ЗАДАНИЕ №1

7.1 Расчет режима резания при точении аналитическим способом

Точение широко распространенный метод обработки резанием тел вращения.

Применяется для удаления наружных, внутренних и торцовых поверхностных слоев заготовок (цилиндрических, конических и фасонных). Рассматривают следующие виды точения:

1) черновое точение ("обдирка") – удаление дефектных слоев заготовки, разрезка, отрезка и подрезка торцов заготовки. Срезается поверхностная "корка" и основная (>70%) часть припуска на обработку, позволяет получать шероховатость 50...12,5 Ra;

2) получистовое точение – снятие 20...25% припуска и позволяет получать шероховатость 6,3...3,2 Ra и точность 10...11–го квалитетов. Заготовка получает форму, близкую к детали.

3) чистовое точение – обеспечивает получение шероховатости 3,2...1,6 Ra и точность 7–9 квалитетов. Деталь получает окончательную форму и размеры;

4) тонкое точение – позволяет при срезании очень тонких стружек получать на поверхностях детали шероховатость 0,40..0,20 Ra и точность 5–7–го квалитетов.

Определение режимов резания состоит в выборе по заданным условиям обработки наивыгоднейшего сочетания глубины резания, подачи и скорости резания, обеспечивающих наименьшую трудоемкость и себестоимость выполнения операции.

Обработка заготовки точением осуществляется при сочетании двух движений: равномерного вращательного движения детали – движения резания (или главное движение) и равномерного поступательного движения резца вдоль или поперек оси детали – движение подачи. К элементам режима резания относятся:

глубина резания *t*, подача *S*, скорость резания *V*.

Глубина резания – величина срезаемого слоя за один проход, измеренная в направлении, перпендикулярном обработанной поверхности, т.е. перпендикулярном направлению подачи. При черновой обработке, как правило, глубину резания назначают равной всему припуску, т.е. припуск срезают за один проход:

 (7.1)

где *z* – припуск, мм;

*D* – диаметр заготовки, мм;

*d* – диаметр детали, мм.

При чистовой обработке припуск зависит от требований точности и

шероховатости обработанной поверхности.

Подача – величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обработанной поверхности в направлении подачи за единицу времени (минутная подача *Sм*) или за один оборот заготовки. При черновой обработке назначают максимально возможную подачу исходя из жесткости и прочности системы СПИД, прочности пластинки, мощности привода станка; при чистовой обработке – в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

Скорость резания – величина перемещения точки режущей кромки инструмента относительно поверхности резания в направлении движения резания за единицу времени. Скорость резания зависит от режущих свойств инструмента и может быть определена при точении по таблицам нормативов [2] или по эмпирической формуле:

 (7.2)

где *СV* – коэффициент, учитывающий условия обработки;

*m, x, y* – показатели степени;

*T* – период стойкости инструмента;

*t* – глубина резания, мм;

*S* – подача, мм/об;

*KV* – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

, (7.3)

где *KMv* – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

 – для стали;

 – для серого чугуна;

 – для ковкого чугуна.

*Knv* – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

*Kuv* – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

*Kφv* – коэффициент, учитывающий главный угол в плане резца;

*Krv* – коэффициент, учитывающий радиус при вершине резца – учитывается

только для резцов из быстрорежущей стали.

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя,

обеспечивающую расчетную скорость резания.

, об/мин (7.4)

Для изучения действия силы сопротивления резанию принято ее раскладывать на три взаимно перпендикулярные составляющие силы, направленные по осям координат станка: *Px* – осевая сила; *Py* – радиальная сила; *Pz* – тангенциальная сила, которую обычно называют силой резания [1].

Осевая сила *Px* действует вдоль заготовки, при продольном точении противодействует механизму подач. Радиальная сила *Py* – отжимает резец, ее реакция изгибает заготовку. Сила резания *Pz* направлена по касательной к поверхности резания, определяет расходуемую мощность на резание *N*.

Составляющие силы резания при точении рассчитывают по аналитической формуле [2], H:

 (7.5)

где *Cp* – коэффициент, учитывающий условия обработки;

*x,y,n* – показатели степени;

*t* – глубина резания, мм;

*S* – подача, мм/об;

*V* – скорость резания, м/мин;

*Кр* – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий по отношению к табличным.

, (7.6)

где *KMр* – поправочный коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала;

 – для стали;

 – для серого чугуна;

 – для ковкого чугуна.

 – коэффициенты, учитывающие соответствующие геометрические параметры резца.

Мощность резания рассчитывают по формуле

 (7.7)

где *Pz* – сила резания, Н;

*V* – скорость резания, м/мин.

Основное технологическое (машинное) время – время, в течение которого происходит снятие сружки без непосредственного участия рабочего

, мин (7.8)

где *L* – путь инструмента в направлении рабочей подачи, мм;

*i* – количество проходов.

*L=l+l1+l2* , мм (7.9)

где *l* – размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

*l1* – величина врезания, мм;

*l1*=*t*⋅*ctgφ* , (7.10)

где *t* – глубина резания;

φ – главный угол в плане резца.

*l2*– величина перебега, мм, *l2*=1÷2 мм.

7.2 Пример решения задачи

На токарно–винторезном станке 16К20 производится черновое обтачивание на проход вала *D*=68 мм до *d*=62h12 мм. Длина обрабатываемой поверхности 280 мм; длина вала *l*= 430 мм.

Заготовка – поковка из стали 40Х с пределом прочности σв=700 МПа. Способ крепления заготовки – в центрах и поводковом патроне.

Система СПИД недостаточно жесткая. Параметр шероховатости поверхности Ra=12,5 мкм. Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания; определить основное время.

Решение:

1. Выполнение эскиза обработки.

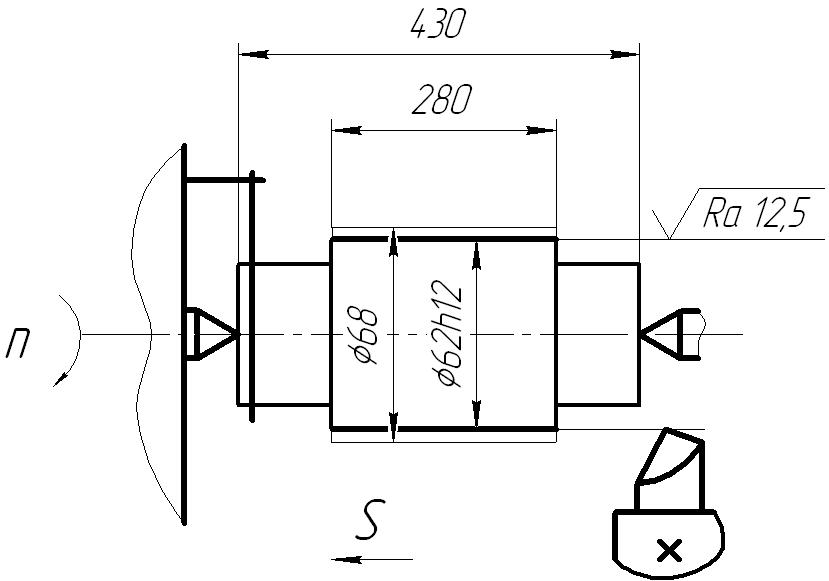


Рисунок 7.1 – Операционный эскиз

1. Выбор режущего инструмента

Для обтачивания на проход вала из стали 40Х принимаем токарный проходной резец прямой правый с пластинкой из твердого сплава Т5К10 [2] или [3]. Форма передней поверхности радиусная с фаской [3]; геометрические параметры режущей части резца:

γ=10° ; α=12°; λ=0 [3],

φ=60° ; φ1=15°; [3], *r*=1 мм.

1. Назначение режимов резания

Глубина резания. При черновой обработке припуск срезаем за один проход, тогда

 мм.

Назначаем подачу. Для черновой обработки заготовки из конструкционной стали диаметром до 100 мм резцом сечением 16×25 (для станка 16К20) при глубине резания до 3 мм:

*S*=0,6÷1,2 мм/об [2], [3].

В соответствии с примечанием 1 к указанной таблице и паспортным данным станка (см. Приложение 1 к данным методическим указаниям) принимаем *S*=0,8 мм/об.

Скорость резания, допускаемая материалом резца

, м/мин

где *CV*=340; *x*=0,15; *y*=0,45; *m*=0,2; *T*=60 мин [2].

Поправочный коэффициент для обработки резцом с твердосплавной пластиной



, [2],

где *Kr*=1; *nv*= 1 [2],

тогда 

*Knv*=0,8 [2] или [3],

*Kuv*=0,65 [2] или [3],

*Kφv*=0,9 [2] или [3].

 м/мин

Частота вращения, соответствующая найденной скорости резания, об/мин:

.

Корректируем частоту вращения шпинделя по паспортным данным станка *n*=315 об/мин.

Действительная скорость резания, м/мин:

.

4. Силы резания при точении



Определяем значения постоянной и показателей степени [2],

*CPz*=300; *х*=1,0; *y*=0,75; *n*= – 0,15

*CPx*=339; *x*=1,0; *y*=0,5; *n*= – 0,4

*CPy*=243; *x*=0,9; *y*=0,6; *n*= – 0,3

Определяем значения поправочных коэффициентов



 – для стали; *n*=0,75 [2], 

Поправочные коэффициенты, учитывающие геометрию резца [2],

для тангенциальной силы *Pz* – *Кφр* = 0,94; *Кγр* = 1,0; *Кλр* = 1,0;

для осевой силы *Px* – *Кφр* = 1,11; *Кγр* = 1,0; *Кλр* = 1,0;

для радиальной силы *Py* – *Кφр* = 0,77; *Кγр* = 1,0; *Кλр* = 1,0;

*КρР*– учитывается только для резцов из быстрорежущей стали.

Силы резания, Н:

*Pz*=10⋅300⋅31⋅0,80,75⋅67–0,15⋅0,95⋅0,94⋅1,0=3240

*Px*=10⋅339⋅31⋅0,80,5⋅67–0,4⋅0,95⋅1,11⋅1,0=759,2

*Py*=10⋅243⋅30,9⋅0,80,6⋅67–0,3⋅0,95⋅0,77⋅1,0=1046,1

Мощность резания, кВт:



Мощность на шпинделе станка *Nэ*=*Nд*⋅η.

*Nд*=10 кВт; η=0,8 (по паспорту станка).

*Nэ*=10⋅0,8=8 кВт.

Так как *Nэ*=8 кВт >*N*=3,8 кВт, то обработка возможна.

5. Основное время [3], мин:

.

Путь резца *L=l+l1+l2*, мм

Врезание резца *l1*=*t⋅ctgφ* =3⋅ctg 60°=3⋅0,58=1,7 мм

Пробег резца *l2*=1,3 мм.

Тогда *L*=280+1,7+1,3=283 мм.

 мин.

7.3 Задание для отчета лабораторной работы №1

Выполнить расчет режимов резания аналитическим способом (по эмпирической формуле) по заданному варианту для обработки на токарно–винторезном станке 16К20.

Исходные данные приведены в таблице 8.1.

Порядок выполнения работы

1. Пользуясь инструкцией и дополнительной литературой, изучить методику определения режима резания. Ознакомиться со справочником [2] и [3].

Ознакомиться с условием задания.

2. Выполнить эскиз обработки.

3. Выбрать режущий инструмент.

4. Назначить глубину резания (для подрезания торца *t = l*).

5. Определить подачу.

6. Рассчитать скорость резания.

7. Определить частоту вращения шпинделя и скорректировать по паспорту станка.

8. Определить действительную скорость резания.

9. Рассчитать основное технологическое время.

Таблица 7.1 – Исходные данные для расчета режимов резания (токарная обработка)

| № вар. | Заготовка, материал и его свойства | Вид обработки и параметр шероховатости | Параметры обрабатываемой поверхности | | | Геометрические параметры резца | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *D*, мм | *d*, мм | *l*, мм | *φ*° | *α*° | *γ*° | *λ*° | *ρ*, мм |
| 11 | Отливка с коркой. Серый чугун СЧ 15, НВ180 | Обтачивание на проход Ra=12,5 мкм | 52 | 48h12 | 210 | 60 | 8 | 5 | 10 | 2 |

ЗАДАНИЕ №2

7.4 Назначение режима резания при сверлении, зенкеровании и развертывании

Наиболее распространенный метод получения отверстий резанием – сверление.

Движение резания (главное движение) при сверлении – вращательное движение, движение подачи – поступательное. В качестве инструмента при сверлении применяются сверла. Самые распространенные из них – спиральные, предназначены для сверления и рассверливания отверстий, глубина которых не превышает 10 диаметров сверла. Шероховатость поверхности после сверления Ra=12,5÷6,3 мкм, точность по 11–14 квалитету. Градация диаметров спиральных сверл должна соответствовать ГОСТ 885–64.

Для получения более точных отверстий (8–9 квалитет) с шероховатостью поверхности Ra=6,3÷3,2 мкм применяют зенкерование. Исполнительные диаметры стандартных зенкеров соответствуют ГОСТ1677–75.

Развертывание обеспечивает изготовление отверстий повышенной точности (5–7 квалитет) низкой шероховатости до Ra=0,4 мкм. Исполнительные размеры диаметров разверток из инструментальных сталей приведены в ГОСТ 11174–65, с пластинками из твердого сплава в ГОСТ 1173–65.

Отличительной особенностью назначения режима резания при сверлении является то, что глубина резания *t*=*D*/2. При рассверливании, зенкеровании и развертывании

 , мм. (7.11)

Средние значения припусков на диаметр, снимаемых зенкерами и развертками см. в приложении 4.

При сверлении, зенкеровании, развертывании подача назначается по справочным таблицам [2]. При рассверливании отверстий подача, рекомендуемая для сверления, может быть увеличена в 2 раза.

Расчет скорости при сверлении.

 (7.12)

где *СV* – коэффициент, учитывающий условия обработки;

*m, q, y* – показатели степени;

*T* – период стойкости инструмента;

*S* – подача, мм/об;

*KV* – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

, (7.13)

где *KMv* – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

*Kuv* – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

*Klv* – коэффициент, учитывающий длину отверстия.

Расчет скорости при зенкеровании и при развертывание:

 (7.14)

Расчет числа оборотов.

, об/мин. (7.15)

Крутящий момент при сверлении, Н⋅м:

. (7.16)

Осевая сила при сверлении, Н:

. (7.17)

Крутящий момент при рассверливании и зенкеровании, Н⋅м:

. (7.18)

Осевая сила при рассверливании и зенкеровании, Н:

. (7.19)

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:

 (7.20)

где *Mкр* – крутящий момент, Н⋅м;

*n* – число оборотов, об/мин.

Пример решения задачи

На вертикально–сверлильном станке 2Н135 обработать сквозное отверстие диаметром 25Н7 (Ra=1,6 мкм), *l*=125 мм. Материал заготовки СЧ18, НВ 210.

Необходимо: выбрать режущий инструмент, назначить режим резания по таблицам нормативов, определить основное время.

Решение:

1. Выбор инструмента.

Согласно исходных данных операция выполняется в три перехода: сверление, зенкерование и развертывание.

Диаметральный припуск на развертывание (согласно приложению 3) равен 0,05 мм, припуск на зенкерование – 1,4 мм.

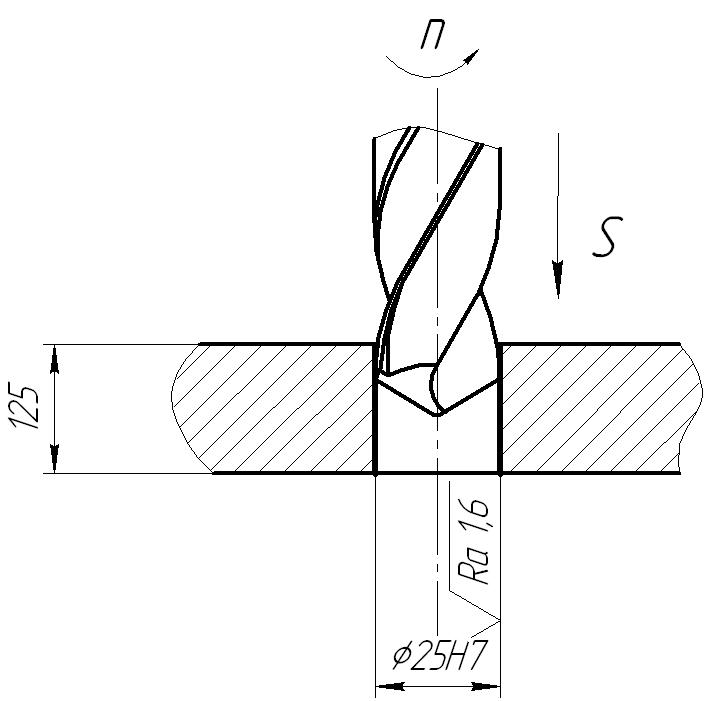


Рисунок 7.2 – Операционный эскиз (обработка отверстия)

С учетом припуска для сверления чугуна СЧ18 НВ 210 выбираем сверло *D*=22,5 мм из стали Р18, 2φ=118°; 2φ0=70°; для зенкерования – цельный зенкер *D*=24,9 мм из стали Р18; φ =45°; αр=10°; для развертывания – цельную развертку *D*=25 мм, φ =5° из стали Р18 [3].

2. Выбор режима резания.

Расчет режимов резания выполним в традиционной последовательности с использованием данных работы [2].

Первый переход.

Выбор подачи.

Для сверления чугуна НВ 210 сверлом диаметром 22,5 мм выбираем подачу S=0,47÷0,54 мм/об. С учетом поправочного коэффициента на длину сверления *Кls*=0,9 получаем расчетные величины подач *S*=0,42÷0,48 мм/об.

По паспорту станка устанавливаем ближайшую подачу *S*=0,4 мм/об.

Выбор скорости и числа оборотов.



где *СV*=17,1 – коэффициент, учитывающий условия обработки;

*m*=0,125; *q=*0,25; *y*=0,4 – показатели степени;

*T=75* – период стойкости инструмента, мин.

*KV* – обобщенный поправочный коэффициент, учитывающий изменения условий обработки по отношению к табличным:

,

где *KMv* – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки;

, [2], где *Kr*=1; *nv*= 0,6 [2],

тогда .

*Kuv* =1 – коэффициент, учитывающий материал инструмента;

*Klv* = 0,75 – коэффициент, учитывающий длину отверстия.



м/мин.

При настройке станка необходимо установить частоту вращения шпинделя,

обеспечивающую расчетную скорость резания.



По паспорту станка принимаем *n* = 250 об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:



Крутящий момент при сверлении, Н⋅м:

.

где *СМ*=0,021;

*q=*2; *y*=0,8;

*КР = KMр* = 

Осевая сила при сверлении, Н:

.

По паспорту станка наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, равно 15000 Н.

Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности.

Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:



где *Mкр* – крутящий момент, Н⋅м;

*n* – число оборотов, об/мин.

По паспорту станка мощность на шпинделе

*Nэ=Nд*⋅*η*=4,5⋅0,8=3,6 кВт; *Nэ*=3,6>*N*=1,39 кВт.

Следовательно, станок не лимитирует выбранного режима резания.

Второй переход.

Глубина резания, мм: 

Выбор подачи. Для зенкерования отверстия в сером чугуне НВ 210 зенкером диаметром 24,9 мм при последующей обработке отверстия одной разверткой рекомендуется подача *S*=0,7÷0,8 мм/об.

*Kos* = 0,7

*S*=0,7⋅0,8=0,56

Ближайшая подача по паспорту станка *S*=0,56 мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.



где *СV* = 18,8; *KV* =0,6;

*m=*0,12; *x=*0,1; *q=*0,2; *y=*0,4;

*T* =40 мин;

*t* = 0,7 мм.

Частота вращения шпинделя, об/мин:



По паспорту станка принимаем *n* = 180 об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:



Крутящий момент при зенкеровании, Н⋅м:

.

где *СМ*=0,085;

*q=*0; *y*=0,8; *х*=0,75;

*КР = KMр* = 

Осевая сила при зенкеровании, Н:



Мощность резания рассчитывают по формуле, кВт:



Третий переход.

Глубина резания, мм: 

Выбор подачи. Для развертывания отверстия в сером чугуне НВ>200 механической разверткой *D*=25 мм с чистотой поверхности отверстия Ra=1,6 мкм рекомендуется подача *S*=2,2 мм/об. Ближайшая подача по паспорту станка *S*=1,6 мм/об.

Выбор скорости резания и числа оборотов.



где *СV* = 15,6; *KV* =0,6;

*m=*0,3; *x=*0,1; *q=*0,2; *y=*0,5;

*T* =120 мин;

*t* = 0,05 мм.

Частота вращения шпинделя, об/мин:



По паспорту станка принимаем *n* = 45 об/мин.

Фактическая скорость резания, м/мин:



Проверка выбранного режима по осевому усилию и мощности не производится.

4. Определение основного (технологического) времени.

Величина врезания и перебега инструментов *l1* при работе на проход для сверла равна 12 мм; для зенкера 5 мм и для развертки 30 мм.

При длине отверстия *l*=125 мм основное (технологическое) время каждого перехода равно, мин:







Основное время операции, мин:

*T0=T01+T02+T03*=0,98+1,29+2,15=4,42

Задание для отчета лабораторной работы №2.

Выполнить расчет режима резания по таблицам нормативов для обработки сквозного отверстия на вертикально–сверлильном станке 2Н135 по заданному варианту. Исходные данные в таблице 8.2.

Таблица 7.2 – Исходные данные для расчета режимов резания ( обработка отверстия)

| № | Материал заготовки и его характеристики | Вид обработки | Диаметр после обработки *D*, мм | Параметр шероховатости, мкм | Длина отверстия *l*, мм |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 11 | Сталь 45, σв =650 МПа | Зенкерование, развертывание | 22Н7 | Ra=1,6 | 85 |