ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ 2 ПО РАЗДЕЛУ Т3№3

Разработка программного обеспечения для автоматизированного расчёта размерных цепей при обработке типовых деталей.

**Алгоритм расчёта размерных цепей**

Размерная цепь представляет собой совокупность технологических размеров в принятой последовательности выполнения технологических переходов и операций.

*Ввести исходные данные*

Ввести длину детали ( из чертежа) – *l,м*

Ввести заданный размер для диаметра – *d,* не диаметр - *L* (принимается из чертежа детали), мм.

Ввести допуск на заданный размер *Td* или *TL* (принимается из чертежа детали), мм.

Ввести шероховатость обработанной поверхности (принимается из чертежа детали и переводится в параметр Rz, мкм).

Ввести значение заданной на чертеже глубины упрочнённого слоя *hy* (например при поверхностной закалке, деформационном упрочнении, азотировании, цементации и т.д.), по умолчанию *hy=0.*

Указать, следует ли удалить в процессе обработки упрочненный слой.

Выбрать тип размера: вал, отверстие (для отверстия задать глубину отверстия *lо)*.

Выбрать тип обработанной поверхности: цилиндрическая, плоская, комбинированная, фасонная (фаска).

Выбрать тип припуска: двусторонний, односторонний.

Выбрать вид заготовки: прокат, поковка (ввести из чертежа поковки допускаемое смещение по поверхности разъёма - *ρсм*,мм), отливка(ввести из чертежа отливки допускаемое смещение по поверхности разъёма - *ρсм*,мм).

Задать из техпроцесса изготовления детали последовательность операций обработки с указанием шероховатости обработанной поверхности (с указанием приспособления только при смене установки, иначе приспособление не изменяется либо его нет в списке и погрешность установки = 0) : точение (черновое, ~~точение получистовое~~, точение чистовое, точение тонкое), сверление и рассверливание, зенкерование (черновое, зенкерование чистовое0, развертывание (черновое, развертывание чистовое, развертывание тонкое, протягивание (черновое, протягивание чистовое), шлифование (черновое, шлифование чистовое, шлифование тонкое), фрезерование (черновое, фрезерование чистовое, фрезерование тонкое), электроэрозионная обработка (черновая, электроэрозионная обработка чистовая, электроэрозионная обработка отделочная, притирка, суперфиниширование, хонингование, полирование,

Для принятой последовательности операций записать последовательность переходов обработки исходя из заданной шероховатости.

Например:

Точение, шлифование Rа 0,32

Из таблицы ? определить метод получения требуемой шероховатости и записать последовательность переходов обработки в обратном направлении (шлифование чистовое - шлифование черновое - точение чистовое - точение черновое).

Точение, шлифование, доводка Rа 0, 1

(доводка - шлифование чистовое - шлифование черновое - точение чистовое - точение черновое).

*Присвоить операции переходу порядковый номер.*

Например: 0-заготовка, 1- черновое точение, 2-чистовое точение, 3-черновое шлифование и 4-чистовое шлифование.

*Определить для каждого перехода составляющие припуска: Rzi, hi , Ti.*

Из базы данных: табл.1, табл. 2, табл.3, табл.4.

*Определить составляющую припуска ρi для каждого перехода.*

Подпрограмма 1.

*Определить составляющую припуска εi  для каждого перехода.*

Подпрограмма 2.

*Определить zi min  для каждого перехода.*

*zi min  = Rzi-1 +hi-1 +ρi-1+ εi ,*

при последовательной обработке противолежащих поверхностей (для плоских поверхностей);

*,*

при обработке внутренних и наружных поверхностей вращения.

*Определить zi nom* *для каждого перехода.*

*2zi nom =2zi min  + Tdi-1 или 2zi nom =2zi min  + TLi-1*

для двустороннего припуска;

*zi nom =zi min  +TLi-1,*

для одностороннего припуска.

*Определить межоперационный размер* *для каждого перехода.*

Для размера тип вал:

*di-1=di +2zi nom,* или *Li-1=Li +2zi nom,*

для двустороннего припуска;

*Li-1=Li+zi nom ;*

для одностороннего припуска.

Для размера тип отверстие:

*di-1=di -2zi nom,* или *Li-1=Li -2zi nom,*

для двустороннего припуска;

*Li-1=Li-zi nom ;*

для одностороннего припуска.

*Вывести полученные значения Rzi ,hi ,ρi ,  εi ,* *Tdi, TLi, zi nom, di Li*  для каждого перехода (операции) в виде таблицы.

*Построить размерную цепь* на основе полученных значений *Tdi, TLi, zi nom, di Li*

Если заготовка подвергается поверхностному упрочнению, которое для рассматриваемой поверхности должно быть удалено при обработке, то толщина упрочненного слоя прибавляется к припуску на чистовую обработку, которая обычно выполняется после черновой обработки на втором переходе.

Если hy>0 то z2min= z2min+hy

Подпрограмма 1.

*Определение составляющей припуска ρi для каждого перехода.*

*Определяем ,ρ0 в зависимости от вида заготовки.*

Прокат

*ρ0 =Δk l,*

*Δk* - удельная кривизна, см. табл.4, *l –* длина детали.

Поковка

*ρсм* – допускаемое смещение по поверхности разъёма штампа (задаётся на чертеже поковки),

*ρk -* допускаемое коробление; *ρk = Δk l;*  *Δk* -удельная кривизна, см. табл; 8,

*l –* длина детали.

Литьё по выплавляемым моделям, литьё в кокиль, литьё под давлением

*ρсм* – допускаемое смещение по поверхности разъёма литейной формы (задаётся на чертеже отливки); *ρk -* допускаемое коробление; *ρk = Δk l;*  *Δk* -удельная кривизна, см. табл. 8; *l –* длина детали.

.Сверление (вместо использовать

- увод сверла; *ρу = Δk lо;*  *Δk* -удельный увод, см. табл. 9; *lо –* глубина отверстия.

*Определяем ,ρi для каждого перехода*

*ρi = ρ0 ky*

*ky* – коэффициент уточнения, см. табл.5.

*Определение составляющей припуска εi для каждого переход, табл, 6*

|  |
| --- |
|  |
|  |

Таблица 1 Точность, шероховатость, глубина дефектного слоя заготовок

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Способ получения заготовки | Точность,  IT | Шероховатость, Rz,мм | Глубина дефектного слоя *h*,мм |
| Литьё в песчано-глинистые формы | 16 | 0,300 | 0,300 |
| Литьё в оболочковые формы | 15 | 0,040 | 0,160 |
| Литьё по выплавляемым моделям | 12 | .0,032 | 0,100 |
| Литьё в кокиль | 15 | 0,200 | 0,200 |
| Литьё под давлением в металлические формы | 12 | 0,040 | 0,100 |
| Центробежное литьё | 15 | 0,200 | 0,200 |
| Горячая объёмная штамповка на молотах, прессах и гкм  (поковка) | 17 | 0,160 | 0,200 |
| Холодное выдавливание  (поковка) | 14 | 0,40 | 0,040 |
| прокат Обычная точность, В1 | 16 | 0,2 | 0,3 |
| прокат Повышенная точность, Б1 | 15 | 0,125 | 0,15 |
| прокат Высокая точность, А1 | 14 | 0,075 | 0,1 |

Таблица 2 Точность, шероховатость, глубина дефектного слоя поверхностей после различных методов обработки

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Метод обработки | Достигаемая точность,  IT | Достигаемая шероховатость, *Rz*, мм | Глубина дефектного слоя, *h*,мм | *ky* | | |
| Точение и растачивание: |  |  |  |  | | |
| черновое | 14 | 0,040 | 0,060 | 0,06 | | |
| получистовое | 12 | 0,020 | 0,040 | 0,05 | | |
| чистовое | 10 | 0,010 | 0,030 | 0,04 | | |
| тонкое | 7 | 0,005 | 0,010 | 0 | | |
| Сверление | 10 | 0,024 | 0,040 | 1 | | |
| Зенкерование: |  |  |  | 0 | | |
| черновое | 12 | 0,030 | 0,040 | 0 | | |
| чистовое | 8 | 0,010 | 0,015 | 0 | | |
| Развертывание: |  |  |  | 0 | | |
| черновое | 10 | 0,010 | 0,015 | | 0 | |
| чистовое | 7 | 0,0024 | 0,010 | | 0 | |
| тонкое | 5 | 0,001 | 0,005 | | 0 | |
| Протягивание: |  |  |  | | 0 | |
| черновое | 10 | 0,005 | 0,015 | | 0 | |
| чистовое | 7 | 0,002 | 0,010 | | 0 | |
| Шлифование: |  |  |  | |  | |
| черновое | 8 | -,010 | 0,020 | | 0,03 | |
| чистовое | 7 | 0,005 | 0,010 | | 0,02 | |
| тонкое | 6 | 0,001 | 0,005 | | 0 | |
| Фрезерование: |  |  |  | |  | |
| черновое | 14 | 0,040 | 0,040 | | 0,06 | |
| чистовое | 10 | 0,020 | 0,020 | | 0,04 | |
| тонкое | 6 | 0,005 | 0,010 | | 0 | |
| Строгание: |  |  |  | |  | |
| черновое | 14 | 0,040 | 0,050 | | 0,06 | |
| чистовое | 11 | 0,020 | 0,025 | | 0,04 | |
| тонкое | 8 | 0,010 | 0,010 | | 0 | |
| Притирка | 4 | 0,0005 | 0,004 | | 0 | |
| Суперфиниширование | 5 | 0,0005 | 0,004 | | 0 | |
| Хонингование | 5 | 0,0005 | 0,004 | | 0 | |
| Раскатывание | 6 | 0,0008 | 0 | | 0 | |
| Калибрование | 5 | 0,0005 | 0 | | 0 | |
| Алмазное выглаживание | 5 | 0,0005 | 0 | | 0 | |
| Полирование | 0 | 0,000032 | 0 | | 0 | |
| Электроэрозионная обработка: |  |  |  | |  | |
| черновая | 14 | 0,040 | 0,080 | | | 0 |
| чистовая | 10 | 0,020 | 0,040 | | | 0 |
| отделочная | 8 | 0,005 | 0,020 | | | 0 |

Таблица 3 Величины допусков

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Интервал номинальных размеров мм** | | ***Квалитет*** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **01** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | | **18** |
| **Св.** | **До** | ***мм*** | | | | | | | | | | | | | | ***мм*** | | | | | | | |
|  | 3 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 4 | 0,006 | 0,010 | 0,014 | 0,025 | 0,040 | 0,060 | | 0.10 | 0.14 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 1.00 | 1.40 | |
| 3 | 6 | 0.4 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 5 | 0,008 | 0,012 | 0,018 | 0,030 | 0,048 | 0,075 | | 0.12 | 0.18 | 0.30 | 0.48 | 0.75 | 1.20 | 1.80 | |
| 6 | 10 | 0.4 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 0,009 | 0,015 | 0,022 | 0,036 | 0,058 | 0,090 | | 0.15 | 0.22 | 0.36 | 0.58 | 0.90 | 1.50 | 2.20 | |
| 10 | 18 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 0,011 | 0,018 | 0,027 | 0,043 | 0,070 | 0,110 | | 0.18 | 0.27 | 0.43 | 0.70 | 1.10 | 1.80 | 2.70 | |
| 18 | 30 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 9 | 0,013 | 0,021 | 0,033 | 0,052 | 0,084 | 0,130 | | 0.21 | 0.33 | 0.52 | 0.84 | 1.30 | 2.10 | 3.30 | |
| 30 | 50 | 0.6 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 7 | 11 | 0,016 | 0,025 | 0,039 | 0,062 | 0,100 | 0,160 | | 0.25 | 0.39 | 0.62 | 1.00 | 1.60 | 2.50 | 3.90 | |
| 50 | 80 | 0.8 | 1.2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 0,019 | 0,030 | 0,046 | 0,074 | 0,120 | 0,190 | | 0.30 | 0.46 | 0.74 | 1.20 | 1.90 | 3.00 | 4.60 | |
| 80 | 120 | 1 | 1.5 | 2.5 | 4 | 6 | 10 | 15 | 0,022 | 0,035 | 0,054 | 0,087 | 0,140 | 0,220 | | 0.35 | 0.54 | 0.87 | 1.40 | 2.20 | 3.50 | 5.40 | |
| 120 | 180 | 1.2 | 2 | 3.5 | 5 | 8 | 12 | 18 | 0,025 | 0,040 | 0,063 | 0,100 | 0,160 | 0,250 | | 0.40 | 0.63 | 1.00 | 1.60 | 2.50 | 4.00 | 6.30 | |
| 180 | 250 | 2 | 3 | 4.5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 0,029 | 0,046 | 0,072 | 0,115 | 0,185 | 0,290 | | 0.46 | 0.72 | 1.15 | 1.85 | 2.90 | 4.60 | 7.20 | |
| 250 | 315 | 2.5 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 23 | 0,032 | 0,052 | 0,081 | 0,130 | 0,210 | 0,320 | | 0.52 | 0.81 | 1.30 | 2.10 | 3.20 | 5.20 | 8.10 | |
| 315 | 400 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 25 | 0,036 | 0,057 | 0,089 | 0,140 | 0,230 | 0,360 | | 0.57 | 0.89 | 1.40 | 2.30 | 3.60 | 5.70 | 8.90 | |
| 400 | 500 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 27 | 0,040 | 0,063 | 0,097 | 0,155 | 0,250 | 0,400 | | 0.63 | 0.97 | 1.55 | 2.50 | 4.00 | 6.30 | 9.70 | |
| 500 | 630 | 4.5 | 6 | 9 | 11 | 16 | 22 | 30 | 0,044 | 0,070 | 0,110 | 0,175 | 0,280 | 0,440 | | 0.70 | 1.10 | 1.75 | 2.80 | 4.40 | 7.00 | 11.00 | |
| 630 | 800 | 5 | 7 | 10 | 13 | 18 | 25 | 35 | 0,050 | 0,080 | 0,125 | 0,200 | 0,320 | 0,500 | | 0.80 | 1.25 | 2.00 | 3.20 | 5.00 | 8.00 | 12.50 | |
| 800 | 1000 | 5.5 | 8 | 11 | 15 | 21 | 29 | 40 | 0,056 | 0,090 | 0,140 | 0,230 | 0,360 | 0,560 | | 0.90 | 1.40 | 2.30 | 3.60 | 5.60 | 9.00 | 14.00 | |
| 1000 | 1250 | 6.5 | 9 | 13 | 18 | 24 | 34 | 46 | 0,066 | 0,105 | 0,165 | 0,260 | 0,420 | 0,660 | | 1.05 | 1.65 | 2.60 | 4.20 | 6.60 | 10.50 | 16.50 | |
| 1250 | 1600 | 8 | 11 | 15 | 21 | 29 | 40 | 54 | 0,078 | 0.125 | 0,195 | 0,310 | 0,500 | 0,780 | | 1.25 | 1.95 | 3.10 | 5.00 | 7.80 | 12.50 | 19.50 | |
| 1600 | 2000 | 9 | 13 | 18 | 25 | 35 | 48 | 65 | 0,092 | 0,150 | 0,230 | 0,370 | 0,600 | 0,920 | | 1.50 | 2.30 | 3.70 | 6.00 | 9.20 | 15.00 | 23.00 | |
| 2000 | 2500 | 11 | 15 | 22 | 30 | 41 | 57 | 77 | 0,110 | 0,175 | 0,280 | 0,440 | 0,700 | 1,100 | | 1.75 | 2.80 | 4.40 | 7.00 | 11.00 | 17.50 | 28.00 | |
| 2500 | 3150 | 13 | 18 | 26 | 36 | 50 | 69 | 93 | 0,135 | 0,210 | 0,330 | 0,540 | 0,860 | 1,350 | | 2.10 | 3.30 | 5.40 | 8.60 | 13.50 | 21.00 | 33.00 | |

(не используется)Таблица 4 Точность, шероховатость и толщина дефектного слоя проката по ГОСТ 2590-2006

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр,мм | | 5-9 | 10-19 | 20-28 | 29-48 | 50-58 | 60-78 | 80-97 | 100-115 | 120-156 | 160-200 | 210-250 |
| Обычная точность, В1 | T,мм | 0,8 | 0,8 | 0,90 | 1,1 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,3 | 2,8 | 3,4 | 4.2 |
| Rz,мм | 0,125 | 0,125 | 0,125 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| h,мм | 0,150 | 0,150 | 0,150 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,32 | 0,32 |
| Повышенная точность, Б1 | T,мм | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,1 |  |  |  |
| Rz,мм | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,125 | 0,125 | 0,125 |  |  |  |  |  |
| h,мм | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,150 | 0,150 | 0,150 |  |  |  |  |  |
| Высокая точность, А1 | T,мм | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,4 | - |  |  |  |
| Rz,мм | 0,063 | 0,063 | 0,063 | 0,075 | 0,075 | 0,075 |  |  |  |  |  |
| h,мм | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |  |  |  |  |  |

***А1соотв. IT14, Б1- IT15, В1- IT16***

Удельная кривизна проката по ГОСТ 2590-2006 *Δk=0,5%*

(см. таб. 2)Таблица 5 Коэффициент уточнения, для остальных *ky=0*

|  |  |
| --- | --- |
| Технологический переход | *ky* |
| Точение черновое | 0,06 |
| Точение чистовое | 0,04 |
| Шлифование черновое | 0,03 |
| Шлифование чистовое | 0,02 |

Таблица 6 Погрешность установки *ε*, мм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип приспособления для точения и шлифования | Состояние поверхности | Заданный диаметр детали d или заданный размер L, мм | | | | | | | | | |
| 6-10 | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-260 | 260-360 | 360-500 |
| Патрон трёхкулачковый | Прокат обычная точность  Поковка, Отливка | 0,220 | 0,270 | 0,320 | 0,370 | 0,420 | 0,500 | 0,600 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Черновая и получистовая обработка,  Прокат высокой и повышенной точности | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,080 | 0,100 | 0,120 | 0,140 | 0,160 | 0,180 | 0,200 |
| Чистовая и тонкая обработка ,  Все остальные | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,080 | 0,090 | 0,100 |
| Цанговый патрон | Прокат высокой и повышенной точности  Черновая и получистовая обработка | 0,040 | 0,050 | 0,060 | 0,070 | 0,080 | – | – | – | – | – |
| Чистовая и тонкая обработка ,  Все остальные | 0,020 | 0,025 | 0,030 | 0,035 | 0,040 | – | – | – | – | – |
| Гладкие центры |  | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип приспособления для фрезерования | Состояние поверхности | Длина детали *l*,мм | | | | | | | | | |
| 6-10 | 10-18 | 18-30 | 30-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-260 | 260-360 | 360-500 |
| С винтовыми или зксцентриковыми зажимами | Отливка, поковка, прокат обычная точность | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,135 | 0,150 | 0,175 | 0,2 | 0.24 | 0,28 |
| Черновая и получистовая обработка | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| Чистовая обработка | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 |
| С пневматическим зажимом | Отливка, поковка, прокат обычная точность | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,160 | 0,190 | 0,22 |
| Черновая обработка | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,12 |
|  | Чистовая обработка | 0,01 | 0.02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 |

Погрешность установки на фрезерно – центровальном станке *ε=0,5 Td0*

Таблица 7 Допускаемое смещение по поверхности разъёма штампа *ρсм,*, мм..

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса поковки, кг | До 0,5 | 0,5-1,0 | 1,0-1,8 | 1,8-3,2 | 3,2-5,6 | 5,6-10 | 10-20 |  |
| *ρсм,мм,* | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1,0 |  |

Таблица 8 Удельная кривизна штампованных поковок,

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчётный размер,мм | До 25 | 25-50 | 50-80 | 80-120 | 120-180 | 180-260 |
| *Δk,мм/мм,* | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0014 |

Таблица 9 Удельный увод оси отверстия при сверлении.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчётный диаметр отверстия,мм | 3-6 | 6,1-10 | 10.1-18 | 18,1-30 | 30,1-50 |
| *Δk,мм/мм,* | 0,0021 | 0,0017 | 0,0013 | 0,0009 | 0,0007 |

Программа расчёта размерных цепей.

Тестирование программы.

Тестирование программы проводилось в СГТ ОАО КЭМЗ г. Ковров на ?деталях различных типоразмеров, техпроцессы изготовления которых содержали все типовые переходы и операции. Полученные в результате тестирования отклонения расчётных значений межоперационных размеров от производственных составляют по абсолютной величине ?.Средневадратичное отклонение составляет ?,что обеспечивает требуемые характеристики обработанной поверхности.

Таким образом, программа позволяет автоматизировать процесс назначения технологических размеров в заданной последовательности переходов и операций.

Замечания и рекомендации по совершенствованию программы:

Примеры тестирования