № 6. Влияние холодной деформации на изменение твердости металлов и снятие наклепа рекристаллизацией

Цель работы: изучение влияния обжатия в холодном состоянии на изменение твердости металла и снятие наклепа за счет рекристаллизации.

Оборудование и инструмент: гидравлический пресс «Титан НД-50»; твердомер ТК-2; электропечь; измеритель температуры; стальной образец диаметром 5...8 мм и высотой 6...10 мм с температурой плавления 1500 °С; измерительный инструмент; щипцы.

6.1 Основные теоретические положения

При пластическом деформировании металлов и сплавов в холодном состоянии, наряду с изменением формы и структуры, происходит изменение их механических и физико-химических свойств. Увеличиваются предел прочности, твердость, понижаются характеристики пластичности (ударная вязкость, относительное удлинение), уменьшаются электропроводность, теплопроводность, сопротивление коррозии. Совокупность изменений механических и физико-химических свойств в результате холодной пластической деформации называется **упрочнением** или **наклепом**.

Упрочнение металла в процессе пластической деформации (наклеп) объясняется увеличением числа дефектов кристаллического строения (дислокаций, вакансий, межузельных атомов). Все дефекты кристаллического строения затрудняют движения дислокаций, а следовательно, повышают сопротивление деформации и уменьшают пластичность. Стадия легкого скольжения при деформации отсутствует.

Наклеп зачастую является нежелательным и подлежит устранению или снятию. Снимают наклеп посредством рекристаллизации. При повышении температуры подвижность атомов возрастает, и при достижении определенной температуры образуются новые равноосные зерна. **Рекристаллизация** – это процесс, при котором в результате теплового воздействия (нагрева) происходит перестройка кристаллов холоднодеформированного металла, зарождение и рост новых кристаллов с неискаженной решеткой и значительно меньшей плотностью дефектов. При этом материал после рекристаллизации имеет равновесную структуру, близкую к структуре металла до пластической деформации.

Процесс рекристаллизации происходит при температуре выше температуры рекристаллизации, определяемой для чистых металлов по формуле Бочвара

$$T_{рек.} = 0,4T_{пл.},$$

где $T_{рек.}$ и $T_{пл.}$ – температуры рекристаллизации и плавления, взятые по шкале Кельвина.

По шкале Цельсия формула Бочвара имеет вид:

$$t_{рек.} = 0,4 (t_{пл.} + 237) - 237.$$

В результате рекристаллизации холоднодеформированного металла наклеп снижается, металл разупрочняется.

Ход работы

- 1 Включить печь в электросеть.
- 2 Вычертить таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты экспериментов

Результат измерений							Результат вычислений	
Усилие деформирования, кН	Высота до деформации H	Высота после деформации h	Твердость до деформации HRB	Твердость после деформации HRB	Твердость после рекристаллизации HRB	Действительная температура рекристаллизации t , °С	Степень обжатия образца ε	Рассчитанная температура рекристаллизации t , °С
50								
100								
150								
200								

3 Измерить высоту образца до деформации H и записать ее значение.

4 Измерить твердость образца до деформации и записать в таблицу 6.1.

5 Образец подвергнуть деформации, доведя усилие прессы до 50 кН.

6 После обжатия образца измерить его высоту и твердость и записать их значения в соответствующей строке таблицы.

7 После проведения четырех обжатий и соответствующих измерений образец установить в нагретую до температуры 600 °С ... 700 °С печь на 20 мин для рекристаллизации.

8 По истечению 20 мин образец вынуть из печи, положить на подставку и охладить на воздухе в течение 5 мин.

9 После охлаждения образца измерить его твердость HRB и записать в колонку «твердость после рекристаллизации».

10 Заполнить таблицу отчета, вычислив для каждой стадии формирования степень обжатия по формуле

$$\varepsilon = \frac{H - h}{H} \cdot 100 \%,$$

где H – высота образца до деформации, мм;

h – высота образца после деформации, мм.

По потенциометру снять значение действительной температуры рекристаллизации.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Основные формулы и результаты экспериментов:

3 График зависимости твердости от степени деформации (рисунок 6.1).

4 Выводы:

– указать, как изменяется твердость металла вследствие его холодной деформации;

– указать, как влияет рекристаллизация на изменение твердости наклепанного металла.

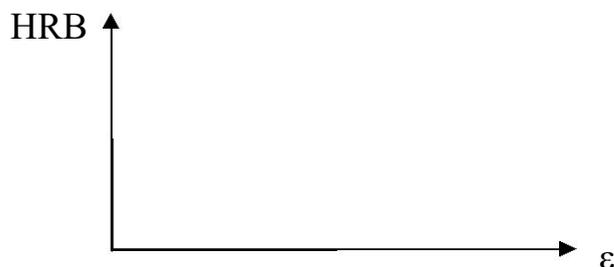


Рисунок 6.1 – График зависимости твердости от степени деформации

Контрольные вопросы

1 Как изменяется пластичность при увеличении твердости?

2 Как изменяется твердость при увеличении пластичности?

3 Что происходит с металлом в процессе рекристаллизации?

4 Чему равна температура рекристаллизации для чистых металлов?

7 Лабораторная работа № 7. Определение температурного интервала для горячей обработки давлением

Цель работы: определение температурного интервала обработки давлением сталей и цветных металлов, времени нагрева заготовок перед обработкой давлением по формуле Доброхотова.

Оборудование и инструмент: диаграмма Fe–Fe₃C.

7.1 Основные теоретические положения

Металлы перед горячей обработкой давлением нагревают. Нагрев осуществляют с целью повышения пластичности металла и снижения его сопротивления деформированию. При этом для каждого металла назначается максимально допустимая температура нагрева, при которой начинается обработка, называемая температурой начала обработки t_n . По мере обработки металла температура будет понижаться. Заканчивается обработка при некоторой минимально допустимой температуре конца обработки t_k . Промежуток температур между температурой начала и температурой конца обработки называется температурным интервалом горячей обработки давлением.

Существует несколько способов определения температурного интервала.

1 Для сталей определение температурного интервала обработки давлением осуществляют с помощью диаграммы Fe–Fe₃C, благодаря которой можно найти температурный интервал обработки сталей следующим образом: температура начала обработки t_n назначается на 100 °С...150 °С ниже линии солидуса AE (рисунок 7.1), а температура конца обработки t_k – на 25 °С ...70 °С выше линии GS – для сталей, содержащих углерод до 0,8 %, и на 50...70 °С выше линии SK – для сталей, содержащих углерод более 0,8 %.

2 По формулам Губкина. Чистые металлы имеют постоянную температуру плавления, поэтому температуру начала t_n и температуру конца t_k обработки определяют в зависимости от температуры плавления металла:

$$t_n = 0,9 \cdot (t_{пл.} + 273) - 273;$$

$$t_k = 0,7 \cdot (t_{пл.} + 273) - 273. \quad (7.1)$$

3 Важным моментом при нагреве заготовок перед обработкой давлением является определение времени нагрева. Время нагрева может быть найдено по специальным таблицам, графикам или для крупных заготовок по формуле Доброхотова

$$T = k\sqrt{D} \sqrt{D}, \quad (7.2)$$

где T – время нагрева, ч;

D – диаметр или сторона заготовки, м;

v – коэффициент, учитывающий расположение заготовок на поду (см. таблицу 7.1);

k – коэффициент, учитывающий теплопроводность стали в зависимости от содержания углерода: для низкоуглеродистых сталей $k = 10$; для среднеуглеродистых сталей $k = 15$; для высокоуглеродистых сталей $k = 20$.

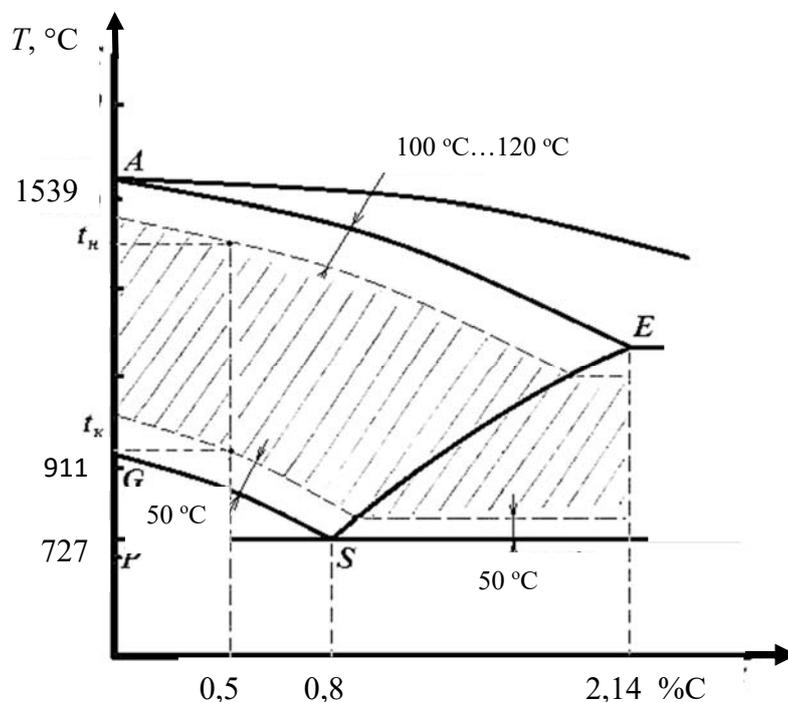


Рисунок 7.1 – Диаграмма Fe–Fe₃C

Ход работы

1 Из таблицы 7.1 выбрать цветной металл и по формулам Губкина (7.1) определить температуры начала t_n и конца t_k его обработки давлением.

Таблица 7.1 – Цветные металлы

Номер варианта	Металл	Температура плавления, °C
1	Олово	232
2	Свинец	327
3	Алюминий	658
4	Медь	1085
5	Молибден	2623
6	Вольфрам	3380
7	Ванадий	1920
8	Иттрий	1528
9	Барий	727
10	Кобальт	1494
11	Цирконий	1852
12	Висмут	271
13	Железо	1539

2 Выбрать вариант из таблицы 7.2 и с помощью диаграммы Fe–Fe₃C (см. рисунок 7.1) определить температурный интервал обработки давлением для двух сталей, т. е. указать t_n и t_k .

Таблица 7.2 – Марки сталей

Номер варианта	Конструкционная сталь		Инструментальная сталь	
	Марка	Содержание углерода, %	Марка	Содержание углерода, %
1	20	0,20	У7	0,7
2	25	0,25	У11	1,1
3	30	0,30	У8	0,8
4	35	0,35	У9	0,9
5	40	0,40	У8	0,8
6	45	0,45	У10	1
7	50	0,50	У11	1,1
8	55	0,55	У12	1,2
9	60	0,60	У13	1,3
10	25	0,25	У9	0,9
11	40	0,40	У12	1,2
12	55	0,55	У7	0,7

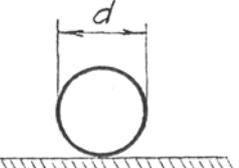
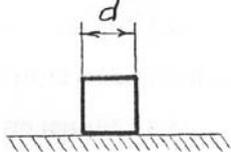
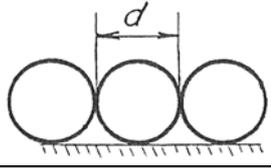
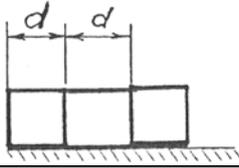
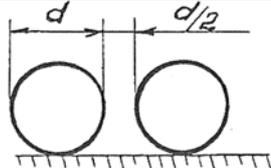
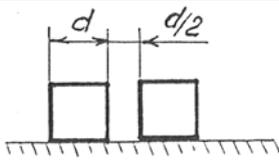
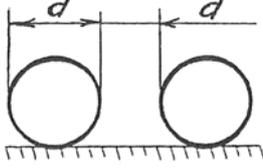
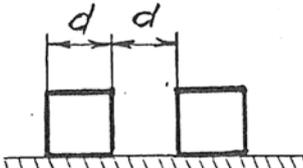
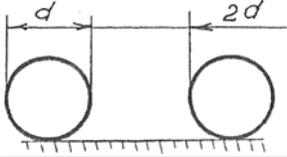
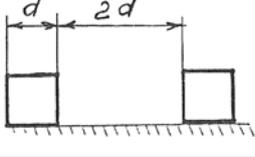
3 Из предложенных значений (80, 160, 250, 300, 360, 400, 490, 520, 580, 630, 700, 750, 800 мм) выбрать один размер и взять его в качестве диаметра заготовки или стороны квадрата заготовки.

4 Выбрать схему расположения заготовок на поду печи из таблицы 7.3 и определить значение коэффициента b .

5 Определить значение коэффициента k для двух марок сталей выбранного размера из двух сталей.

6 По формуле Доброхотова определить время нагрева заготовок выбранного размера из двух сталей.

Таблица 7.3 – Определение коэффициента b

Номер схемы	Способ укладки	b	Номер схемы	Способ укладки	b
1		1	6		1,4
2		2	7		4
3		1,4	8		2,2
4		1,35	9		2
5		1,35	10		1,8

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Определение температурного интервала горячей обработки давлением сталей с помощью диаграммы Fe–Fe₃C.

3 Определение температурного интервала горячей обработки металлов давлением с помощью формул Губкина.

4 Определение времени нагрева заготовок в печи с помощью формулы Доброхотова.

Контрольные вопросы

1 С какой целью осуществляется нагрев металла перед горячей обработкой давлением?

2 При какой температуре начинается горячая обработка давлением по диаграмме Fe–Fe₃C?

3 До какой температуры нужно нагревать низкоуглеродистую сталь при горячей обработке давлением?

8 Лабораторная работа № 8. Влияние перегрева, пережога и обезуглероживания на изменение микроструктуры

Цель работы: изучение влияния перегрева, пережога и обезуглероживания на изменение микроструктуры стали.

8.1 Основные теоретические положения

8.1.1 Перегрев. При нагреве стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала (1000 °С...1300 °С) происходит интенсивный рост зерна металла (рисунок 8.1).

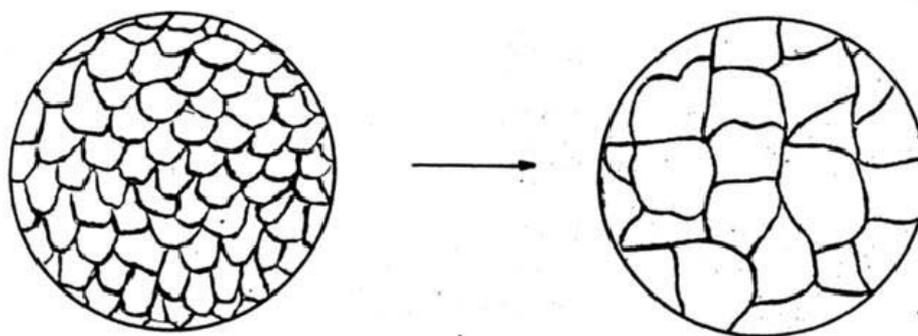


Рисунок 8.1 – Влияние перегрева на микроструктуру металла

Согласно второму закону термодинамики, любая система стремится к снижению количества свободной энергии. У группы мелких зерен площадь поверхности значительно больше, чем у одного крупного зерна, имеющего тот же объем. Термодинамически выгодно иметь меньшую площадь поверхности, поэтому в условиях, обеспечивающих диффузию (нагрев), происходит коагуляция группы зерен в одно большое зерно.

Перегретый металл после охлаждения характеризуется крупнозернистой структурой с резкими прямолинейными границами между структурными составляющими, имеет пониженные механические свойства, особенно ударную вязкость. Перегрев является браком нагрева. Структуру перегретой стали в большинстве случаев можно исправить рекристаллизационным отжигом.

8.1.2 Пережог. При нагреве стали до температуры, значительно превышающей верхний предел температурного интервала обработки давлением, близкой к температуре плавления, имеет место пережог. При пережоге, наряду с ростом зерна, происходит окисление границ, или даже частичное оплавление (рисунок 8.2). В результате окисления границ зерен механическая связь между зернами ослабевает, металл теряет пластичность и становится хрупким. Такой материал совершенно непригоден для изготовления изделий. Пережог является неисправимым браком нагрева. Пережженный металл приходится передавать на переплавку.

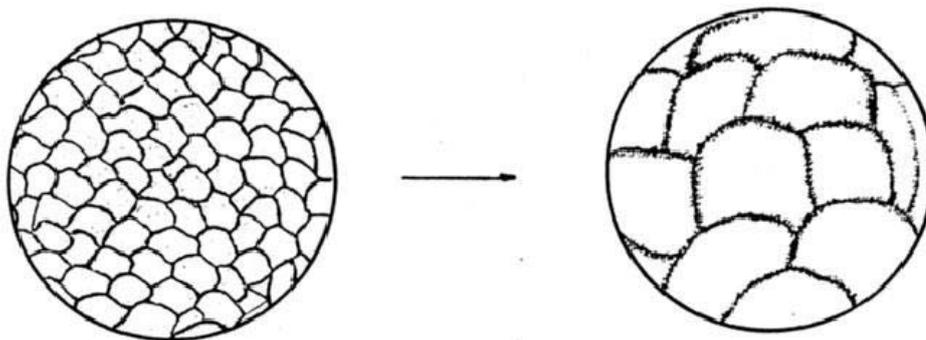


Рисунок 8.2 – Влияние пережога на микроструктуру металла

8.1.3 Обезуглероживание. При нагреве стали в присутствии кислорода происходит обезуглероживание, сущность которого состоит в выгорании углерода в поверхностном слое на глубину 1,5...2 мм. Химический состав поверхностного слоя при этом изменяется в сторону уменьшения содержания углерода, а вместе с изменением химического состава изменяются структура и свойства поверхностного слоя (рисунок 8.3). Обезуглероживание резко снижает прочностные свойства конструкционной стали. Кроме того, обезуглероживание поверхности может вызвать образование закалочных трещин и коробление (поводку детали), а также нагрев заготовок в защитной атмосфере.

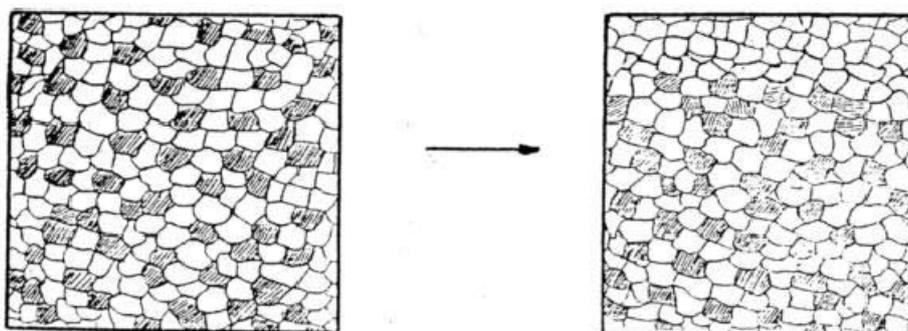


Рисунок 8.3 – Влияние обезуглероживания на микроструктуру металла

Для уменьшения окисления металла и предохранения деталей от окисления, а следовательно, и от обезуглероживания при термической обработке (отжиге, нормализации и закалке) применяют электронагрев, а также безокислительные (защитные) газы, которые вводят в рабочее пространство печи.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Рисунки микроструктур.
- 3 Выводы о влиянии перегрева, пережога и обезуглероживания на изменение микроструктуры стали.

Контрольные вопросы

- 1 Что происходит при нагревании стали до температуры выше верхнего предела температурного интервала (обработки давлением)?
- 2 Как влияет перегрев на механические свойства стали?
- 3 Какой дефект является полностью неустраняемым?

Список литературы

- 1 Технология конструкционных материалов: учебное пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 360 с.
- 2 **Афанасьев, А. А.** Технология конструкционных материалов: учебник / А. А. Афанасьев, А. А. Погонин. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 656 с.
- 3 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского. – Москва: Машиностроение, 1980. – 352 с.
- 4 Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – Киев: Вища школа, 1984. – 360 с.
- 5 Металловедение и технология металлов / Под ред. Ю. Г. Солнцева. – Москва: Металлургия, 1988. – 512 с.
- 6 Технология конструкционных материалов / Под ред. А. М. Дальского [и др.]. – Москва: Машиностроение. 1990. – 352 с.
- 7 Технология конструкционных материалов / Под ред. Г. А. Прейса. – Киев: Вища школа, 1991. – 391 с.