ОПД 06 Процессы формообразования и инструменты

Практическая работа № 11

Тема: Расчет и конструирование торцевой фрезы

Цель: Научиться определять геометрические параметры торцевой фрезы

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями
2. Выполнить практические задания
3. Ответить на контрольные вопросы в **письменном** виде
4. Представить **отчет по практической работе и ответы** на контрольные вопросы на проверку в течение трех дней со дня получение задания.

С уважением, ***Гнатюк Ирина Николаевна***.
При необходимости вопросы можно задать по телефону: 072-136-54-46
Работы отправлять на электронную почту ira.gnatyuk.60@inbox.ru

Теоретические сведения
Пример расчета торцевой фрезы

Задание:

Рассчитать торцевую фрезу для фрезерования торцев вала диаметром d = 36 мм у заготовки из стали 45 ГОСТ 1050-88 с пределом прочности $\sigma_в$ = 610 МПа. Припуск на обработку h = 2,5мм. Обработка ведется на фрезерно-центровальном полуавтомате мод. МР-71М с мощностью электродвигателя N= 3,0 кВт. Заготовка крепится в приспособлении повышенной жесткости.

Решение

1. Выбираем торцевую фрезу со вставными призматическими зубьями, оснащенными пластинами из твердого сплава Т5К10 по таблице 1
2. Предварительно зададимся длиной L фрезы (для заданной ширины фрезерования B = 1,6d = 1,6*36=58 мм) и соответственно ее диаметром D, числом зубьев z и углом ω по ГОСТ 24359-80 (таблица 2):
   L = 50 мм; D = 100 мм, z = 8, $\omega = 20^o$
3. Значение геометрических параметров фрезы принимаем по таблице 3
   $\varphi=45^o - 90^o$, принимаем $\varphi=60^o$
   Остальные геометрические параметры принимаем по таблице 4
   $\alpha = 12^o$ (считая, что при черновом фрезеровании толщина среза a › 0,08мм), $\gamma = -5^o$; $\lambda = +5^o$ (принято в соответствии с примечанием 3 к таблице для несимметричного фрезерования), $\varphi_o = 20^o$, $\varphi_1 = 5^o$.

4. Подачу выбираем по справочнику (таблица 5). Для чернового фрезерования заготовки из стали торцевой фрезой со вставными ножами при заданных условиях работы (мощность фрезерной головки до 3,0 кВт, схема фрезерования – несимметричная, марка твердого сплава – Т5К10) S_z = 0,24-0,28 мм/зуб; принимаем S_z = 0,24 мм/зуб

5. Диаметр отверстия под оправку $d = \sqrt[3]{\frac{Mсум}{0{,}1\sigma}}$,

где $\sigma_{и.д}$ = 250МПа – допустимое напряжение на изгиб материала оправки.

6. Определяем скорость резания в м/мин, допускаемую режущими свойствами фрезы по таблице 6 .Находим табличное значение скорости резания для D =100мм , z = 8, t до 5 мм и S_z до 0,24 мм/зуб:

$V_{табл}$ = 194 м/мин.

Учитываем поправочные коэффициенты на скорость резания по таблице 6. Для стали с $\sigma_в$ = 610 МПа (67 кгс/мм^2) $К_м$ = 1,12. Для случая черновой обработки поковки $К_п$ = 0,9. Из прочих поправочных коэффициентов для заданных условий обработки каждый равен единице. С учетом коэффициентов действительная скорость резания $V_д = V_{табл}\ К_м\ К_п$ = 194*1,12*0,9= 195,5 м/мин

8. Определяем частоту вращения шпинделя станка, соответствующую найденной скорости резания :

$n = 1000v / \pi D$ = 1000 x 195,5/ (3,14 x 100) = 566 об/мин.

Корректируем по паспортным данным станка и устанавливаем действительную частоту вращения: n=500 об/мин

Находим действительную скорость резания:

$V_д = \pi D n_д / 1000$ = (3,14 x 100 x 500) = 172,7 м/мин (= 2,88 м/с)

9.Силу резания при t = h = 2,5 мм определяем по формуле:

$$P_z = Cp \frac{t^x}{D^q} \frac{S^y}{n^w} \frac{B^u}{} Кр$$

Из таблицы 9 выписываем значения коэффициента и показателей степеней : C_p = 825, x=1,0, y=0,75, u =1,1, w=0,2, q=1,3

По таблицам 10 и 11 определяем поправочный коэффициент Кр :

$Кр = (\frac{\sigma_в}{750})^n$ (табл.6), n= 0,75(табл.8) , $Кр = (\frac{610}{750})^{0,75} = 0{,}682$

$$P_Z = 825\ \frac{2{,}5^{1,0}}{100^{1,3}} \frac{1{,}92^{0,75}}{500^{0,2}} \frac{58^{1,1}}{} 0{,}682 = 1898\ Н$$

10. Определяем момент сил сопротивления резанию (крутящий момент на шпинделе) по формуле: $M = \frac{PzD}{2*1000} = \frac{1898*100}{2*1000} = 94{,}9$ Нм

11. Равнодействующая сила

R = 1,411 P_z = 1,1411x1898 = 2680 Н

Расстояние между опорами фрезерной оправки принимаем в зависимости от длины посадочного участка центровой фрезерной оправки l = 400 мм.

Суммарный момент, действующий на фрезерную оправку:

$M_{сум} = \sqrt{(\frac{3Rl}{16})^2 + (\frac{PzD}{2})^2} = \sqrt{(\frac{3*2680*400}{16})^2 + (\frac{1898*100}{2})^2}$=222 000 кгс*мм=2220Н мм

Диаметр отверстия фрезы под оправку $d=\sqrt[3]{\frac{Mсум}{0,1\sigma}} = \sqrt[3]{\frac{222000}{0,1*61}}$=35,5 мм

принимаем ближайший диаметр отверстия фрезы по ГОСТ 24359-80: d=32мм

12. Устанавливаем окончательно наружный диаметр фрезы:
    D=2,5d = 2,5*32 =80,0 мм,
    принимаем ближайший диаметр фрезы по ГОСТ 3752-71 D= 100 мм.
13. Окончательное число зубьев фрезы
    $z = m\sqrt{D} = 0,8\sqrt{100} = 8$
    где m – коэффициент, зависящий от типа фрезы (по таблице 12)
    Для торцевой сборной фрезы с $\omega = 20^o$ m = 0,9).По ГОСТ 24359-80 принимаем z = 8
14. Определяем шаг зубьев фрезы:
    Окружной торцовый S окр = πD/z =3,14*100/8 = 39,25 мм
    Осевой при $\omega = 20^o$, ctg 20° = 1,75
    Soc = (πD/z) ctgω = 39,25*1,75 = 68,69 мм
15. Проверяем полученные величины z и Soc на условие равномерного фрезерования: C = B/ Soc = Bz/(πD ctgω) должно быть целым или величиной, близкой к нему. C = 58/68,69 = 0,84, т.е условие равномерного фрезерования обеспечено
16. Отверстие фрезы и шпоночный паз выполняют по ГОСТ 9472-70
17. Выбираем материал фрезы: корпуса – сталь 40Х; ножей –твердый сплав Т5К10; клиньев – сталь У8А.
18. Допуски на основные элементы фрезы и другие технические требования принимаем по ГОСТ 24359-80 (торцовые насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава)

Таблица 1-Выбор марок твердого сплава при фрезеровании

Виды и характер обработки	Марка твердого сплава при обработке		
	Углеродистой и легированной стали	Чугуна (НВ до 240)	Цветных металлов и сплавов
Фрезерование черновое	Т15К6 Т14К8 Т5К10	ВК4 ВК6 ВК8	ВК4 ВК6 ВК8
Фрезерование получистовое и чистовое	Т30К4 Т15К6 Т14К8	ВК4 ВК6	ВК3 ВК3М ВК4

Таблица 2 - Торцовые насадные фрезы со вставными ножами, оснащенными пластинами из твердого сплава

D, мм	L, мм	D (H7), мм	Число зубьев z
100	50	32	8
125	55	40	8
160	60	50	10
200	60	50	12
250	75	60	14
315	75	60	18
400	85	60	20
500	85	60	26
600	85	60	30

Таблица 3 - Значение геометрических параметров режущей части фрез с пластинками из твердого сплава

Обрабатываемый материал	Главный угол в плане φ, град
Стали конструкционные углеродистые и легированные	45-90
Стали жаропрочные	30-60
Чугун серый	45-90
Чугун ковкий	45-90

Таблица 4 - Геометрические параметры режущей части фрез, оснащенных твердым сплавом

<table>
<tr><th rowspan="2">Обрабатываемый материал</th><th colspan="2">Задний угол α при</th><th rowspan="2">Угол α_1(торцовый)</th><th rowspan="2">Передний угол γ</th><th colspan="2">Угол наклона главной режущей кромки λ</th><th colspan="3">Углы в плане</th><th rowspan="2">Ширина переходного лезвия φ</th></tr>
<tr><th>a_{max} до 0,08 мм</th><th>a_{max} более 0,08 мм</th><th>торцовых</th><th>Дисковых трехсторонних</th><th>φ</th><th>φ_0</th><th>φ_1</th></tr>
<tr><td>Сталь</td><td rowspan="7">12-15</td><td rowspan="7">18-20</td><td rowspan="7">8-10</td><td rowspan="2">+5</td><td rowspan="6">+5+15</td><td rowspan="6">-10+15</td><td rowspan="9">20-60</td><td rowspan="9">10-30</td><td rowspan="9">5</td><td rowspan="9">1-1,5</td></tr>
<tr><td>$\sigma_в$ до 650 МПа</td></tr>
<tr><td>$\sigma_в$ = 650-800МПа</td><td rowspan="2">-5</td></tr>
<tr><td>$\sigma_в$ = 850-950МПа</td></tr>
<tr><td>$\sigma_в$ =1000-1200МПа</td><td>10</td></tr>
<tr><td>Чугун</td><td rowspan="2">+5</td><td rowspan="3">+10+20</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">НВ до 200</td></tr>
<tr><td>0</td></tr>
<tr><td>НВ 200-250</td></tr>
</table>

Таблица 5 - Подачи при черновом фрезеровании плоскостей торцовыми фрезами на один зуб фрезы

Мощность станка (фрезерной головки), кВт	Вид установки фрезы	Сталь		Чугун	
		Марка твердого сплава			
		Т5К10	Т15К6	ВК8	ВК6
		Подача на один зуб фрезы Sz, мм/зуб			
Св. 10	симметричная	0,16-0,20	0,12-0,15	0,25-0,32	0,18-0,24
	смещенная	0,32-0,40	0,50-0,64	0,50-0,64	0,38-0,48
5 - 10	симметричная	0,12-0,14	0,09-0,11	0,20-0,24	0,14-0,18
	смещенная	0,24-0,28	0,18-0,22	0,38-0,45	0,28-0,36

Таблица 6 - Подачи при чистовом фрезеровании плоскостей торцовыми фрезами на один оборот фрезы

Обрабатываемый материал		Вспомогательный угол в плане φ_1, град	Шероховатость поверхности Ra, мкм		
			12,5	6,3	3,2
			Подачи на один оборот So, мм/об		
Сталь $\sigma_в$, МПа	До 700	5	0,80-0,50	0,55-0,40	0,25-0,20
		2	1,60-1,0	1,1-0,80	0,50-0,40
	Св. 700	5	1,0-0,70	0,60-0,45	0,30-0,20
		2	2,0-1,40	1,2-0,90	0,60-0,40

Таблица 7 - Режимы резания торцевыми фрезами, оснащенными пластинками из твердого сплава

D/z	t, мм	Подача на один зуб фрезы Sz, мм/зуб до											
		0,07		0,1		0,13		0,18		0,24		0,33	
		Режимы резания											
		v, м/мин	n, об/мин	v, м/мин	n, об/мин	v, м/мин	n, об/мин	v, м/мин	n, об/мин	v, м/мин	n, об/мин	v, м/мин	n, об/мин
100/8	5	312	1240	280	1110	250	1000	220	875	195	775	173	690
	1,5	352	1400	316	1255	282	1120	249	990	220	875	196	780
125/8	5	312	900	280	810	249	720	220	637	194	562	173	500
	1,5	352	1020	316	915	282	815	249	720	220	635	196	565
160/10	16	316	590	260	530	220	468	194	402	173	367	154	327
	5	380	670	282	600	249	53	220	465	196	415	174	370
200/12	16	263	420	235	370	209	332	185	292	164	261	147	234
	5	298	475	266	420	236	375	209	330	186	295	166	265
250/14	16	263	336	235	300	209	265	185	235	165	208	147	186
	5	298	380	266	340	236	300	209	265	186	235	166	210
315/18	16	253	282	223	221	200	199	176	175	157	156	140	140
	5	286	285	252	250	226	225	199	198	178	177	158	157
400/20	16	235	186	209	166	185	147	164	131	147	117	129	102
	5	266	210	236	188	209	166	186	148	166	132	146	116

Таблица 8 - Поправочные коэффициенты на режимы резания для измененных условий работы

Механическая характеристика материала				
$\sigma_в$,МПа	До 56	56-62	63-70	71-79
НВ	До 160	160-177	180-200	203-226
К1	1,42	1,26	1,12	1,0
Состояние обрабатываемой поверхности				
Состояние поверхности	Без корки и прокат	С коркой		
		Поковка или штамповка	Отливка	
К2	1,0	0,9	0,8	
Отношение ширины фрезерования к диаметру фрезы				
Отношение D: B	До 0,45	0,45-0,8	Св.0,8	
К3	1,13	1,0	0,8	
Главный угол в плане φ, град				
φ, град	90	60	45	
К4	1,0	1,0	1,1	
Марка твердого сплава инструмента				
Марка сплава	Т15К6	ТТ7К12	Т5К10	
К5				

Таблица 9 - Коэффициент и показатели степени в формуле окружной силы при фрезеровании

Тип фрезы	Материал режущей части инструмента	Коэффициент и показатели степеней					
		Ср	x	y	u	w	q
Обработка конструкционной углеродистой стали $\sigma_в$ =750 МПа							
Торцевые	Твердый сплав	825	1,0	0,75	1,1	0,2	1,3
	Быстрорежущая сталь	82,5	0,95	0,80		0	1,1
Цилиндрические	Твердый сплав	101	0,88	0,75	1,0		0,87
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,80	0,72			0,86
Концевые	Твердый сплав	12,5	0,85	0,75		-0,13	0,73
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72		0	0,86
Дисковые, отрезные и прорезные	Твердый сплав	201	0,9	0,80	1,1	0,1	1,1
	Быстрорежущая сталь	68,2	0,86	0,72	1,0	0	0,86
Фасонные и угловые		47					
Обработка жаропрочной стали в состоянии поставки НВ 141							
Торцевые	Твердый сплав	218	0,92	0,78	1,0	0	1,15
Концевые	Быстрорежущая сталь	82	0,75	0,80			0,86
Обработка серого чугуна НВ 100							
Торцевые	Твердый сплав	54,5	0,9	0,74	1,0	0	1,0
Цилиндрические		58		0,80			0,90
Цилиндрические, концевые, дисковые, прорезные, отрезные	Быстрорежущая сталь	30	0,83	0,65			0,83

Обработка ковкого чугуна НВ 150							
Торцевые	Твердый сплав	491	1,0	0,75	1,1	0,2	1,3
Цилиндрические, концевые, дисковые, прорезные, отрезные	Быстрорежущая сталь	30	0,86	0,72	1,0	0	0,86
Обработка медных сплавов средней твердости НВ 100-140							
Цилиндрические, концевые, дисковые, прорезные, отрезные	Быстрорежущая сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0	0,86

Примечание: Окружную силу при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать, как для стали с введением коэффициента 0,25

Таблица 10 - Формулы расчета поправочного коэффициента Кр , учитывающего влияние механических свойств материала

Коэффициент Кр при обрабатываемом материале		
Сталь	Чугун	
	серый	ковкий
$Кр = (\frac{\sigma_в}{750})^n$	$Кр = (\frac{HB}{190})^n$	$Кр = (\frac{HB}{150})^n$

Примечание: Показатель степени **n** см. в табл. 3

Таблица 11 - Показатель степени в формулах расчета поправочного коэффициента Кр, учитывающего влияние механических свойств материала

Обрабатываемый материал	Тангенциальная составляющая Pz		Крутящий момент М и осевая сила Po при сверлении и рассверливании		Окружная сила резания при фрезеровании Pz	
	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь
Сталь конструкционная и стальное литье: $\sigma_в < 600$МПа	0,75	0,35	0,75		0,3	
$\sigma_в > 600$МПа		0,75				
Чугун серый и ковкий	0,4	0,55	0,6		1,0	0,55

Таблица 12 - Значения коэффициента для определения числа зубьев фрезы, зависящего от типа фрезы

Тип фрезы	Значение коэффициента m
Цилиндрические фрезы	
Цельные крупнозубые с ω до 30^0	1,05
Цельные мелкозубые с ω = $15\text{-}20^0$	2,0
Сборные с ω = 20^0	0,9
Сборные с ω = 45^0	0,8
Торцевые фрезы	
Цельные крупнозубые	1,2
Цельные мелкозубые	2,0
Угловые	2,5-2,8
Фасонные	1,5-2,0
Дисковые	2,0

Задание

1. Ознакомиться с примером расчета
2. Рассчитать геометрические параметры торцевой фрезы в соответствии с вариантом
3. Ответить на контрольные вопросы

Таблица данных по вариантам

№ варианта	Материал заготовки	Вид заготовки	Применяемое оборудование	Размеры	
				Диаметр вала D	Припуск h
				мм	
1	Сталь Ст5 $\sigma_в$=600МПа	Поковка	6Н13	65	3,0
2	Сталь 35 $\sigma_в$=600Мпа	Прокат	6Р12	40	1,5
3	ЛатуньЛК80-3 НВ 110	Отливка	6Н13	80	4,0
4	Сталь Ст5 $\sigma_в$=600МПа	Поковка	6Р12	50	1,5
5	Сталь 35 $\sigma_в$=600МПа	Прокат	6Н13	75	4,0
6	Чугун СЧ30 НВ 220	Отливка	6Р12	90	1,5
7	Сталь Ст5 $\sigma_в$=600МПа	Поковка	6Н13	60	4,5
8	ЛатуньЛК80-3 НВ 110	Отливка	6Р12	85	1,5
9	Сталь 35 $\sigma_в$=600МПа	Прокат	6Н13	45	1,0
10	Чугун СЧ30 НВ 220	Отливка	6Р12	70	5,0

Контрольные вопросы:

1. Какие геометрические параметры имеет зуб фрезы?
2. Какое минимальное число зубьев может иметь фреза?
3. Как влияют значения переднего и заднего углов торцевой фрезы на процесс резания?