Практическая работа.

**Расчёт точности и жёсткости вспомогательного инструмента**

**Цель работы:** ознакомиться с методом расчета точности и жёсткости вспомогательного инструмента, научиться грамотно пользоваться справочной литературой.

**Оснащение:**

1. Методические указания по выполнению работы.
2. Ординарцев И.А. и др. Справочник инструментальщика – Л: Машиностроение. Ленингр. отд-ние 1997.- 846с.
3. Справочник технолога - машиностроителя в двух томах. Т.2/ под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. -М.: Машиностроение, 1986.- 496
4. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд.,перераб. и доп. – М.:Машиностроение, 1990.-512л.
5. Гоцеридзе Р.М. Процессы формообразования и инструмент. М.:Академия 2015.

**Порядок выполнения работы:**

**Самостоятельная внеаудиторная работа:**

**1.Ознакомиться с целью работы и порядком ее выполнения.**

**2.Ознакомиться с примером расчета торцовой фрезы.**

3.Получить индивидуальное задание.

4.Выполнить расчет: - биения оправки, закрепленной в цанговом патроне;

- перемещения креп­ления оправки с регулированием вы­лета 5.Оформить отчет и подготовить его к сдаче.

Теоретический материал.

Важнейшим требованием к вспомо­гательному инструменту для станков с ЧПУ является обеспечение доста­точной результирующей точности и жесткости.

В связи с тем что вспомогательный инструмент является элементом системы СПИД, существуют связи точ­ности и жесткости вспомогательного инструмента с качеством обработки деталей.

Ниже приведены допустимые биения (в мм) кромок режущего инструмента и оправок расточного инструмента после их установки на станке.

Сверла:

с цилиндрическим хвосто­виком диаметром 6—18 мм 0,056

с коническим хвостови­ком диаметром 18—30 мм 0,071

Зенкеры и развертки диа­метром:

до 50 мм 0,062

до 120 мм 0,081

Расточные оправки:

для получистовой обра­ботки отверстий диаме­тром

22—180 мм (биение оправки) 0,030

для чистовой обработки отверстий (биение оправ­ки)

диаметром:

25—80 мм 0,005

80—180 мм 0,010

Упругие деформации технологиче­ской системы СПИД, возникающие в процессе обработки отверстий, также оказывают существенное влияние на точность их размеров, формы и вза­имного расположения.

Допустимая податливость (мкм/Н) вспомогательного инструмента в за­висимости от закрепляемого инстру­мента приведена ниже.

Патроны и втулка для сверл диаметром:

6—18 мм ………………………………………………………….. 0,292

18—30 мм………………………………………………………… 0,186

Расточные справки для по­лучистовой обработки

от­верстий диаметром:

20—80 мм ………………………………………………………….. 0,153

80—180 мм …………………………………………………………. 0,110

Расточные оправки для чи­стовой обработки

отверстий диаметром:

40—80 мм…………………………………………………………… 0,115

80—180 мм…………………………………………………………..0,073

Данные о предельно допустимых точности и жесткости служат крите­риями оценки качества конструкций.

Таблица 1. Характеристики распределения производственного допуска при обработке присоединительных поверхностей вспомогательного инструмента .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Способ получения поверхности | Вид поверхности | Кi |
| Наружное шлифование в центрах | Конус Морзе  Конус:  7 : 24  1 : 5  цилиндрическая | 1,17  1,51  1,37  1,09 |
| Внутреннее шлифование | Конус Морзе  Конус:  7 : 24  1 : 5  цилиндрическая | 1,17  1,17  1,21  1,09 |
| Бесцентровое шлифование | Конус Морзе | 1,03 |

Биение режущей части инструмента в системе координат станка рассма­тривается как замыкающее звено в сложной размерной цепи, образован­ной отклонениями линейных и угло­вых размеров элементов системы СПИД. Решение уравнения этой цепи теоретико-вероятностным методом по­зволяет учесть законы распределения отклонений размеров вспомогательного и режущего инструмента при их изготовлении и случайный характер составляющих погрешностей, таких, как смещения и перекосы осей при сборке компоновок режущего и вспо­могательного инструмента.

Угловые ошибки составляющих звеньев (перекосы осей) и векторные ошибки (параллельное смещение осей) суммируются путем приведения пере­косов осей к векторному виду в пло­скости замыкающего звена (биения режущей части) через передаточные отношения:

= 1

где *—* половина допустимой вели­чины биения замыкающего звена;

— коэффициент относительного рассеяния замыкающего звена; — величина биения i-ro звена; — передаточное отношение; — коэф­фициент относительного рассеяния i-ro звена; *п* — число звеньев в цепи.

Характеристика замыкающего звена:

= 1 + · ( - 2

Для каждого звена необходимо опре­делять характеристики распределения *Ki,* для деталей, обрабатываемых шли­фованием и контролируемых с помощью универсальных средств измерения, зна­чение коэффициентов *Ki* приведены в табл. 1. Зависимости точности цен­трирования конусов от величины по­грешности их изготовления приведены в табл. 2.

Значения перекоса *е* оси инстру­мента на вылете 100 мм для цилиндри­ческих соединений диаметром 30—50 мм с боковым зажимов винтами в зависимости от погрешности изго­товления приведены ниже.

Квалитет точности

(СТ СЭВ 144—75) IT4 IT5 IT6

*е,* мм …………………………1,0 1,6 3,2

Квалитет точности

(СТ СЭВ 144—75) IT7 IT8 IT9

*е,* мм …………………………4,3 6,0 12,0

**Пример 1.** Расчет биения 2е оправки, закрепленной в цанговом патроне (рис. 1).

Биение конического отверстия шпин­деля станка с ЧПУ класса точности *Н* у торца составляет 0,008 мм, на вы­лете 300 мм — 0,010 мм, т. е. допу­стимый перекос равен 0,001 мм на длине 300 мм.

Погрешность изготовления кониче­ских поверхностей с конусностью 7 : 24 принимаем по АТ7 (ГОСТ 19880—74), что соответствует максимальной раз­ности углов внутреннего и наружного конусов 16'' и значению перекоса в коническом соединении 0,0025 мм на вылете 100 мм (см. табл. 2)

Максимальное биение конического отверстия корпуса цангового патрона относительно оси конуса хвостовика не более 0,010 мм. Погрешность изго­товления конических поверхностей цанги и корпуса цангового патрона с конусностью 1 : 5 принимаем по степени точности АТ7. Максимальное биение цилиндрического отверстия цанги относительно наружного конуса цанги не более 0,010 мм.

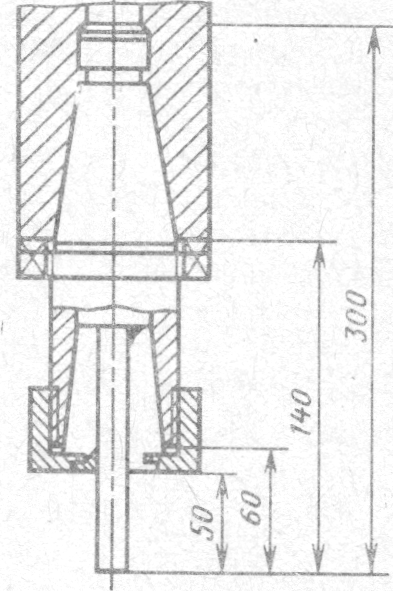


Рисунок 1.- Цанговый патрон.

В табл. 3 приведены данные для расчета точности крепления инструмента в цанговом патроне. По формуле (2) и данным табл. 3 определяем значение = 1,04. В качестве скалярной величины принимаем биение конического отверстия корпуса цангового патрона. Биение оправки находим по формуле (1):

2· = · + (1· 0,63 · 1,1)2 + (4 · 1· 1,17)2 + (2,5 · 1,51 · 1,4)2 + (6 · 1,37 · 0,6)2 + (5 · 1,09 · 1)2 = 22,4 мкм

Таблица 2. Значения биения 2е инструмента на вылете 100 мм в зависимости от степени точности конусов, мкм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Конус | Степень точности конусов | | | | | | | |
| АТЗ | АТ4 | АТ5 | АТ6 | АТ7 | АТ8 | АТ9 | АТ 10 |
| 7 : 24 | 1 | 1,2 | 1,3 | 2,6 | 5,0 | 12,0 | — | — |
| 1 : 20 (конус Морзе) | — | — | 9,5 | 10,5 | 15,0 | 18,0 | 20,0 | 24,5 |
| 1 : 5 | — | — | 8,0 | 9,0 | 10,0 | 12,0 | 13,0 | 17,0 |

Таблица 3. Данные для расчета величины биения инструмента, закрепленного в цанговом патроне

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Биение | Ошибка |  |  |  |
| Шпинделя от перекоса оси | Угловая |  | 1,1 | 0,63 |
| Конического отверстия шпинделя | Векторная | 4 мкм | 1,17 | 1 |
| Корпуса цангового патрона от пере­коса при установке конуса с ко­нусностью 7 : 24 | Угловая |  | 1,51 | 1,4 |
| Оси конического отверстия в кор­пусе цангового патрона относитель­но оси конического хвостовика с ко­нусностью  7 : 24 | Векторная | 5 мкм | 1,14 | 1 |
| Оси цанги от перекоса при установ­ке в корпусе конусностью 1 : 5 | Угловая |  | 1,37 | 0,6 |
| Оси цилиндрического отверстия в цанге относительно оси наружной конической поверхности цанги | Векторная | 5 мкм | 1,09 | 1 |

Величина биения *2е* цангового па­трона составляет 0,022 мм на вылете 50 мм от торца патрона.

Вспомогательные инструмент как элемент системы СПИД испытывает деформацию двух видов: тела деталей (изгиб, скручивание) и поверхности слоев этих деталей, которыми они кон­тактируют в местах соединения. Де­формациям первого вида противостоит объемная жесткость, а второго — кон­тактная жесткость. Это два принципи­ально разных вида жесткости, методы определения которых совершенно раз­личны.

Объемная жесткость (податливость) определяется исходя из действия со­ставляющих сил резания, геометриче­ских размеров и свойств материалов, из которых изготовлен вспомогатель­ный инструмент.

Контактная жесткость (податливость) в стыках также определяет деформа­ции в местах приложения сил резания.

Величина контактных деформаций за­висит от многих факторов: величины и вида нагружения, величины и рас­пределения давлений, величин зазо­ров, точности обработки и размеров сопрягаемых поверхностей. Наклон в стыках деталей вспомогательного инструмента вызывает существенные перемещения в точке приложения силы, в ряде случаев соизмеримые и даже большие, чем прогиб самих режущих инструментов на свободной длине. Упругое контактное перемещение вспо­могательного инструмента и закре­пленного в нем режущего инструмента под действием силы *Р,* приложенной на некотором удалении т конца стыка,

y **= б0 + Ɵ · l, (3)**

где б0 — смещение на краю стыка в результате контактной податливо­сти, мм; 0 — угол поворота в стыке, мкм/мм.

При хорошем качестве изготовления присоединительных поверхностей вспо­могательного инструмента величиной б0 в формуле (3) можно пренебречь и рассчитывать перемещения только по углу поворота. Данные о подат­ливости различных соединений {углах поворота, отнесенных к нагружающему моменту' *М — Р1)* приведены в табл. 4—7.

**Пример 2**. Расчет перемещения креп­ления оправки с регулированием вы­лета (см. рис. 2).

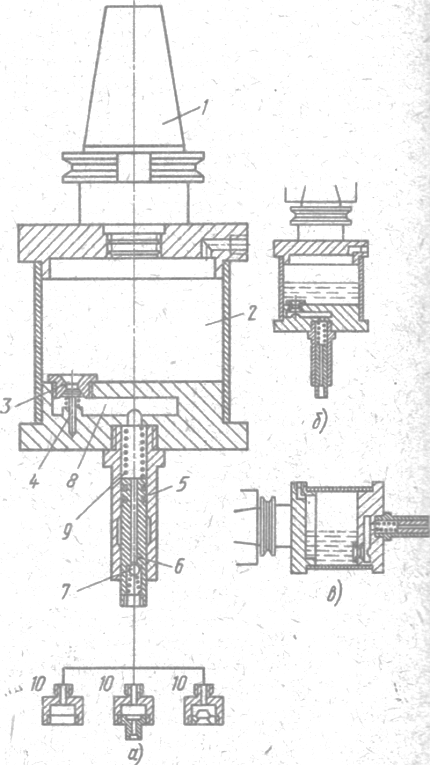


Рисунок 2. Дозатор для подачи масла

Перемещение ин­струментального блока определяем как суммарное перемещение режущей кромки в точке приложения нагру­жающей силы *Р* с учетом контактной податливости в соединениях инстру­мента. Перемещение Ϭв

может быть определено по формуле

Ϭв = Р 4

где *Р* — нагружающая сила (напри­мер, сила резания), Н;

— длина (-го элемента вспомогательного ин­струмента, мм;

— осевой момент сечения i-ro элемента, мм4

*(=* 0,05di4 — здесь *di* — диаметр i-ro се­чения, мм);

*п* — число элементов;

*Е* — модуль продольной упругости *(Е =* 2,1 · 103 ГПа);

— податливость i-ro соединения, (кН· м)-1.

Для компоновки, приведенной на рисунке 3,

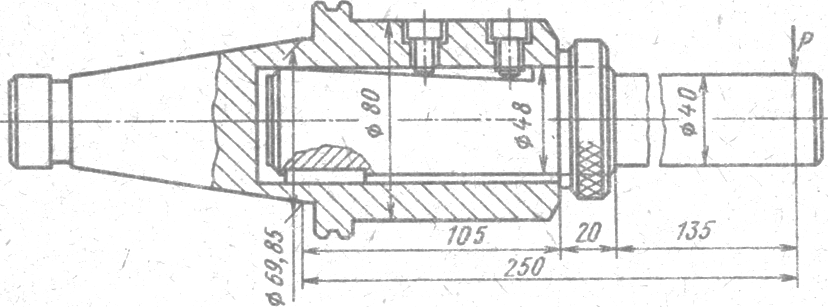


Рисунок 3. Сборная оправка

Ϭв = + + P + P

где - податливость в конусе с ко­нусностью 7 : 24 (см. табл. 4), (кН·м)-1,  податливость в ци­линдрическом соединении (см. табл. 5), (кН·м)-1.

Принимаем, что точность изготовле­ния конусов с конусностью 7 : 24 соответствует степени АТ7*,* а зазор в цилиндрическом соединении соответстзует посадке *H7/g6,* что составляет не более 0,041 мм.

Таблица 4*.* – Податливость в конусах 7 : 24, (кН·м)-1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Конус | Степень точности конусов | | | |
| конусностью |  |  |  |  |
| 7 : 24 | АТ5 | АТ6 | АТ7 | АТ8 |
| 40 | 0,00121 | 0,00133 | 0,00142 | 0.00191 |
| 50 | 0,00020 | 0,00027 | 0,00035 | — |

Таблица 5. - Податливость в цилиндрических соединениях с боковым зажимом винтами, (кН·м)-1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диаметр соединения, мм | Зазор  в соединении, мм | 02 в направлении силы затяжки винтов | 02 перпендикуляр­но к силе затяжки винтов |
|  | 0,014 | 0,0032 | 0,0060 |
| 36 | 0,037 | 0,0041 | 0,0079 |
|  | 0,014 | 0,0010 | 0,0014 |
| 48 | 0,026 | 0,0012 | 0,0032 |
|  | 0,048 | 0,0016 | 0,0062 |

Таблица 6. Податливость в конусах Морзе, (кН·м)-1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Конус | Исполнение | Степень точности конуса | | |
| Морзе | АТ7 | АТ8 | А T9 |
| 1 | С лапкой | 0,2012 | 0,2097 | 0,2110 |
| 2 | С резьбой  С лапкой | 0,0433  0,0477 | 0,0436  0,0476 | 0,0462  0,0499 |
| 3 | С резьбой  С лапкой | 0,0118  0,0124 | 0,0124  0,0141 | 0,0136  0,0157 |
| 4 | С резьбой  С лапкой | 0,0034  0,0046 | 0,0038  0,0052 | 0,0046  0,0055 |
| 5 | С резьбой | — | 0,00080 | — |
| 6 | С резьбой | — | 0,00027 |  |

Таблица 7.- Податливость в цанговом зажиме, (кН·м)-1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Диаметр  закрепляемых хво­стовиков, мм | Диаметр хвостовика, мм | для стыка цанга— корпус патрона | для стыка хвостовик инстру­мента—цанга— корпус патрона |
| 20—40 | 40  20 | 0,0010 | 0,0026  0,0929 |
|  | 20 |  | 0,0038 |
|  | 16 |  | 0,0040 |
| 3—25 | 12 | 0.0019 | 0,0047 |
|  | 10 |  | 0,0056 |
|  | 6 |  | 0,0103 |

Подставляем дан­ные в выражение (4) при *Р =* 1 кН, l 1 = 106 мм, = 155 мм,

*D=* 69,85мм, *d =* 48мм, *d1* = 40 мм:

Ϭв = + + 0.00035· 10-3 · 1·2602 + 0.0015 · 10-3 ·

1· 1552 = 0,0234 + 0,0462 + 0,0237 + 0,0360 = 0,1293 мм.

Относительное перемещение Ϭв */Р* = 0,129 мкм/кН. Сравнение получен­ного результата с данными о допусти­мом перемещении показывает, что этот вариант крепления удовлетворяет тре­бованиям к креплению расточных опра­вок для получистовой обработки. При креплении расточных оправок для чистовой обработки необходимо по­высить точность присоединительных поверхностей конусов с конусностью 7 : 24 до АТ4, цилиндрических соеди­нений — до посадки *H6/g5.* Другим способом уменьшения перемещения яв­ляется существенное уменьшение вы­лета , однако это приводит к суже­нию области применения оправок.

Таблица А.1 – **Варианты заданий для выполнения практической работы**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Конус | | D, мм | L, мм | L, мм |
| 7 : 24 | Морзе |
| 1 | 40 | 2 | 44 | 143,4 | 50 |
| 2 | 3 | 158,4 | 65 |
| 3 | 4 | 183,4 | 90 |
| 4 | 50 | 3 | 50 | 186,8 | 60 |
| 5 | 4 | 191,8 | 65 |

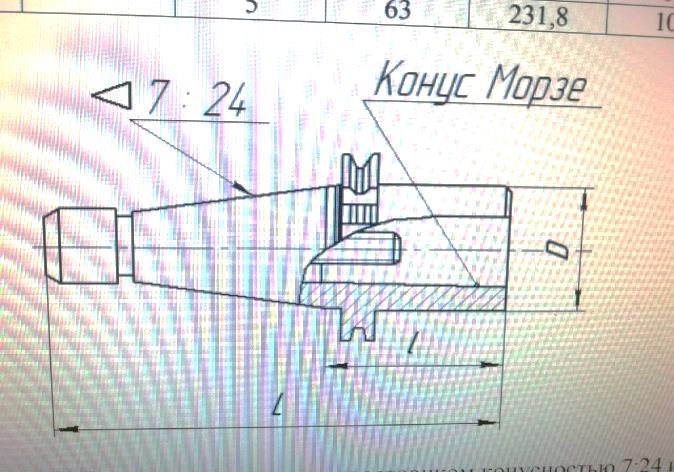
Рисунок А.1– Втулки переходные с хвостовиком конусностью 7:24 и внутренним конусом Морзе для инструмента с резьбовым отверстием к станкам с ЧПУ (ОСТ 2-П12-8-84)

Таблица А.2 – **Варианты заданий для выполнения практической работы**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Конус  7 : 24 | d, мм | D, мм | L, мм | l, мм | l 1, мм |
| 6 | 40 | 28 | 50 | 168,4 | 85 | 75 |
| 7 | 36 | 63 | 213,4 | 106 | 120 |
| 8 | 263,4 | 170 |
| 9 | 50 | 48 | 80 | 231,8 | 130 | 105 |
| 10 | 326,8 | 200 |

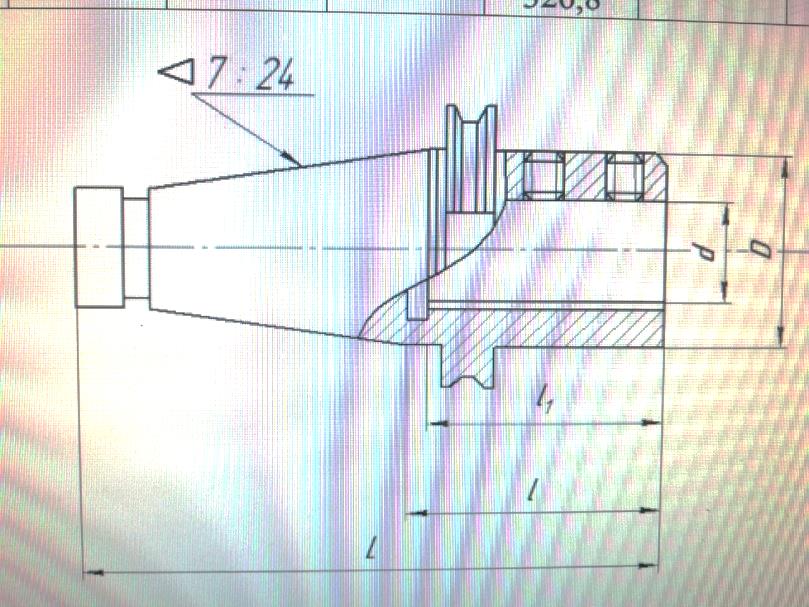


Рисунок А.2 – Державки для регулируемых втулок и оправок к станкам с ЧПУ (ОСТ 2-П15-2-84)

**Контрольные вопросы.**

1. Какие виды деформаций испытывает вспомогательный инструмент?
2. Для каких звеньев необходимо определять характеристики распределения Кi?
3. Что рассматривается как замыкающее звено в размерной цепи, образованной отклонениями линейных и угловых размеров элементов технологической системы?
4. Перечислите исходные данные, необходимые для расчета погрешности вспомогательного инструмента?