

**МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ
ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ТВЕРСКОЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ**



**Методическое пособие к выполнению
лабораторных и практических работ по дисциплине
«Процессы формообразования и инструменты»
Практическая работа № 3 Расчет режимов резания и основного
времени при сверлении отверстий.**

Разработано для обучающихся очной формы обучения
по специальности: - 15.02.08 «Технология машиностроения»
и других специальностей

Тверь 2022

ОДОБРЕНО

ЦМК по специальности: 15.02.08;

Протокол № 3 от «21.11.2022» г.

Председатель ЦМК 15.02.08

Г.Б. Иванова / Иванова

Составитель: Камызин Н.М. - преподаватель ГБПОУ ТМК, высшая категория.

Рецензенты:

- Новиков Александр Львович, заместитель главного технолога ОАО «ТВЗ»;

- Архарова Злата Валентиновна, заместитель директора по УМР ГБП ОУ Тверской машиностроительный колледж.

Методика выполнения лабораторных и практических работ по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты». Практическая работа № 3. Расчет режимов резания и основного времени при сверлении отверстий.

Тверь: ГБПОУ ТМК, 2022. - 32 с.

Содержится описание лабораторных и практических работ, представлен краткий теоретический материал по разделам дисциплины «Процессы формообразования и инструменты».

Работа соответствует положениям Федерального общеобразовательного стандарта и рабочей программы дисциплины «Процессы формообразования и инструменты».

Методические указания к проведению лабораторных и практических работ содержат теоретические, практические сведения, и ссылки на нормативно-технические документы.

В работе изложены общие требования к содержанию, последовательности выполнения расчетов и анализа полученных результатов.

В работе предложены варианты контрольных вопросов для самостоятельного нахождения ответов по темам лабораторных работ.

Издание предназначено для обучающихся колледжа очной формы по направлениям подготовки специальности 15.02.08 – Технология машиностроения.

Методические указания могут использоваться при проведении лабораторных работ обучающимися других технических специальностей.

.@ ГБП ОУ ТМК, 2022 г.

@ Н. М. Камызин, 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Методические указания по разработке операции сверления.....	4
1.1 Технологическая операция «Сверление»	4
1.2 Режущий инструмент для операций сверления.....	5
1.3 Инструменты для зенкования и цекования.....	6
1.4 Режущий инструмент для операций зенкерования отверстий.....	7
1.5 Инструменты для операции развертывания	7
1.6 Инструмент для нарезания внутренней резьбы.....	9
1.7 Комбинированный режущий инструмент.....	9
1.8 Контрольно измерительный инструмент для проверки отверстий.....	10
1.9 Вспомогательный инструмент для сверлильных работ.....	11
2 Практическая работа № 3.....	12
2.1 Расчёт режимов резания для сверлильной операции табличным методом...12	
2.2 Расчет режимов резания по нормативам.....	13
2.3 Назначение необходимого вспомогательного инструмента.....	15
2.4 Контрольно-измерительный инструмент	15
2.5 Определение основного времени T_{o1}	16
3. Расчёт режимов резания и нормы основного времени T_{o2} для сверлильной операции аналитическим способом.....	16
3.1 Расчет режимов резания аналитическим способом.....	17
3.2 Проверка принятых режимов обработки по осевой силе и мощности.....	18
4. Определение основного времени T_{o2}	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
Список использованной литературы.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) Техническая характеристика вертикально-сверлильных станков	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Индивидуальные задания к практической работе № 3 «Сверление».....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ В (справочное) Примеры условного обозначения режущего инструмента.....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (справочное) Вспомогательный инструмент.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное) Измерительный инструмент для контроля при обработке отверстий.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Е (справочное) Нанесение размеров отверстий на чертежах по ГОСТ 2.307-2011.....	32

1. Методические указания по разработке операции сверления

1.1 Технологическая операция «Сверление»

Сверление — распространенный метод получения отверстий в сплошном материале. Сверлением получают сквозные и несквозные (глухие) отверстия и обрабатывают предварительно полученные отверстия в целях увеличения их размеров, повышения точности и снижения шероховатости поверхности.

Процесс резания при сверлении протекает в более сложных условиях, чем при точении. В процессе резания затруднены отвод стружки и подвод охлаждающей жидкости к режущим кромкам инструмента. При отводе стружки происходит трение ее о поверхность канавок сверла и сверла о поверхность отверстия. В результате повышаются деформация стружки и тепловыделение. На увеличение деформации стружки влияет изменение скорости резания вдоль режущей кромки от максимального значения на периферии сверла до нулевого значения у центра.

Технологические операции сверления отверстий с различной формой боковой поверхности обрабатывают сверлами, зенкерами, развертками, фрезами и метчиками. Движения осевого инструмента при обработке отверстий представлены на рисунке 1.

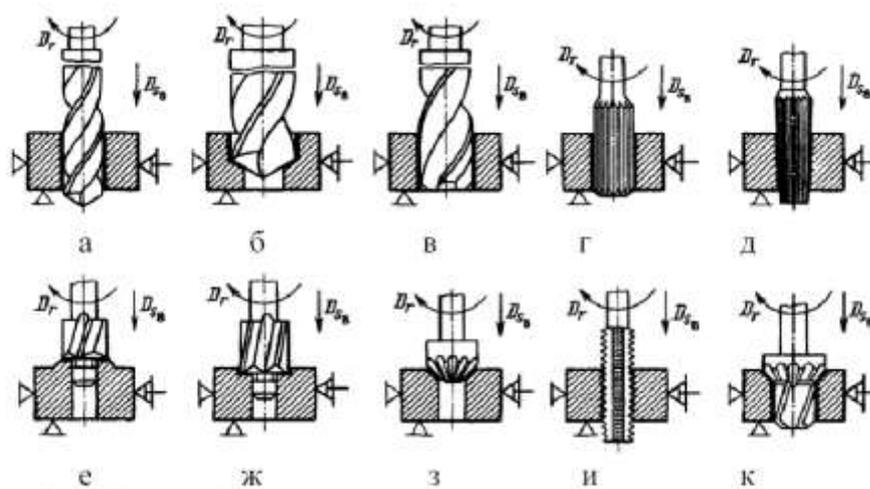


Рисунок 1 - Движения осевого инструмента при обработке отверстий на разных операциях.

а - сверление; б – рассверливание; в – зенкерование; г, д -
развертывание;

е – цекование; ж, з – зенкование; и - нарезание резьбы;
к – обработка отверстия комбинированным инструментом

1.2 Режущий инструмент для операций сверления

Сверла изготавливаются из быстрорежущих, легированных и углеродистых сталей, а также оснащаются пластинками из твердых сплавов.

Для сверления отверстий чаще применяют спиральные сверла и режущие специальные, рисунок 2.

Спиральное сверло — двузубый (двулезвийный) режущий инструмент, состоящий из двух основных частей: рабочей и хвостовика.

Рабочая часть сверла в свою очередь состоит из цилиндрической (калибрующей) и режущей части. На цилиндрической части имеются две винтовые канавки, расположенные одна против другой. Их назначение — отводить стружку из просверливаемого отверстия во время работы сверла. Канавки на сверлах имеют специальный профиль, обеспечивающий правильное образование режущих кромок сверла и необходимое пространство для выхода стружки.

Форма канавки и угол наклона ω (омега) между направлением оси сверла и касательной к ленточке должны быть такими, чтобы, не ослабляя сечения зуба, обеспечивалось достаточное стружечное пространство и легкий отвод стружки. Однако сверла (особенно малого диаметра) с увеличением угла наклона винтовой канавки ослабляются. Поэтому у сверл малого диаметра этот угол делается меньше, для сверл больших диаметров — больше. Угол наклона винтовой канавки сверла составляет $18 — 45^\circ$. Для сверления стали пользуются сверлами с углом наклона канавки $18 — 30^\circ$, для сверления хрупких металлов (латунь, бронза) — $22 — 25^\circ$, для сверления легких и вязких металлов — $40 — 45^\circ$, при обработке алюминия, дюралюминия и электрона — 45° .

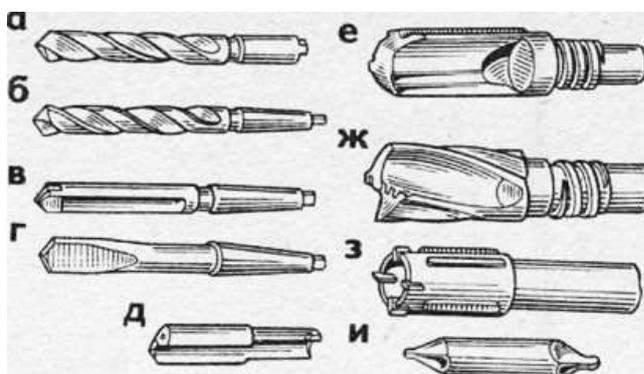


Рисунок 2- Разновидности сверл:

а, б — спиральные, в — с прямыми канавками, г — перовое, д — ружейное, е — однокромочное с внутренним отводом стружки для глубокого сверления, ж — двухкромочное для глубокого сверления, з — для кольцевого сверления, — г центровочное (другие конструкции сверл изображены на рисунке 3).

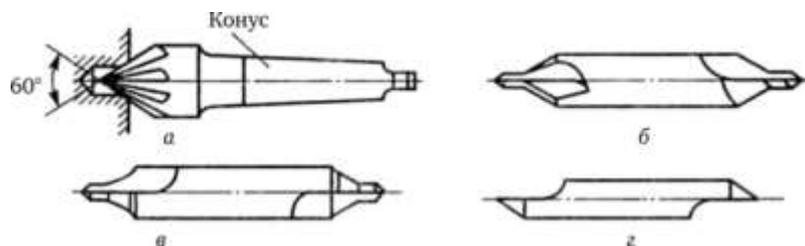


Рисунок 3- Центровочные сверла

1.3 Режущий инструмент для операций зенкерования отверстий

Зенкерами и зенковками обрабатывают отверстия в литых или штампованных заготовках, предварительно просверленные отверстия.

Отличие зенкера (рисунок 4) от сверла состоит в том, что у него отсутствует поперечная режущая кромка и он имеет не две, а три или четыре режущие кромки (зуба). Это обеспечивает получение более высокой производительности и чистоты по сравнению с рассверливанием. Режущая часть выполняет основную работу резания.

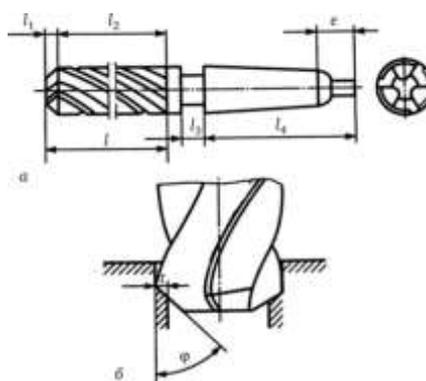


Рисунок 4 - Зенкер

a — элементы: *l* — рабочая часть; *l*₁ — режущая часть; *l*₂ — калибрующая часть;
*l*₃ — шейка; *l*₄ — хвостовик; *e* — лапка;
б — схема работы

1.4 Инструменты для зенкования и цекования.

Зенкование — обработка у основания просверленных отверстий цилиндрических или конических углублений под головки винтов или заклепок, а также выполнение фасок в отверстиях.

Цекование — операция по зачистке торцевых поверхностей при обработке бобышек под шайбы, гайки, стопорные кольца. Выполняется операция с использованием стационарного сверлильного оборудования.

Для выполнения работ, связанных с зенкерованием и его разновидностями — зенкованием и цекованием, применяют специальные инструменты: зенкеры, зенковки и цековки.

Цековками обрабатывают торцевые поверхности отверстия для достижения перпендикулярности к оси отверстия.

Конструкции зенковок и цековок предназначенных для обработки конических и цилиндрических поверхностей под головки стержневых деталей представлены на рисунке 5.



Рисунок 5 - Зенковки: а — конические; б — торцовые

1.5 Инструменты для операции развертывания

Развертками (рисунок 6) окончательно обрабатывают отверстия после сверления или зенкерования. По форме обрабатываемого отверстия различают сплошные цилиндрические и конические развертки, а также развертки со вставными режущими пластинами. Развертки имеют до 12 режущих кромок, расположенных на режущей части 1 с направляющим конусом (рисунок 6). Калибрующая

часть 2 направляет развертку в отверстие и обеспечивает высокую точность размера и малую шероховатость поверхности.

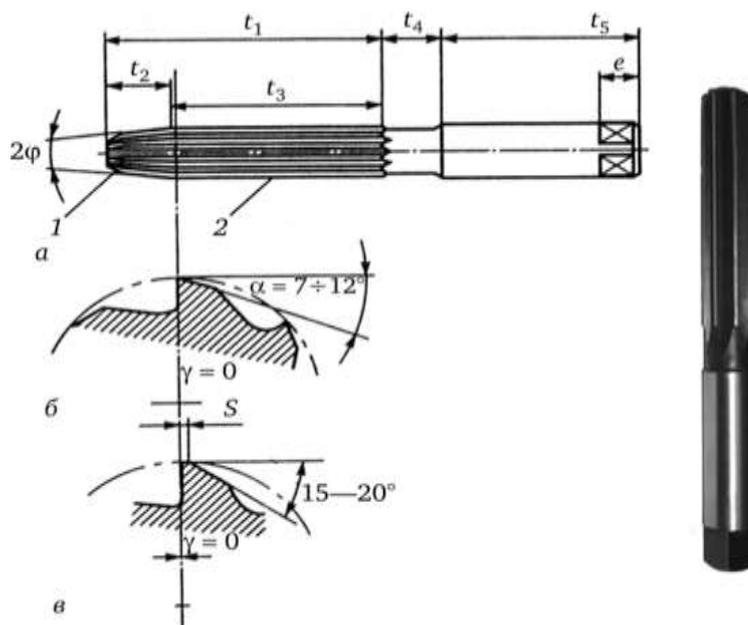


Рисунок 6- Развертка цилиндрическая:

а — элементы развертки: t_1 — рабочая часть; t_2 — режущая часть; t_3 — калибрующая часть; t_4 — шейка; t_5 — хвостовик; e — квадрат; б — зубья в поперечном сечении (режущая часть); в — зубья в поперечном сечении (калибрующая часть): S — ленточка.

Конструкция разверток: ручная разжимная, коническая и машинная насадная со вставными ножами из быстрорежущей стали изображены на рисунке 7.

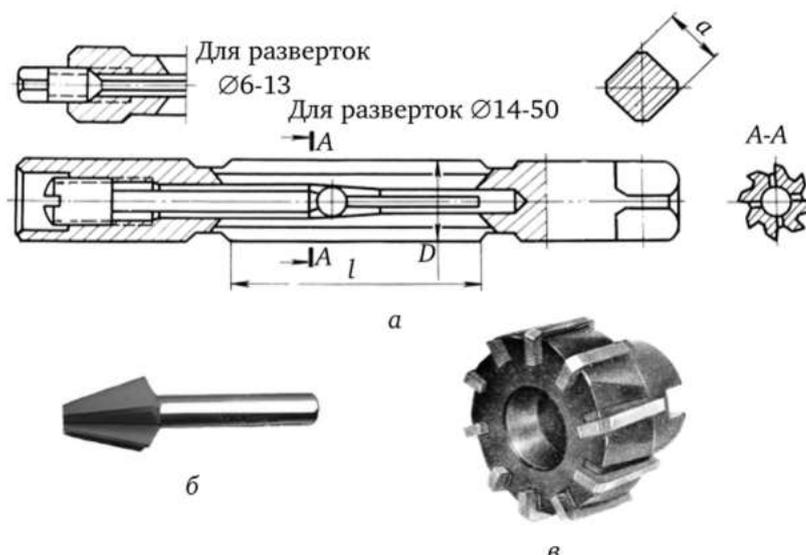


Рисунок 7- Развертки:

а — ручная разжимная; б — коническая;
в — машинная насадная со вставными ножами из быстрорежущей стали

1.6 Инструмент для нарезания внутренней резьбы.

Для нарезания внутренней резьбы предназначен режущий инструмент метчик (рисунок 8), который представляет собой винт с заходным конусом (с углом при вершине 2φ) и прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Рабочая часть метчика l , имеет режущую l_1 и калибрующую l_2 части. Профиль резьбы метчика должен соответствовать профилю нарезаемой резьбы.

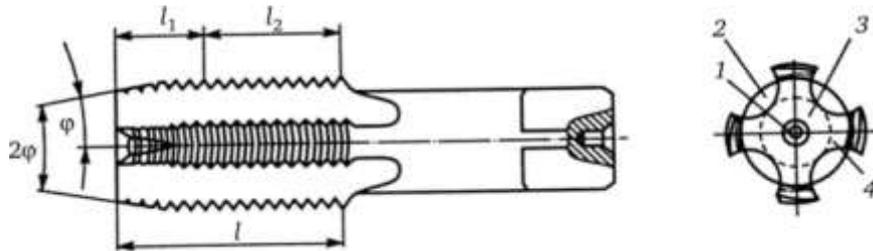


Рисунок 8 - Метчик для нарезания внутренней резьбы:
1 — центровое отверстие; 2 — канавки; 3 — сердцевина; 4 — зуб

1.7 Комбинированный режущий инструмент

Комбинированным инструментом (рисунок 9) за один проход сверлят, рассверливают, зенкеруют, развертывают отверстия (последовательность различна).

Сверление, зенкерование, развертывание, цекование, зенкование, нарезание резьбы осуществляют на сверлильных, фрезерных, расточных станках (при сочетании вращательного движения инструмента вокруг оси — главного движения и поступательного его движения вдоль оси — движения подачи).

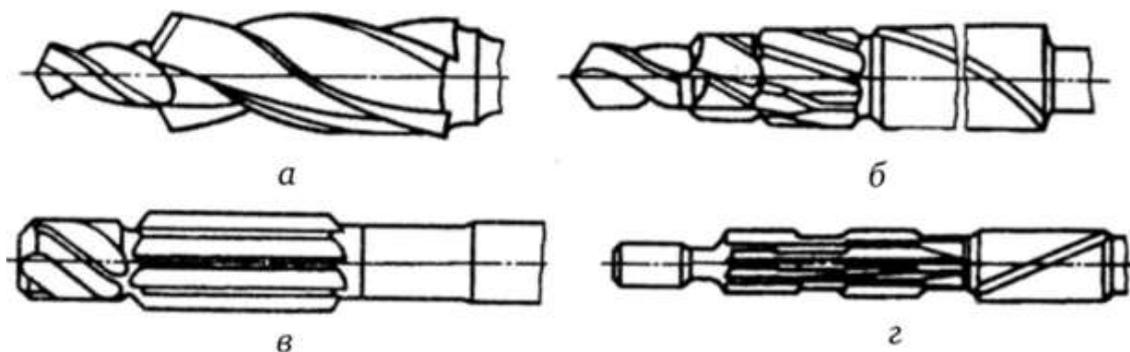


Рисунок 9. Комбинированные инструменты:
а — сверло-зенкер; б — сверло-зенкер-развертка; в — зенкер-развертка;
г — развертка-развертка.

Выполнение рассверливания отверстий на сверлильных, токарных, токарно-револьверных станках (при сочетании вращательного движения заготовки вокруг

оси — главного движения и поступательного движения инструмента вдоль оси - движения подачи и значение припуска на обработку выполнено на рисунке 10).

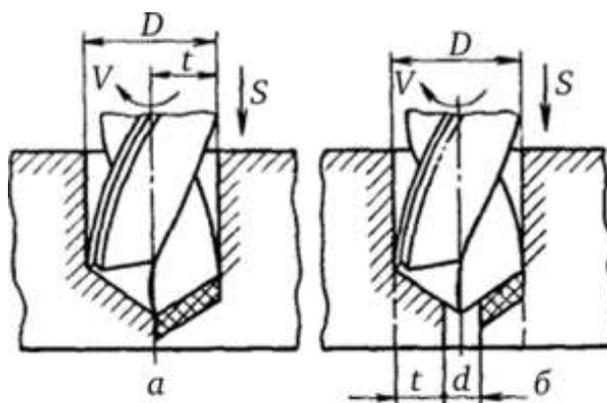


Рисунок 10 - Элементы режимов резания

1.8 Контрольно измерительный инструмент для проверки отверстий

Примеры контрольно-измерительного инструмента для проверки отверстий представлены на рисунке 11 и ПРИЛОЖЕНИЕ Д.



Рисунок 11- Контрольно-измерительный инструмент для проверки отверстий

1.9 Вспомогательный инструмент для сверлильных работ

Примеры использования вспомогательного инструмента при выполнении операций сверления представлены на рисунке 12 и ПРИЛОЖЕНИЕ Г.

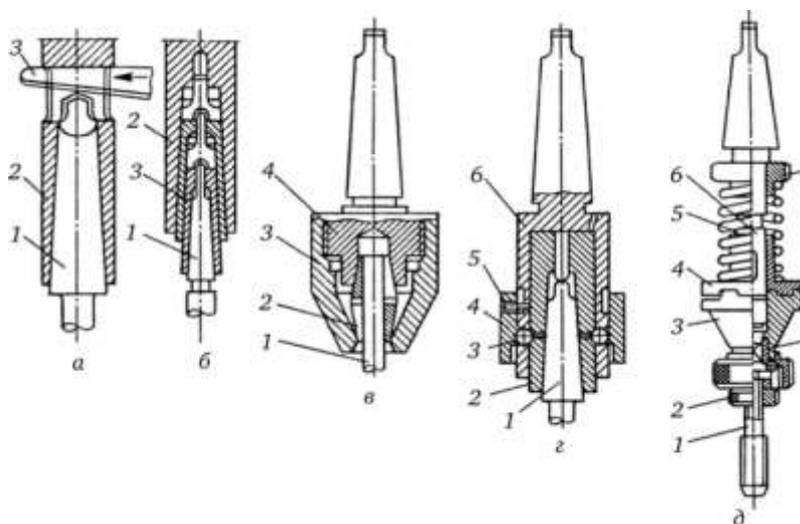


Рисунок 12- Вспомогательный инструмент для установки на сверлильных станках:

а, б — инструментов с коническим хвостовиком:

1 — инструмент; 2 — шпиндель; 3 — клин;

в — инструментов с цилиндрическим хвостовиком: 1 — инструмент;

2 — цанга; 3 — гайка; 4 — корпус;

г — быстросменный патрон: 1 — инструмент; 2 — втулка; 3 — шарики; 4 — кольцо; 5 — винт стопорный; 6 — корпус;

д — реверсивный патрон: 1 — инструмент; 2 — гайка; 3,4 — полумуфты; 5 — пружина; 6 — оправка; 7 — гайка.

Приспособления и оборудование, применяемые при обработке заготовок зенкерованием, зенкованием и цекованием, аналогичны приспособлениям и оборудованию, применяемым при сверлении и рассверливании.

При выполнении работ, связанных с зенкерованием, следует придерживаться ряда правил.

Обработку отверстий диаметром 32...80 мм в заготовках из конструкционной стали целесообразно осуществлять, используя насадные зенкеры, оснащенные пластинами из быстрорежущей стали.

Расчет режимов резания при зенкеровании, зенковании и цековании осуществляют в той же последовательности, что и расчет режимов резания при сверлении.

2 Практическая работа № 3

Цель работы: Для специальности 15.02.08 по предмету «Процессы формообразования» выполнить расчёт режимов резания для сверлильной операции табличным и аналитическим методом и сравнить результаты.

2.1 Расчёт режимов резания для сверлильной операции табличным методом.

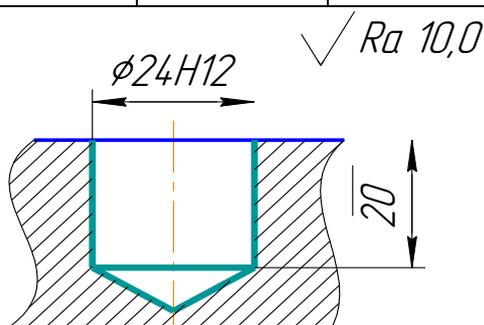
На вертикально сверлильном станке производится обработка отверстия диаметром D и глубиной l , рисунок 13.

Необходимо:

- выбрать режущий инструмент, записать шифр согласно ГОСТ;
- назначить по ГОСТ необходимый вспомогательный инструмент (оправки, втулки и т.д.);
- определить необходимый измерительный инструмент по ГОСТ;
- назначить режимы резания по таблицам;
- определить основное машинное время.

Таблица 1 Вариант задания

№ вар.	Материал заготовки	Параметры точности	Длина обработки l мм.	Отверстие	Обработка	Станок
26	Сталь 40, НВ 217 $\sigma_B = 570$ МПа	$\varnothing 24H12$	20	Глухое	С охлаждением	2Н135



Глухое отверстие

Рисунок 13 - Эскиз обработки (вариант задания).

2.2 Расчет режимов резания по нормативам

а) Глубина резания, t мм.

При сверлении глубина резания $t = 0,5 D = 0,5 \cdot 24 = 12$ мм,

б) Режущий инструмент – сверло спиральное из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком, средней серии ГОСТ 10903-77. [2, стр.137]

Обозначение 2301-0050 ГОСТ 10903-77; Конус Морзе № 2.

Форма заточки сверла Н – нормальная [2, стр.151, табл. 43,44]

в) Определение подачи S , мм/об

Принимаем 2 группа подач: Сверление отверстий в жестких деталях без допуска или с допуском до качества Н12 под последующую обработку зенкером и т.д. [1, стр. 103, карта 41, технологические факторы выбора подачи]

Принимаем: сверло $D = 24$ мм (до 25 мм) Р18, материал детали $\sigma_B = 570$ МПа (< 80 МПа).

$S_T = 0,29 - 0,35$ мм/об – подача табличная, [1, стр. 105, карта 42]

Принимаем в расчетах среднее значение $S_T = 0,32$ мм/об.

При глубине сверления в диаметрах сверла $\frac{H}{D} = \frac{24}{20} = 1,2 < 3$.

$K_{S1} = 1,0$ [1, стр. 104, карта 42]

$K_{S1} = 1,0$ $K_S = K_{SM} \cdot K_{S1} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$

$S = S_T \cdot K_S = 0,32 \cdot 1,0 = 0,32$ мм/об

Корректируем подачу по паспорту станка S_d мм/об.

$S_d = 0,25$ мм/об.

г) Определяем расчетную скорость резания V_p , м/мин

$$V_p = V_T \cdot K_V;$$

Принимаем при $D_{св.}$ до 20 мм и подаче $S_T = 0,2$ мм/об скорость резания по таблице $V_T = 32$ м/мин - скорость табличная, [1, стр.105, карта 42]

K_V поправочные коэффициенты на скорость резания

K_S - поправочные коэффициенты на подачу:

При $\sigma_B = 570$ МПа = 57 кг/мм², НВ 217. [ГОСТ 1050-2013]

В интервалах $\sigma_B = 510 - 750$ МПа; НВ 179 - 207

$K_{Mv} = 1,0$ – предел прочности материала заготовки и НВ [1, стр. 104, карта 42]

K_{Vl} - поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от глубины обработки.

$$K_{Vl} = 1,0 \quad [1, \text{стр.105, карта 42}]$$

При материале режущей части сверла P18

$$K_{Uv} = 1,0 \quad [1, \text{стр.105, карта 42}]$$

$$V_p = V_T \cdot K_{Mv} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Uv} = 32 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 32 \text{ м/мин}$$

д) Определяем расчетную частоту вращения шпинделя n_p , 1/ мин

$$n_p = 1000 \cdot V / \pi \cdot D \text{ об/мин}$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 32,0}{3,14 \cdot 24} = 424,6 \text{ об/мин}$$

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспорту станка n_d об/мин.

Принимаем ближайшую наименьшую от $n_p = 424,6$ об/мин

$$n_d = 355 \text{ об/мин}$$

д) Определяем действительную скорость резания V_d

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 355}{1000} = 26,8 \text{ м/мин.}$$

е) Определяем мощность резания N_e , кВт

$$N_e = N_T \cdot K_N$$

N_T – мощность табличная.

$$N_T = N_{\text{шп}} = 2,2 \text{ кВт} \quad [1, \text{стр.106, карта 43}]$$

Поправочный коэффициент $K_N = 1,0$.

$$N_e = 2,2 \cdot 1,0 = 2,2 \text{ кВт}$$

ж) Проверка режимов резания по мощности:

- обработка возможна при условии $N_e < N_{\text{шп}}$,

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв.}} \cdot \eta,$$

где $\eta = 0,8$ – КПД станка, см. паспорт станка

$$N_{\text{дв.}} = 4,5 \text{ кВт} - \text{мощность двигателя станка, см. паспорт станка}$$

$$N_{\text{шп}} = 4,5 \cdot 0,8 = 3,6 \text{ кВт}$$

Вывод:

$$N_e < N_{\text{шп}} = 2,2 < 3,6 \text{ (кВт)} - \text{обработка возможна.}$$

з) Определяем величину рабочего хода инструмента L , мм

$$L = l + y + \Delta,$$

где l - длина обрабатываемой поверхности, $l = 20$ мм;

$y = 9,0$ - величина врезания при сверлении, мм; [1, прилож. 4, лист 2, стр. 217]

$\Delta = 0$ мм величина перебега, обработка глухого отверстия.

$\Delta = 1 \dots 3$ мм - для сквозных отверстий.

$L = l + y + \Delta = 20 + 9 + 0 = 29,0$ мм.

2.3 Назначение необходимого вспомогательного инструмента

Для выполнения операции сверления отверстия Ф24Н12 на глубину 20 мм:

- для установки заготовки на столе сверлильного станка требуется

универсальное приспособление, например, тиски станочные, условное обозначение станочных тисков типа Б, исполнения 1 с шириной губок $B=125$ мм и наибольшим ходом губки $A=125$ мм, класса точности Н:

Тиски 7201-0203 ГОСТ 16518-96.

- необходимо установить сверло с хвостовиком (конус Морзе № 2) в шпиндель вертикально сверлильного станка с конусом Морзе № 4. Для данного варианта требуется переходная втулка 6100-0294 ГОСТ 13598-85.

Номенклатура вспомогательного инструмента к металлорежущим станкам представлена в ГОСТ 17166-71.

2.4 Контрольно-измерительный инструмент

Для выполнения операций контроля обрабатываемых поверхностей на рабочем месте и приемочного контроля необходимы:

- универсальные средства измерения размера 20 мм штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1- ГОСТ 166-89;

- образец шероховатости 10 Р ГОСТ 9378-93;

- контроль диаметра отверстия Ф24Н12 специальный предельный калибр-пробка 8133-0938 Н12 ГОСТ 14810-69.

2.5 Определение основного времени T_{o1} .

Основное время T_o , мин. определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{мин}}} \cdot i$$

где L - величину хода инструмента, мм;

i – число проходов;

$S_{\text{мин}}$ - величина подачи, мм/мин.

$S_{\text{мин}} = S_d \cdot n_d = 0,25 \cdot 355 = 88,75$ мм/мин, Число проходов $i = 1$

$$T_o = \frac{29,0}{88,75} \cdot 1 = 0,33 \text{ мин}$$

Результаты расчетов:

- режущий инструмент - сверло спиральное из быстрорежущей стали с коническим хвостовиком, средней серии ГОСТ 10902-77;

- глубина резания, $t = 12$ мм;

- подача оборотная $S_o = 0,25$ мм/об;

- число оборотов шпинделя $n_d = 355$ об/мин

- скорость резания $V_d = 26,8$ м/мин;

- подача минутная $S_{\text{мин}} = 88,75$ мм/мин;

- число проходов $i = 1$;

- основное время $T_o = 0,33$ мин.

3. Расчёт режимов резания и номы основного времени T_{o2} для сверлильной операции аналитическим способом.

На вертикально сверлильном станке производится обработка отверстия диаметром D и глубиной l , рисунок 13. При выполнении работы необходимо:

- назначить режимы резания аналитическим способом;

- определить основное машинное время и сравнить результаты.

Таблица 1 Вариант задания

№ вар.	Материал и заготовка	Параметры точности	Длина обработки l мм.	Отверстие	Обработка	Станок
26	Сталь 40, НВ 217 $\sigma_B = 570$ МПа	Ø24Н12	20	Глухое	С охлаждением	2Н135

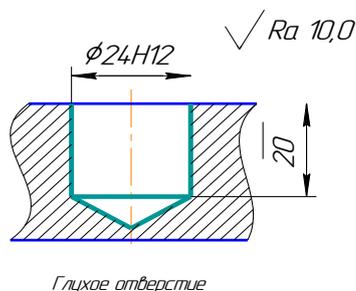


Рисунок 13- Эскиз обработки (вариант задания).

3.1 Расчет режимов резания аналитическим способом

Для расчетов в данной работе режущий, вспомогательный и мерительный инструмент принимается по пункту 2.

1) Глубина резания, t мм.

При сверлении глубина резания $t = 0,5 D = 0,5 \cdot 24 = 12$ мм,

2) Определение подачи S мм/об.

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбирают максимально допустимую подачу S по прочности сверла $S_{\text{табл.}} = 0,38 \dots 0,43$ мм/об [2, табл. 25, с.277].

Принимаем для расчета $S_{\text{табл.}} = 0,4$ мм/об

Проверяем принятую подачу по допустимому усилию механизма подач станка $[P_{\text{доп}}]_{\text{ст}} = 15000$ Н по паспорту станка 2Н135, (ПРИЛОЖЕНИЕ А)

При $P_{\text{доп}} = 15000$ Н и диаметре обработки $\varnothing = 24,0$ мм принятая подача не должна превышать максимального значения :

$$[S_o]_{\text{доп}} = 0,52 \text{ мм/об} \quad [2, \text{стр.389, приложение 13}]$$

$$S_{o \text{ прин.}} = 0,4 \text{ мм/об} < [S_o]_{\text{доп}} = 0,52 \text{ мм/об}$$

Условие выполняется, обработка возможна.

3) Скорость резания V , м/мин, определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \quad [2, \text{стр. 276}]$$

где T – период стойкости, мин $T = 50$ мин $[2, \text{табл.30, стр. 279}]$;

Значение коэффициента C_v и показателей степени выбираются по справочной литературе $C_v = 9,8$; $g = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$. $[2, \text{табл. 29, стр. 279}]$;

K_v – суммарный поправочный коэффициент, учитывающий фактические условия резания определяется по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad [2, \text{стр.276}]$$

$$K_{mv} = K_z \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b}\right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{570}\right)^{0,9} = 1,28 \quad [2, \text{стр.262, табл. 2}]$$

$$K_{uv} = 1,0 \quad \text{материал без корки} \quad [1, \text{стр.263, табл. 5}]$$

$$K_{lv} = 1,0 \quad [1, \text{стр.280, табл.31}]$$

$$K_v = 1,28 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,28$$

$K_{zv} = 1,0$ коэффициент заточки сверла (заточка двойная)

[1, табл.28, стр. 278, прим.]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{9,8 \cdot 24^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,4^{0,5}} \cdot 1,28 = \frac{9,8 \cdot 3,57}{2,19 \cdot 0,63} \cdot 1,28 = 25,3 \text{ м/мин}$$

4) Частота вращения инструмента, об/мин [2, стр. 280]

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 25,3}{3,14 \cdot 24} = 335,7 \text{ об/мин}$$

5) Определение действительной n_d частоты вращения, об/мин

n_d – действительная частота вращения инструмента принимается как ближайшее меньшее число из ряда частот вращения шпинделя по паспортным данным станка. (смотри ПРИЛОЖЕНИЕ А).

$$n_d = 250 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

б) Фактическая скорость резания, м/мин [2, стр. 169]

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{3,14 \cdot 24 \cdot 250}{1000} = 18,84 \text{ м/мин}$$

3.2 Проверка принятых режимов обработки по осевой силе и мощности

а) Крутящий момент, Н·м определяется по формуле

$$M_{кр} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad [2, \text{стр.277}]$$

где значения коэффициента C_M и показателей степени приведены в справочной литературе [2, табл. 42, с. 385];

$$C_M = 0,0345, \quad q = 2,0, \quad y = 0,8.$$

K_p – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

$$K_p = K_{mp}$$

где K_{mp} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала [2, табл. 9, стр. 264]

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p} = \left(\frac{570}{750}\right)^{0,75} = 0,81$$

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 24^2 \cdot 0,4^{0,8} \cdot 0,81 = 77,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

б) Осевая сила P_o , Н определяется по формуле:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p;$$

где значения коэффициента C_p и показателей степени приведены в справочной литературе [2, табл. 32, с. 281].

$$C_p = 68, \quad q = 1,0, \quad y = 0,7.$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 68 \cdot 24^{1,0} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,81 = 7006,2 \text{ Н}$$

При частоте вращения $n = 250$ об/мин допустимая осевая сила по паспорту станка составляет $[P_o]_{\text{доп}} = 15000 \text{ Н}$.

$$P_o = 7006,2 \text{ Н} < [P_o]_{\text{доп}} = 15000 \text{ Н}.$$

Условие выполняется, обработка возможна.

в) Проверка по мощности резания N_e , кВт, определяется по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n_d}{9750} \quad [2, \text{стр. 280}]$$

$$N_e = \frac{77,3 \cdot 250}{9750} = 1,98 \text{ кВт}$$

Необходимо сравнить полученную мощность с мощностью станка (см. приложение А) и сделать вывод о возможности использования станка данной модели для обработки заготовки.

На принятых режимах обработки допустимая мощность по наиболее слабому звену $[N_{\text{сл. зв.}}]_{\text{доп}} = 4 \text{ кВт}$.

При использовании номинальной мощности электродвигателя $[N_{\text{эл. дв.}}]_{\text{доп}} = 4 \text{ кВт}$.

$$N_e = 1,98 \text{ кВт} < [N_{\text{эл. дв.}}]_{\text{доп}} = 4 \text{ кВт}$$

Полученные результаты позволяют считать, что обработка на принятых режимах возможна.

4. Определение основного времени T_{o2} .

Основное время T_o . мин. определяется по формуле

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{мин}}} \cdot i$$

где L - величину хода инструмента, мм;

i – число проходов;

$S_{\text{мин}}$ - величина подачи, мм/мин.

$S_{\text{мин}} = S_d \cdot n_d = 0,4 \cdot 250 = 100$ мм/мин, Число проходов $i = 1$

$$T_{o2} = \frac{29,0}{100} \cdot 1 = 0,29 \text{ мин} \quad (T_{o1} = 0,33 \text{ мин})$$

Вывод:

Приведенные расчеты показали, что основное машинное время при аналитическом расчете режимов резания меньше чем основное машинное время при расчете по таблицам. $\Delta T_o = 0,33 - 0,29 = 0,04$ мин.

Заключение

Учебное пособие разработано в соответствии с ФГОС и программой дисциплины "Процессы и операции формообразования" для направления 15.02.08 «Технология машиностроения».

Цель учебного пособия:

- оказание помощи обучающимся при выполнении практических работ и самостоятельном изучении процесса резания;
- изучение и приобретение практических навыков при выборе инструмента и его геометрии;
- изучении формообразования при различных видах обработки на сверлильных станках, типов режущих инструментов, их основных элементов и геометрических параметров;
- приобретение навыков измерения геометрических параметров инструментов для различных операций по обработке отверстий.

В результате проведения по теме: «Расчет режимов резания при сверлении», обучающийся должен знать

- основные движения при сверлении, элементы режима резания при обработке отверстий, понятие «машинное время»;
- уметь определять элементы режима резания при обработке отверстий.

Так же обучающийся должен ориентироваться в типах режущего и вспомогательного инструмента и его применении.

Учебное пособие содержит сведения о физических явлениях, возникающих в процессе резания металлов и методики определения зависимости этих явлений от параметров режима резания.

Предназначено для студентов, всех форм обучения, обучающихся по направлению 15.02.08 - "Технология машиностроения".

Учебное пособие рассмотрено на заседании МК и рекомендовано к публикации.

Список использованной литературы

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1, М, Машиностроение 1974,
2. Касилова А.Г. и др. Справочник технолога машиностроителя Т2. М Машиностроение 1985, 496 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А.Панов., В.В.Аникин, Н.Г.Бойм. и др.: Под общей ред. А.А.Панова. - М.: Машиностроение 2004.-756 с.
4. Общемашиностроительные нормативы времени: вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд.2-е - М: Машиностроение , 1980. 421с.
5. Нефедов В. Р. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту М. Машиностроение 2008

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Таблица 1 Техническая характеристика вертикально-сверлильных станков

1	Параметры	Модели станков		
		2Н125	2Н135	2Н150
2	Максимальный диаметр сверления в стали 45, мм	25	35	50
3	Размеры конуса шпинделя по СТ СЭВ 147-75	Морзе 3	Морзе 4	Морзе 5
4	Расстояние оси шпинделя до направляющих колонны, мм	250	300	350
5	Максимальный ход шпинделя, мм	200	250	300
6	Расстояние от торца шпинделя, мм: до стола до плиты	60-700 690-1060	30-750 700-1120	0-800 700-1250
7	Максимальное перемещение сверлильной головки, мм	170	170	250
8	Движение шпинделя за один оборот штурвала, мм	122, 46	122, 46	131, 68
8	Размеры рабочей поверхности стола, мм	400x450	450x500	500x560
10	Максимальный ход стола, мм	270	300	360
11	Кол-во скоростей шпинделя	12	12	12
12	Кол-во подач	9	9	12
13	Пределы подач, мм/об	0,1-1,6	0,1-1,6	0,05-2,24
14	Мощность основного электродвигателя движения, кВт	2,2	4,0	7,5
15	Габаритные размеры станка, мм	915x785x2350	1030x835x2535	1355x890x2930
16	Масса, кг	880	1200	1870

Механизм главного движения

Таблица 2 – Параметры механизма главного движения

	Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹			Эффективная мощность на шпинделе, кВт						Наибольший допустимый крутящий момент, Н·м		
				При использовании номинальной мощности электродвигателя			Допускается наиболее слабым звеном					
	2Н125	2Н135	2Н150	2Н125	2Н135	2Н150	2Н125	2Н135	2Н150	2Н125	2Н135	2Н150
1	45	31,5	22,4	1,15	1,3	1,85	1,15	1,3	1,85	250	2	800
2	63	45	81,5	1,62	1,85	2,58	1,62	1,85	2,58	250	400	800
3	90	63	45	2,2	2,6	3,7	2,2	2,6	3,7	240	400	800
4	125	90	63	2,2	3,7	5,2	2,2	3,7	5,2	170	400	800
5	180	125	90	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	120	312	750
6	250	180	125	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	86	217	543
7	355	250	180	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	60,5	156	372
8	500	355	250	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	43	110	270
9	710	500	355	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	30	78,1	190
10	1000	710	500	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	21,4	55	136
11	1400	1000	710	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	15,3	39	95
12	2000	1400	1000	2,2	4,0	7,0	2,2	4,0	7,0	10,7	28	68

Механизм подачи

Таблица 3 - Вертикальная подача шпинделя

Номера ступеней	Вертикальная подача шпинделя за один оборот мм/об.		
	2Н125	2Н135	2Н150
1	0,20	0,20	0,10
2	0,14	0,14	0,07
3	0,10	0,10	0,05
4	0,56	0,56	0,28
5	0,40	0,40	0,20
6	0,28	0,28	0,14
7	1,60	1,60	0,80
8	1,12	1,12	0,56
9	0,80	0,80	0,40
10	-	-	2,24
11	-	-	1,60
12	-	-	1,12
Наибольшее усилие, допустимое механизмом подачи, Н	9000	15000	23500

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Практическая работа № 3 для самостоятельного решения

Таблица 1 – Варианты к решению задач

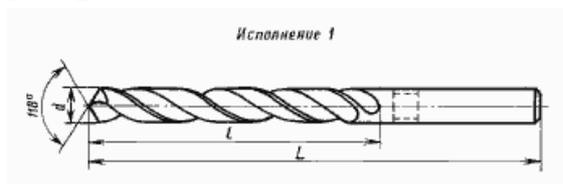
№ Вар.	Материал заготовки	<i>D</i>	<i>l</i>	Отверстие	Модель станка
		мм			
1	Сталь 40, 217 НВ	16	40	глухое	2Н125
2	Серый чугун, 160 НВ	18	45	сквозное	2Н135
3	Сталь 45, 220 НВ	16	35	глухое	2Н125
4	Серый чугун, 180 НВ	20	55	сквозное	2Н150
5	Сталь 45ХН, 228 НВ	22	50	сквозное	2Н135
6	Сталь 20Х, 197 НВ	24	40	глухое	2Н125
7	Серый чугун, 190 НВ	28	45	глухое	2Н135
8	Сталь 15ХМ, 255 НВ	24	65	сквозное	2Н135
9	Серый чугун, 200 НВ	20	25	сквозное	2Н125
10	Сталь 65Г, 228 НВ	18	45	глухое	2Н135
11	Сталь 30ХН3А, 217 НВ	24	40	сквозное	2Н135
12	Серый чугун, 170 НВ	28	45	глухое	2Н150
13	Сталь 20, 163 НВ	24	65	сквозное	2Н135
14	Серый чугун, 195 НВ	20	25	сквозное	2Н135
15	Сталь 15Х, 179 НВ	14	42	глухое	2Н135
16	Сталь 40, 217 НВ	19,8	18	сквозное	2Н125
17	Серый чугун, 200 НВ	24,8	23	глухое	2Н135
18	Сталь 25, 170 НВ	29,8	28	сквозное	2Н135
19	Сталь 35, 207 НВ	34,7	33	глухое	2Н150
20	Серый чугун, 200 НВ	24,7	42	сквозное	2Н135
21	Сталь Ст.5, 150 НВ	27,8	26	глухое	2Н135
22	Сталь 20, 163 НВ	24,8	23	сквозное	2Н135
23	Серый чугун, 170 НВ	27,6	26	глухое	2Н135
24	Сталь 65Г, 228 НВ	40	39	сквозное	2Н150
25	Серый чугун, 185 НВ	20	18	глухое	2Н125

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

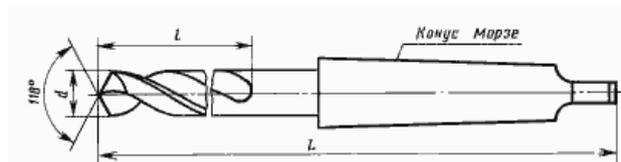
Примеры условного обозначения режущего инструмента

1. Пример условного обозначения сверла спирального диаметром $d = 20$ мм с цилиндрическим хвостовиком средней серии нормальной точности исполнения 1, класс точности В1 по ГОСТ 10902-77:



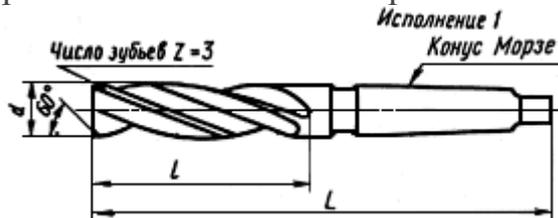
Сверло 2300-0249-В1 ГОСТ 10902-77

2. Пример условного обозначения сверла нормальной точности, диаметром $d = 15$ мм с нормальным хвостовиком, класса точности В: Номер конуса Морзе в обозначении сверла по ГОСТ 12489-71



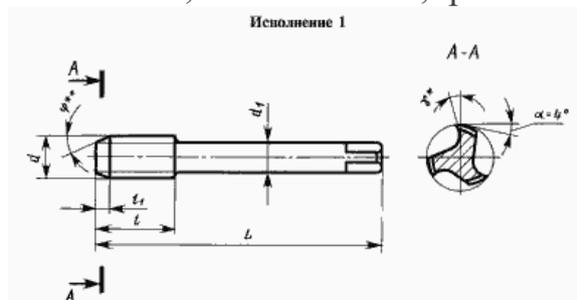
Сверло 2301-0050 ГОСТ 10903-77

3. Пример условного обозначения зенкера с коническим хвостовиком диаметром $d = 14$ мм и полем допуска номинального диаметра h8 для сквозных отверстий: Номер конуса Морзе в обозначении зенкера по ГОСТ 12489-71



Зенкер 2320-2565 h8 ГОСТ 12489-71

4. Пример условного обозначения метчика с проходным хвостовиком для метрической резьбы номинальным диаметром $d = 8$ мм, шагом $p = 1,25$ мм, длиной $L = 72$ мм, 2-го класса точности, исполнения 1, правого.



Метчик 2621-2535.2 ГОСТ 3266-81

То же левого

Метчик 2621-2536.2 ГОСТ 3266-81

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Вспомогательный инструмент

1) Патроны сверлильные трех кулачковые ГОСТ 22993-78 и другой режущий инструмент устанавливаемый в оправки с конусностью 7:24 по ГОСТ ISO 11529-2015 на фрезерные, расточные и многооперационные станки рисунок 1.

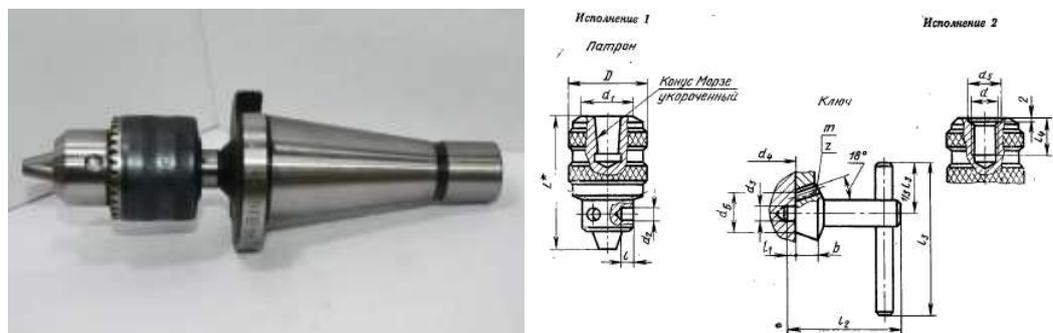


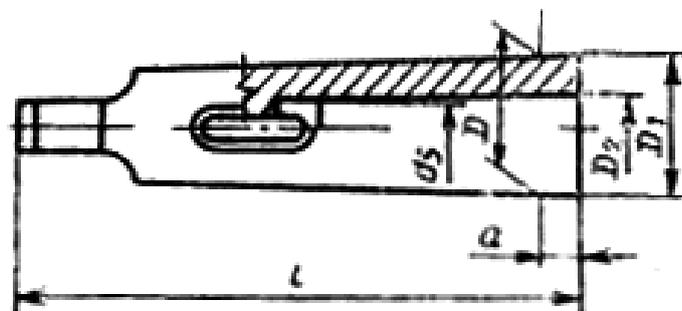
Рисунок 1- Вспомогательный инструмент

2) Примеры обозначения инструмента вспомогательного ГОСТ 17166-71 к металлорежущим станкам. Общие технические требования.

а) Конструкция и размеры коротких переходных втулок ГОСТ 13598-85 (СТ СЭВ 4633-84) должны соответствовать указанным на черт.1.

Пример условного обозначения коротких переходных втулок с радиальным биением конусов 0,01 мм, наружным конусом Морзе 2 и внутренним конусом Морзе 1: Втулка 6100-0141 ГОСТ 13598-85

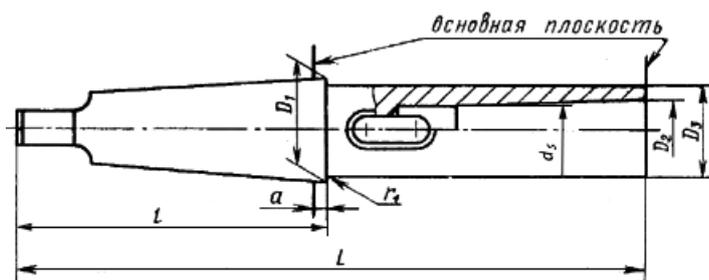
Конструкция и размеры коротких переходных втулок должны соответствовать указанным на черт.1 и в табл.1 .



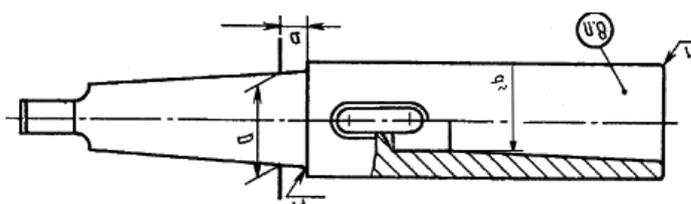
Черт.1

б) Конструкция и размеры длинных переходных втулок должны соответствовать указанным на черт.2 и в табл.2.

Исполнение 1



Исполнение 2



Черт.2*

Пример условного обозначения длинных переходных втулок с радиальным биением конусов 0,015 мм, наружным конусом Морзе 1 и внутренним конусом Морзе 1: Втулка 6100-0301 ГОСТ 13598-85

в) Конструкция оправки с режущим инструментом (сверлом) и пневматическим приводом закрепления на обрабатывающем центре на рисунке 2.



Рисунок 2 - Конструкция оправки с режущим инструментом

г). Основные размеры патронов ГОСТ 26539-85 (СТ СЭВ 4642-84) должны соответствовать указанным на рисунке 3.

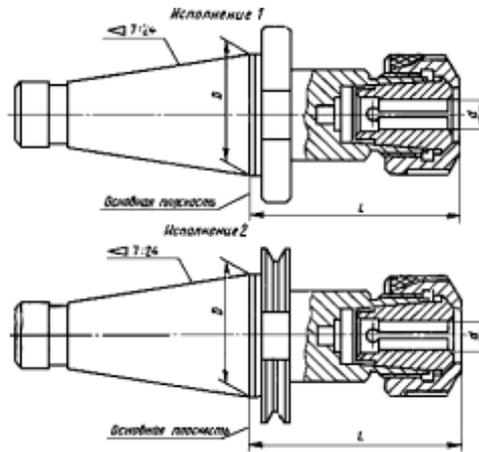
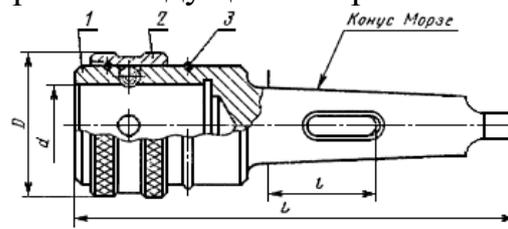


Рисунок 3 - Размеры патронов

д). Патроны для быстросменного инструмента с ведущими шариками или штифтом по ГОСТ 14077-83 на рисунке 4.

Исполнение 1

Патроны с ведущими шариками



Исполнение 2

Патроны с шариками и ведущим штифтом

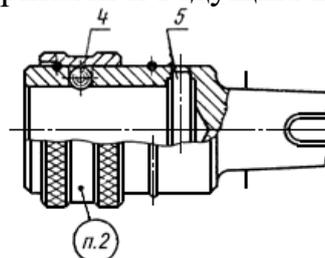


Рисунок 4 - Размеры патронов для быстросменного инструмента
 1 - корпус; 2 - кольцо; 3 - пружинное кольцо; 4 - шарик по ГОСТ 3722-81;
 5 - цилиндрический штифт по ГОСТ 3128-70

е) Схема применения конструкций державок для различных переходов при обработке отверстий на рисунке 5.



Рисунок 5 – Схема применения вспомогательного инструмента
 ж) вспомогательный инструмент для крепления приспособлений и
 деталей на столе сверлильного станка представлен на рисунке 6

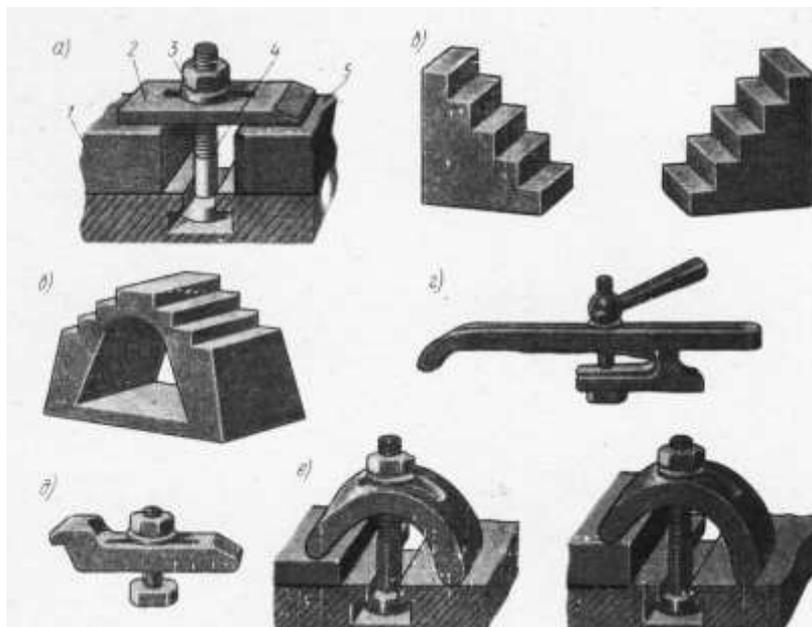


Рисунок 6 - Вспомогательный инструмент для крепления приспособлений
 и деталей на столе станка

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(справочное)

Измерительный инструмент для контроля при обработке отверстий.

Измерительный инструмент для контроля при обработке отверстий и способы выполнения контроля представлен на рисунках 1, 2, 3.



Рисунок 1 – Примеры контрольно-измерительного инструмента



Рисунок 2 – Контрольно-измерительный инструмент резьбовая калибр-пробка

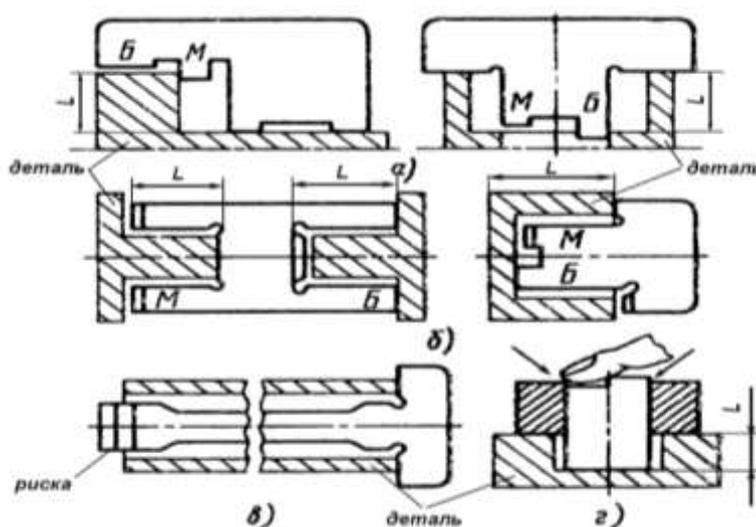


Рисунок 3 – Калибры для контроля глубин и высот различными методами:
а) – надвиганием; б) - на просвет: М – малая сторона, Б – большая сторона;
в) – «по рискам»; г) - «осязанием»: L – высота, глубина.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(справочное)

Нанесение размеров отверстий на чертежах.

Нанесение размеров отверстий на видах и разрезах, фасок и обозначение резьбы по ГОСТ 2.307-2011 представлено на рисунке 1.

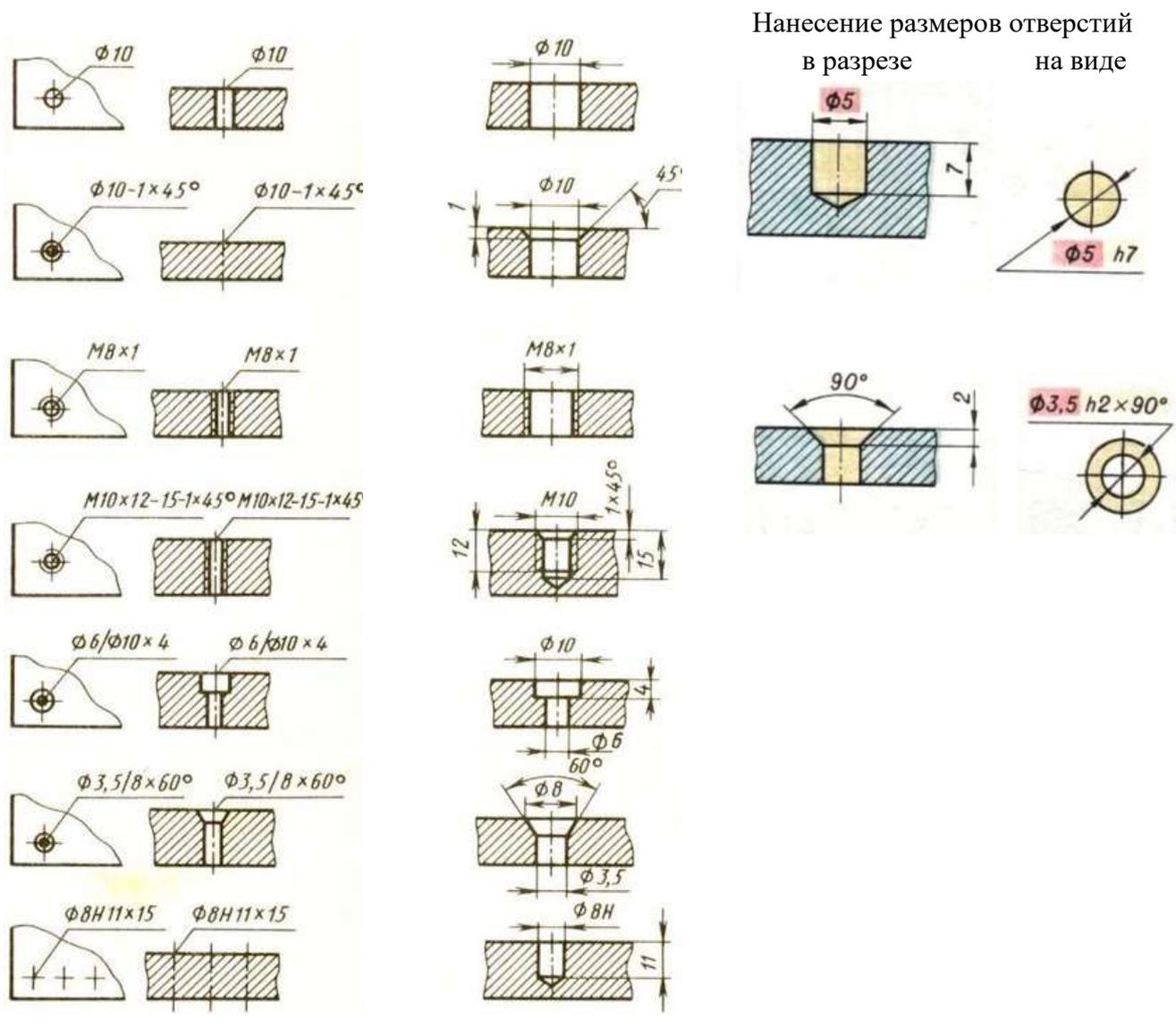


Рисунок 1 - Нанесение размеров отверстий на чертежах