



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология машиностроения»

Сборник задач
по дисциплине
«Основы технологии машиностроения»

**«Повышение точности
технологического размера путем
управления упругими
перемещениями технологической
системы»**

Автор
Мельников А.С.

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

Сборник задач предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления 15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Автор

к.т.н., профессор Мельников А.С.



Оглавление

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

№4 Повышение точности технологического размера путем управления упругими перемещениями технологической системы4

1. Цель работы 4
2. Задачи работы 4
3. Техника безопасности..... 4
4. Подготовка к проведению работы 4
5. Материальное обеспечение работы10
6. Методика проведения исследования.....10
7. Содержание выводов12
8. Контрольные вопросы.....12
- Литература12

Приложение 113

Приложение 214

УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗМЕРА ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УПРУГИМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

1. Цель работы

Исследование возможности повышения точности технологического размера путем управления упругими перемещениями технологической системы.

2. Задачи работы

2.1. Определить экспериментально достижимую точность технологического размера в ТС токарного станка при обтачивании наружной поверхности в партии заготовок с заданным полем рассеяния размера заготовки при постоянной подаче..

2.2. Определить экспериментально достижимую точность технологического размера в ТС токарного станка при обтачивании наружной поверхности в партии заготовок с заданным полем рассеяния размера заготовки при измененной подаче.

2.3. Оценить возможность повышения точности получаемого размера путем управления упругими перемещениями в ТС.

2.4. Оценить эффективность применения систем адаптивного управления упругими перемещениями (САУ).

3. Техника безопасности

Перед проведением работы необходимо изучить правила техники безопасности. Перед проведением лабораторных работ студенты получают инструктаж по технике безопасности в лаборатории технологии машиностроения, принимают к исполнению все правила техники безопасности, о чем расписываются в специальном журнале.

4. Подготовка к проведению работы

Изучить общие теоретические материал по теме «Жесткость ТС как причина появления погрешности динамической настройки», изложенные учебном пособии [1] и в настоящем методическом пособии.

В данной работе не применяется адаптивная система

управления, автоматически поддерживающая постоянства усилия резания, а исследуется только принципиальная возможность направленного изменения упругих перемещений технологической системы (управления размером динамической настройки) за счет изменения подачи.

Технологический размер, описывающий положение обработанной поверхности относительно технологической базы, получается при обработке и измеряется по нормали к обработанной поверхности. По разным причинам во время обработки одной детали этот размер получает отклонение, а за время обработки партии деталей образуется поле рассеяния этих отклонений, которое называют погрешностью. Одной из причин появления отклонения является конечная величина жесткости технологической системы (ТС), в результате чего в системе появляются упругие взаимные перемещения инструмента и заготовки под действием силы резания.

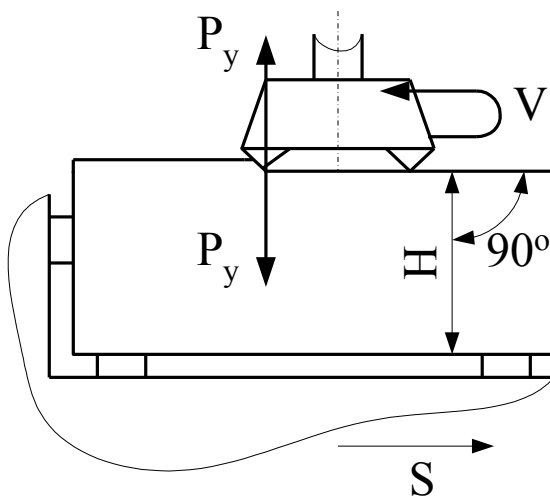


Рис.1. Схема фрезерования плоскости для получения размера H

Под жесткостью ТС понимают ее способность сопротивляться появлению в ней упругих перемещений y по нормали к обрабатываемой поверхности под действием нормальной составляющей силы резания P_y . (см. рис. 1) Количественно эту способность оценивают отношением силы к возникшему перемещению

$$j_{TC} = \frac{P_y}{y} \frac{n}{m} \quad (1)$$

Так как жесткость ТС имеет конечную величину, в ТС возникают упругие перемещения в направлении получаемого технологического размера

$$y = \frac{P_y}{j_{TC}} \neq const \quad (2)$$

Нормальная составляющая силы резания при точении может быть рассчитана по формуле, полученной экспериментальным путем

$$P_y = C_p t^x S^y HB^n \prod_{i=1}^m K_i \quad (3)$$

Значения коэффициента C_{py} и показателей степени y и n зависят от обрабатываемого материала и типа инструмента и могут быть определены [3] по табл. 1.

Другие конкретные условия резания учитываются умножением табличного значения C_{py} на коэффициенты K_1 и K_2 . Коэффициент K_1 учитывает влияние главного угла в плане φ и определяется по табл. 2.

Таблица 1

Значения коэффициента C_{py} и показателей степени x, y, n

| Тип резцов | Обрабатываемый материал | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|------|------|-----|----------|------|------|-----|
| | сталь | | | | чугун | | | |
| | C_{py} | y | n | x | C_{py} | y | n | x |
| Проходные | 112 | 0,75 | 0,35 | 1 | 63,5 | 0,75 | 0,55 | 1 |
| Прорезные и отрезные | 138 | 1,00 | 0,35 | 1 | 88,2 | 1,00 | 0,55 | 1 |

Таблица 2

Значения коэффициента K_1

| Угол в плане в град. | Значения K_1 для обрабатываемых материалов | |
|-------------------------|--|-------|
| | сталь | чугун |
| 30 | 1,08 | 1,05 |
| 45 | 1,00 | 1,00 |
| 60 | 0,98 | 0,96 |
| 75 | 1,03 | 0,91 |
| 90 | 1,08 | 0,92 |

Коэффициент K_2 учитывает влияние переднего угла резца и определяется по табл.3

Значение коэффициента K_2

| Обрабатываемый материал | Передний угол резца γ° | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Сталь | +7 | +9 | +11 | +13 | +15 | +17 | +19 | +21 | +23 |
| чугун | +4 | +6 | +8 | +10 | +12 | +14 | +16 | +18 | +20 |
| K_2 | 1,100 | 1,075 | 1,050 | 1,025 | 1,000 | 0,975 | 0,950 | 0,925 | 0,900 |

В этой формуле при обработке партии заготовок в настроенной ТС глубина резания $t \neq const$ из-за неточности размера заготовки пределах допуска, S мм, об – подача, $HB \neq const$ - твердость материала заготовок, неодинаковая в пределах соответствующего допуска, среди поправочных коэффициентов K_i есть коэффициент K_s , учитывающий возрастание силы резания за счет затупления инструмента. В силу трех перечисленных причин при обработке с постоянной подачей величина силы изменяется при обработке каждой следующей заготовки, более того она может быть непостоянна на длине рабочего хода даже при обработке одной заготовки. В результате формируется часть погрешности динамической настройки

$$\Delta y = \omega'_{ДН} = y_{\max} - y_{\min} = f(\Delta P_y) = \frac{\Delta P_y}{j_{ТС}} \quad (4)$$

Ставится задача: повысить точность технологического размера за счет уменьшения погрешности динамической настройки

4, вызванной непостоянством силы резания. Из формулы 4 вытекает, что решить эту задачу можно, уменьшив, т. е. стабилизировав силу резания. Это означает, что нужно добиться одинаковой силы резания P_y при обработке заготовок с наибольшим размером, когда глубина резания и твердость материала максимальны, и с минимальным размером, когда глубина резания и твердость материала минимальны. Из формулы 3 вытекает, что это возможно, если при обработке заготовок не сохранять постоянной подачу S . Тогда

$$P_y^{\max} = P_y^{\min} = \text{const}$$

или

$$C_{Py} t_{\min}^x S_1^y HB_{\min}^n K_3 = C_{Py} t_{\max}^x S_2^y HB_{\max}^n K_3 \quad (5)$$

Если задать величину S_1 , из уравнения 5 можно определить подачу S_2 , при которой сила резания будет такой же, как и при обработке максимальной заготовки

$$S_2 = S_1 \sqrt[y]{\frac{t_{\min}^x HB_{\min}^n}{t_{\max}^x HB_{\max}^n}} \quad (6)$$

Возможность управления упругими перемещениями путем обработки с переменной подачей экспериментально демонстрируется в лабораторной работе на примере обтачивания по наружному диаметру партии заготовок. Первую партию имитируют две заготовки №1 и №2 с предельными размерами D_{\max} и D_{\min} . Вторую партию – заготовки №3 и №4, как это показано на рис. 2. Очевидно, что в партии может быть сколько угодно заготовок, но их размеры будут между D_1 и D_2 и, соответственно, между D_3 и D_4 . Так как все заготовки изготовлены из одного куска материала, то их твердость в эксперименте одинакова.

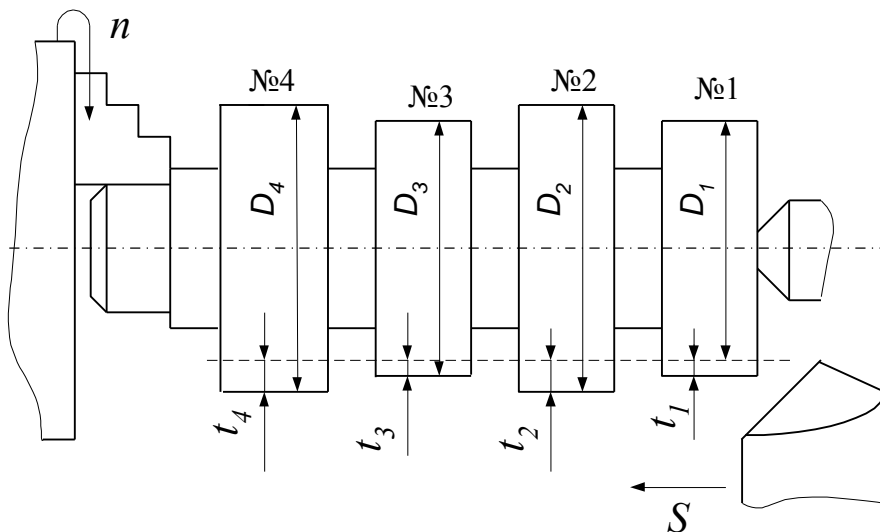


Рис.2. Схема обтачивания партии заготовок при постоянной настройке инструмента

Тогда в эксперименте для расчета второй подачи формула 6 примет вид

$$S_2 = S_1 \sqrt[4]{\frac{t_{\min}^x}{t_{\max}^x}} \quad (7)$$

Погрешность размера заготовки в каждой партии можно определить, измерив предельные диаметры и вычислив поле рассеяния как их разность

$$\omega D_{\text{заг}} = D_2 - D_1 \quad \text{и} \quad \omega D_{\text{заг}} = D_4 - D_3 \quad (8)$$

На разность размеров деталей после обработки в каждой партии по условиям эксперимента окажет влияние только разность возникших в ТС упругих перемещений под действием разных по величине сил резания. Тогда можно судить о влиянии возникшей погрешности динамической настройки на получаемый технологический размер по разности диаметров обработанных поверхностей. Для этого надо их измерить после обработки и вычислить поля рассеяния размера в партии

$$\omega D_{\text{дем}} = D'_2 - D'_1 \quad \text{и} \quad \omega D_{\text{дем}} = D'_4 - D'_3 \quad (9)$$

Для каждой партии можно вычислить достигнутое уточне-

ние ТС

$$\varepsilon_{ТС} = \frac{\omega D_{заг}}{\omega D_{дет}} \quad (10)$$

Сравнение полученных после обработки погрешностей размера на детали при обработке с постоянной и переменной подачами позволяет судить о возможности существенного повышения точности за счет управления упругими перемещениями в ТС. О степени повышения точности можно судить, сравнивая достигнутые уточнения при обработке партий заготовок с постоянной и переменной подачами.

5. Материальное обеспечение работы

5.1. Токарно-винторезный станок.

5.2. Проходной токарный резец (рис. 3).

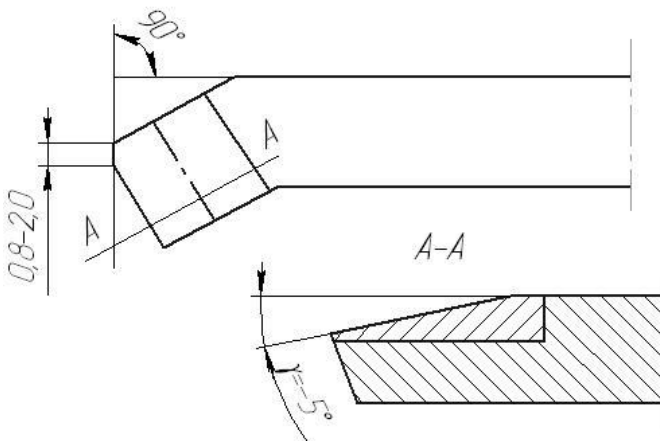


Рис. 3.
Проходной
токарный
резец

5.3. Две оправки с кольцами в сборе (рис. 2). Левая пара колец используется для исследований в зоне передней бабки станка, правая пара - в зоне задней бабки.

5.4. Микрометр 25-50 мм.

6. Методика проведения исследования

6.1. В трехкулачковый патрон установить оправку с четырьмя кольцами, правый конец оправки подпереть задним центром согласно рис. 2..

Нумерация колец, как показано на рис.2, начинается от задней бабки, то есть в том порядке, в каком они будут обраба-

тываться.

6.2. Подготовить первую оправку к исследованиям. Для этого проточить кольца №4 и №2 «как чисто», чтобы снять биение и уравнивать их диаметры. Кольца №1 и №3 проточить таким образом, чтобы их диаметр был на 1,5-2,5 мм меньше четных колец. Измерить все кольца и результаты записать в протокол. Разность диаметров колец №1 и №2 имитирует неравномерность припуска т.е. погрешность заготовки в зоне задней бабки, разность колец №3 и №4 – неравномерность припуска (погрешность заготовки) в зоне передней бабки.

6.3. Измерить полученные диаметры колец (D_1, D_2, D_3, D_4) и записать результаты в протокол. Определить разность глубины резания:

$$\Delta t_1 = \frac{D_2 - D_1}{2}; \quad \Delta t_2 = \frac{D_4 - D_3}{2}$$

6.4. Обточить все кольца напроход с одной установки резца с постоянным числом оборотов и с постоянной подачей, обеспечив на меньшем кольце глубину резания $t = 0,5 + 1,0$ мм. Рекомендуемые режимы резания: $V = 20 + 35$ м/мин, $S = 0,2 - 0,4$ мм/об.

Определить глубину резания на четных кольцах, используя рассчитанные в п.6.3 разности глубин.

6.5. Измерить диаметры колец после проточки (D'_1, D'_2, D'_3, D'_4) и записать результаты в протокол. Определить погрешности полученного размера детали в обеих партиях по формулам 9

6.6. Определить уточнение ϵ , достигаемое при обработке у передней и задней бабки соответственно по формулам:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta_{заг1}}{\Delta_{дет1}} \quad \text{и} \quad \epsilon_2 = \frac{\Delta_{заг2}}{\Delta_{дет2}}$$

6.7. Подготовить вторую оправку к исследованиям также, как и первую. Разница диаметров четных и нечетных колец должна быть такой же, как у первой оправки.

6.8. По формуле 7 с использованием таблиц 1,2,3 (см. Приложение 1) определить значения подачи для обточки 2-го и 4-го колец, принимая при этом, что для обточки 1 и 3 кольца будет принята та же подача, которая использовалась при обработке первой оправки. Глубину резания на меньшем кольце и скорость резания брать из первого опыта.

6.9. Обточить все кольца напроход при неизменном размере статической настройки_резца и с постоянным числом оборотов. Остановку станка и переключение подач производить в моменты, когда резец выходит в промежуток между кольцами.

6.10. Повторить пункты 6.5 и 6.6. для второй оправки.

6.11. Оформить протокол работы.

7. Содержание выводов

7.1. На основе полученных экспериментальных данных доказать возможность повышения точности технологического размера за счет управления упругими перемещениями путем регулирования подачи в функции изменения глубины резания.

7.2. Оценить эффект управления упругими перемещениям в ТС токарного станка на основе полученных в эксперименте результатов.

8. Контрольные вопросы

8.1. Как оценивается точность технологического размера в партии обработанных деталей;

8.2. Какова причина появления в ТС упругих перемещений?

8.3. Каковы причины рассеяния величины возникающих в ТС упругих перемещений?

8.4. Каков механизм влияния подачи резца при точении на величину упругих перемещений В ТС?

8.5. От чего зависит величина изменяемой подачи в каждый момент времени обработки заготовки для достижения эффекта повышения точности получаемого размера?

8.6. В чем состоят достоинства использования изменяемой подачи для управления точностью получаемого размера?

Литература

1. Мельников А.С. Технология машиностроения: основы достижения качества машины: учебное пособие. Ростов-на-Дону; Издательский центр ДГТУ, 2009. – 428 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1 Значения коэффициента $C_{рт}$ и показателей степени x, y, n

| Тип резцов | Обрабатываемый материал | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|------|------|-----|----------|------|------|-----|
| | сталь | | | | чугун | | | |
| | $C_{рт}$ | y | n | x | $C_{рт}$ | y | n | x |
| Проходные | 112 | 0,75 | 0,35 | 1 | 63,5 | 0,75 | 0,55 | 1 |
| Прорезные и отрезные | 138 | 1,00 | 0,35 | 1 | 88,2 | 1,00 | 0,55 | 1 |

Другие конкретные условия резания учитываются умножением табличного значения $C_{рт}$ на коэффициенты K_1 и K_2 . Коэффициент K_1 учитывает влияние главного угла в плане φ ; и определяется по таблице 2.

Таблица 2 Значения коэффициента K_1

| Угол φ в плане в град. | Значения K_1 для обрабатываемых материалов | |
|--------------------------------------|--|-------|
| | сталь | чугун |
| 30 | 1,08 | 1,05 |
| 45 | 1,00 | 1,00 |
| 60 | 0,98 | 0,96 |
| 75 | 1,03 | 0,91 |
| 90 | 1,08 | 0,92 |

Коэффициент K_2 учитывает влияние переднего угла резца и определяется по табл.3

Таблица 3 Значение коэффициента K_2

| Обрабатываемый материал | Передний угол резца γ° | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | +7 | +9 | +11 | +13 | +15 | +17 | +19 | +21 | +23 |
| Сталь | | | | | | | | | |
| чугун | | | | | | | | | |
| K_2 | 1,100 | 1,075 | 1,050 | 1,025 | 1,000 | 0,975 | 0,950 | 0,925 | 0,900 |

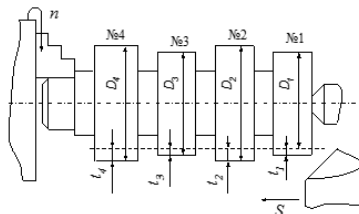
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ПРОТОКОЛ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ № 4 УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРА ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ

- Оборудование: модель _____
наименование _____
- Материал и вид заготовки _____
тип и материал режущей части _____
- Режимы резания: $t =$ _____, $S =$ _____
 $n =$ _____, $V =$ _____
- Прибор для измерения размеров колец:
наименование _____
цена деления _____

5. Схема обработки колец



6. Результаты измерений и вычислений

| | Обработка с постоянной подачей | | | | Обработка с изменяемой подачей | | | |
|--|-----------------------------------|---|---|---|-----------------------------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Номер кольца | | | | | | | | |
| Размер до обработки, мм | | | | | | | | |
| Глубина резания, мм | | | | | | | | |
| Погрешность заготовки $\omega_{заг}$ (колебание припуска), мм | | | | | | | | |
| Размер после обработки, мм | | | | | | | | |
| Погрешность детали $\omega_{дет}$, мм | | | | | | | | |
| Уточнение ε | | | | | | | | |

7. Вычисление значений подач:

8. Выводы:

Выполнил студент гр. _____

Принял преподаватель _____

Ф.И.О. _____
Подпись, дата _____

Ф.И.О. _____