МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Курганский государственный университет

Кафедра «Инноватика и менеджмент качества»

РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Методические указания к выполнению практической работы
для студентов специальностей 220601 «Управление инновациями»,
200503 «Стандартизация и сертификация»

Курган 2012

Кафедра: «Инноватика и менеджмент качества»

Дисциплины: «Промышленные технологии и инновации» (специальность 220601), «Инновационные отделочно-упрочняющие технологии» (специальность 200503)

Составил: канд. техн. наук, доцент В.Е. Овсянников

Утверждены на заседании кафедры «28» августа 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета

«17» октября 2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4

1. Выбор материала режущей части инструмента 4

2. Определение геометрических параметров режущей части и размеров резца 5

3. Определение глубины резания 9

4. Определение подачи 10

4.1. Определение подачи, допустимой прочностью механизма подач станка 10

4.2. Определение подачи, допускаемой прочностью державки резца 11

4.3. Определение подачи, допускаемой жесткостью державки резца 11

4.4. Определение подачи, допускаемой прочностью детали 12

4.5. Определение подачи, допускаемой жесткостью детали 12

4.6. Определение подачи, допускаемой шероховатостью обработанной поверхности 12

5. Определение скорости резания 13

Задание для практической работы 14

Список литературы 15

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное использование металлорежущего оборудования возможно лишь при условии применения совершенного режущего инструмента.

Технический прогресс в инструментальной промышленности определяется созданием новых инструментальных материалов, совершенствованием технологии их производства, оптимизацией их эксплуатации.

Вместе с тем, ни наличие высокопроизводительного оборудования, ни совершенный режущий инструмент не обеспечат изготовление изделий с высокой эффективностью, если их работа осуществляется на режимах, не являющихся оптимальными.

Оптимальным (наивыгоднейшим) считается режим, при котором в результате наилучшего сочетания параметров резания, основанных на физико-технологических свойствах инструмента и экономико-производственных факторах, обеспечивается обработка деталей заданного качества с наибольшей производительностью и минимальной себестоимостью.

Определение режима резания включает в себя выбор инструмента: материала режущей части, геометрии пластины, параметров державки и т.д. Далее производится назначение элементов режима резания (для токарной обработки – глубины, подачи и скорости резания) с учетом выбранной конфигурации инструмента и оборудования.

1. Выбор материала режущей части инструмента

На выбор материала режущей части оказывают влияние условия и вид обработки (прерывистое или непрерывное, чистовое или черновое резание, наличие литейной корки и др.), а также обрабатываемый материал.

Режущая часть токарных размеров изготавливается из металлокерамических, минералокерамических, безвольфрамовых твердых сплавов, реже из быстрорежущей стали и сверхтвердых материалов. Твердые сплавы в виде пластин соединяют с крепежной частью с помощью пайки или специальных высокотемпературных клеев, многогранные твердосплавные пластины закрепляют прихватами, винтами и т.п.

Рекомендуемые материалы для режущей части токарных резцов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Выбор марки тердого сплава

Характер обработки	Марка сплава при обработке			
	стали		чугуна	
	углеродистой и легированной	закаленной	НВ240	НВ 400-700
Черновое точение по корке и окалине при неравномерном сечении среза и прерывистом резании с ударами	Т5КШ Т5К12В ВК8 ВК83		ВК8 ВК8В ВК4	ВК8 ВК8В
Черновое точение по корке при неравномерном сечении среза и непрерывном резании	Т14К8 Т5К10		ВК4 ВК8 ВК6	ВК6М ВК4
Получистовое и чистовое точение при непрерывном резании	Т15К6 Т14В8 Т5К10 ВСК-60 ВСК-63, В3	Т5К10 ВК4 ВК8 ТНМ-20, В3	ВК4 ВК6 ВК8	ВК6М
Точное точение при прерывистом резании	Т30К4 Т15К6	Т14К8 Т5К10 ВК4	ВК3 БК3 ВК4	ВК6М ВК3
Точное точение при непрерывном резании	Т30К4	Т30К4 Т15К6 ВК6М ВК3М	ВК3 ВК3М	ВК6М ВК3М ВК3
Отрезка и прорезка канавок	Т15К6 Т14В8 Т5К10	ВК6М ВК4	ВК3 ВК3М	ВК6М ВК3М

2. Определение геометрических параметров режущей части и размеров резца

Размеры поперечного сечения державки резца берут в зависимости от высоты центров станка, на котором выполняется работа. При высоте центров 150–160 мм рекомендуется сечение державки ВхН=12х20 мм) (где В – ширина, Н – высота), при высоте центров 180–200 мм – от 12х20 до 16х25 мм, при высоте центров 250–300 мм – от 16х25 до 20х32 мм.

Для токарного станка 16К20 высота центров составляет 200 мм. Размеры токарных проходных отогнутых резцов с пластинками из твердого сплава приведены в таблице 2.

Таблица 2

Размеры проходных отогнутых резцов

Обозначение	Сечение резца HxB, мм	Длина резца, мм	m, мм	Форма пластинки ГОСТ 2209-69
2102-0071	16x10	100	6	01Б
2102-0073	16x12	100	7	01Б
2102-0075	20x12	120	7	01Б
2102-0077	20x16	120	10	02Б
2102-0055	25x16	140	10	02Б
2102-0079	25x20	140	13	02Б
2102-0059	32x20	170	13	02Б
2102-0081	32x25	170	16	02Б
2102-0063	40x25	200	16	02Б

В условиях серийного и массового производства применяются резцы с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин и минералокерамики – сменными многогранными пластинами (СМП). Применение многогранных твердосплавных неперетачиваемых пластин на резцах обеспечивает;

- сокращение вспомогательного времени на смену и переточку резцов;
- повышение стойкости на 20-25% по сравнению с напаянными резцами;
- сокращение затрат на инструмент в 2-3 раза и потерь вольфрама и кобальта в 4-4,5 раза;
- упрощение инструментального хозяйства;
- уменьшение расхода абразивов на заточку.

Многогранные пластины различных форм имеют плоскую переднюю поверхность с выкружкой или вышлифованные лунки и могут быть с отверстием или без него.

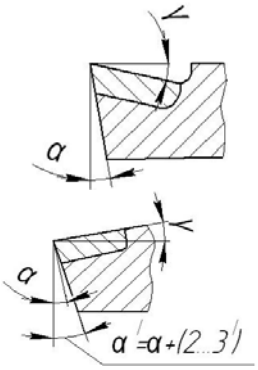
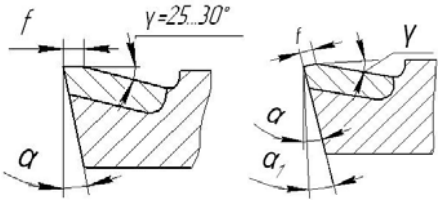
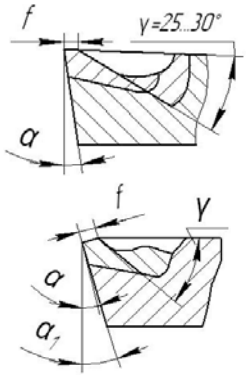
Сверхтвердые инструментальные материалы предназначены для чистовой обработки материалов с высокими скоростями резания (св. 500 м/мин), а также материалов с большой твердостью (HRC > 60). Наиболее распространенными сверхтвердыми материалами являются материалы на основе кубического нитрида бора.

Изготовляют резцы, оснащенные режущими пластинами из композита, причем режущие элементы могут быть как перетачиваемыми, так и в виде многогранных неперетачиваемых пластин.

В зависимости от материала режущей части резца и условий обработки выбирается форма передней поверхности резца (таблица 3).

Таблица 3

Форма режущей поверхности резца

Обозначение	Эскиз передней поверхности	Область применения	
		а – для резцов из б/р стали	б – для резцов с пластинками тв. сплавов
I. Плоская	 а б	Обработка чугуна, обработка стали при S<2 мм/об, для фасонных резцов сложного контура	Обработка стали с $\sigma_в$>800 МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель
II. Плоская	 а б	Обработка стали при S>2 мм/об	Обработка серого и ковкого чугуна, стали $\sigma_в$>800 МПа при достаточной жесткости и виброустойчивости заготовки. Необходим стружколоматель
III. Радиусная с фаской	 а б	Обработка стали с обеспечением стружколомания	Обработка стали с $\sigma_в$≤800 МПа при t=1-5мм, S≥0,3 мм/об. Стружколомание обеспечивается лункой: B=2-2,5 мм R=4-6 мм, глубина лунки 0,1-0,15 мм

Углы режущей части резцов в зависимости от условий обработки обрабатываемого материала, материала режущей части и формы передней поверхности определяются по таблицам 4-6.

Таблица 4

Углы режущей части резцов

Обрабатываемый материал	Материал режущей части. Форма передней поверхности	Геометрические параметры режущей части, град.			
		$\gamma_ф$	γ	α	λ
Точение, растачивание, строгание					
Сталь углеродистая, легированная, инструментальная, стальное литье HB<340, $\sigma_в$<1200МПа	БС, II а, III а	-	25-30	8-12	0
Чугун серый и ковкий HB< 220	БС, I а, II а, III а	-	12-18	8-12	-4 - +4
Сталь конструкционная, углеродистая, легированная, стальное литье $\sigma_в$<1000МПа $\sigma_в$>1000МПа	ТС, II б, III б I б , II б	-3- -5 - 10	15 -	- 12	-
Точение и растачивание					
Чугун серый HB< 220 HB> 220	ТС, II б, III б	-3- -5	12 8	6-10	-
Чугун ковкий HB=140-150	ТС, II б, III б ТС, I б, II б	- 2	15 -	8 12	-
Непрерывное точение					
Сталь $\sigma_в$<700МПа $\sigma_в$>700МПа	МК, II б, III б	-5 – -10	10-15 10	8-10	0-5
Чугун HB< 220 HB> 220	МК, II б	- 5	10 0-5		

Таблица 5

Геометрические параметры режущей части резца с СМП

Тип пластинки	φ	φ_1	γ	α
Трехгранные	90	10	12	7,5
Четырехгранные	45	45	10	10
Четырехгранные	60	30	12	7
Четырехгранные	75	15	12	7
Пятигранные	60	12	10	8
Шестигранные	45	14	10	10

Таблица 6

Значения углов φ и φ_1

Условия обработки	φ	Условия обработки	φ_1
Обтачивание ступенчатых заготовок недостаточной жесткости; обтачивание, растачивание ступенчатых поверхностей в упор; подрезание, прорезание и отрезание	90	Для проходных резцов при работе без врезания: из быстрорежущей стали с пластинками из твердого сплава	5-10 15
Для отрезных резцов при отрезании заготовок без бобышек	80	Для проходных резцов при работе с врезанием: до 3 мм св. 3 мм	15 20-30
Точение на проход заготовок малой жесткости, растачивание чугуна	60-75	Для подрезных и расточных резцов: из быстрорежущей стали с пластинками из твердого сплава	10-15 20
Точение жестких заготовок расточными резцами	30-60	Для прорезных и отрезных резцов	1-2
Чистовое точение с малой глубиной резания	10-30	Для резцов с отогнутым сечением: До 20х30 мм Св. 20х30 мм Для широких резцов	45 30 0

3. Определение глубины резания

Глубину резания t следует брать равной припуску на обработку на данной операции. В таблице 7 указаны рекомендуемые значения припуска для обработки наружных цилиндрических поверхностей. Если припуск нельзя снять за один рабочий ход, то число проходов должно быть возможно меньшим (два рабочих хода: черновой и чистовой):

$$t_{ОБЩ} = \frac{D-d}{2}, \qquad (1)$$

где D – диаметр до обработки, d – диаметр после обработки.

При чистовой обработке глубина резания $t_{ЧИСТ}$ зависит от требуемых точности и шероховатости обработанной поверхности. При параметре шероховатости поверхности до Rz = 20 мкм включительно глубина резания рекомендуется 0,5–2 мм, при Rz ≤ 0,8 мкм – 0,1–0,4 мм.

$$t_{ЧЕРН} = t_{ОБЩ} - t_{ЧЕРН} \qquad (2)$$

Таблица 7

Припуски на обработку цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр, мм	Точение	Припуск на диаметр при расчетной длине, мм				
		До 100	100-200	250-400	400-630	630-1000
До 6	черновое	2,5	3,1	3,5	-	-
	чистовое	1	1,1	1,1	-	-
6-18	черновое	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0
	чистовое	1,2	1,5	1,5	1,5	2,0
18-30	черновое	3,5	3,5	3,5	4,0	5,0
	чистовое	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0
30-50	черновое	4	4,5	4,5	5	5,5
	чистовое	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5
50-80	черновое	4,0	4,5	4,5	5,5	5,5
	чистовое	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
80-120	черновое	5,5	6,0	7,0	7,5	8,5
	чистовое	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
120-200	черновое	6,0	7,0	7,5	8,0	9,0
	чистовое	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0

Примечание: 1. При обработке детали с уступами припуск выбирают по отношению к общей длине детали.

2. Припуски на чистовое обтачивание даны при условии, что заготовка подвергается черновому обтачиванию.

4. Определение подачи

На выбор подачи оказывает влияние ряд факторов: прочность механизма подач станка, прочность державки резца, жесткость резца, прочность детали, жесткость обрабатываемой детали, шероховатость обработанной поверхности.

4.1. Определение подачи, допустимой прочностью механизма подач станка

$$S_1 = \left(\frac{P_{ДОП1}}{10 \times C_{Px} \times t^{xpx} \times V^{Zpx} \times K_{Px}} \right)^{\frac{1}{ypx}}, \qquad (3)$$

где

V - принятая скорость резания для предварительного прохода. Для черновой обработки рекомендуется принимать скорость в пределах 70…90 м/мин, для чистовой 100…150 м/мин,

$K_{Pz} = K_{MPz} \times K_{\varphi Pz} \times K_{\gamma Pz}$ - поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки,

K_{MPz} - поправочный коэффициент на твердость обрабатываемого материала [4, табл. 9],

$K_{\varphi Pz}$ - поправочный коэффициент на величину главного угла в плане [4, табл. 23]

$K_{\gamma Pz}$ - поправочный коэффициент на величину переднего угла [4, табл. 23]

C_P, x_{Pz}, z_{Pz}, y_{Pz} - поправочные коэффициенты для осевой силы [4, табл. 22]

$P_{ДОП}$=2000 Н - наибольшая сила, допустимая прочностью механизма подачи станка.

4.2. Определение подачи, допускаемой прочностью державки резца

$$S_2 = \left(\frac{P_{ДОП2}}{10 \times C_{Pz} \times t^{xpz} \times V^{Zpz} \times K_{Pz}} \right)^{\frac{1}{ypz}}, \qquad (4)$$

где

$K_{Pz} = K_{MPz} \times K_{\varphi Pz} \times K_{\gamma Pz}$ - поправочный коэффициент, учитывающий конкретные условия обработки,

K_{MPz} - поправочный коэффициент на твердость обрабатываемого материала [4, табл. 9],

$K_{\varphi Pz}$ - поправочный коэффициент на величину главного угла в плане [4, табл. 23],

$K_{\gamma Pz}$ - поправочный коэффициент на величину переднего угла [4, табл. 23],

C_P, x_{Pz}, z_{Pz}, y_{Pz} - поправочные коэффициенты для осевой силы [4, табл. 22],

$P_{ДОП2} = \frac{B \times H^2 \times [\sigma_И]}{6 \times l_p}$ - наибольшая сила, допустимая прочностью державки;

l_p - вылет резца,

$[\sigma_И]$ - предел прочности материала державки резца на изгиб.

4.3. Определение подачи, допускаемой жесткостью державки резца

$$S_3 = \left(\frac{P_{ДОП3}}{C_{Pz} \times t^{xpz} \times V^{zpz} \times K_{Pz}} \right)^{\frac{1}{ypz}}, \qquad (5)$$

где $P_{3ДОП} = \dfrac{3 \times f_p \times E_p \times I_p}{l_p^3}$ - наибольшая вертикальная сила резания, допускаемая жесткостью державки резца,

E_p - модуль продольной упругости,

$I_p = \dfrac{B \times H^3}{12}$ - момент инерции сечения державки резца,

f_p - допустимая стрела прогиба, рекомендуемые значения 0,1 мм при черновой обработке, 0,05 м – при чистовой.

4.4. Определение подачи, допускаемой прочностью детали

$$S_4 = \left(\frac{P_{ДОП4}}{C_{Pz} \times t^{xpz} \times V^{zpz} \times K_{Pz}} \right)^{\frac{1}{ypz}}, \qquad (6)$$

где $P_{ДОП4} = \dfrac{0.9 \times W \times [\sigma_И]}{L_1}$ - наибольшая тангенциальная сила резания, допускаемая прочностью детали,

L_1 - расчетная длина детали,

$W = 0.1 \times D^{3^3}$ - момент сопротивления,

$[\sigma_И] = 0.4 \times [\sigma_B]$ - предел прочности материала детали на изгиб.

4.5. Определение подачи, допускаемой жесткостью детали

$$S_5 = \sqrt[Y_{Pz}]{\frac{K_{кр} \cdot E \cdot 0{,}05 d^4 \cdot f_{\max}}{1{,}1 \cdot 10 \cdot C_{Pz} \cdot t^{Xpz} \cdot K_{Pz} \cdot L_{дет}^3}}, \qquad (7)$$

где $f_{\max}$ - допустимый прогиб детали – для черновой обработки 0,5 мм, для чистовой 0,05 мм,

K_{kp} - поправочный коэффициент при обработке в центрах – 70, в патроне и центрах - 140, в патроне - 40.

4.6. Определение подачи, допускаемой шероховатостью обработанной поверхности

$$S_{ш.п.} = \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}, \text{ мм/об}, \qquad (8)$$

где r – радиус при вершине резца, Rz – шероховатость обработанной поверхности.

Расчет подачи, допускаемой шероховатостью обработанной поверхности, производится только для чистовой обработки. В качестве подачи, обеспечивающей оптимальный режим обработки, принимается подача, которая удовлетворяет всем ограничениям (т.е. наименьшая из всех).

Значение подачи корректируется в соответствии с техническими характеристиками станка 16К20, т.е. принимается ближайшая подача из следующего ряда: *0,070; 0,074; 0,084; 0,097; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,17; 0,195; 0,21; 0,23; 0,26; 0;28; 0,30; 0,34; 0,39; 0,43; 0,47; 0,52; 0,57; 0,61; 0,70; 0,78; 0,87; 0,95; 1,04; 1,14; 1,21; 1,4; 1,56; 1,74; 1,9; 2,08; 2,28; 2,42; 2,8; 3,12; 3,48; 3,8; 4,16 мм/об*.

5. Определение скорости резания

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \times K_V}{T^m \times t^{xv} \times S^{yv}}, \qquad (9)$$

где C_V, K_V, xv, yv - поправочные коэффициенты [4, табл. 1, 2, 5, 6, 9, 17],

T – стойкость резца (принимается в пределах 30…60 мин).

Определяется число оборотов:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \qquad (10)$$

где D – диаметр обработки.

Полученное число оборотов приводится в соответствие с паспортными характеристиками станка, т.е. принимается ближайшее число из следующего ряда: *12,5; 16; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600 об/мин*.

Производится корректировка скорости резания:

$$V_{КОН} = \frac{\pi D n}{1000}. \qquad (11)$$

Задание для практической работы

Требуется определить наивыгоднейший режим обработки детали на станке 16К20. Задание выбирается из таблицы 8, номер вариант принимается по двум последним цифрам зачетной книжки студента.

Таблица 8

№ варианта	Диаметр, мм		Длина обработки, мм	Обрабатываемый материал	МПА – для стали, НВ – для чугуна	Шероховатость обработанной поверхности		Тип закрепления детали	Состояние обрабатываемой поверхности
	Заготовки	Детали				Ra	Rz		
01	90	78	450	Чугун СЧ 21-40	206	2.5	-	В центрах	Без корки
02	50	26	200	Чугун СЧ 38-60	250	-	10	В патроне и центрах	С коркой
03	110	80	60	Чугун СЧ 24-44	220	1.25	-	В патроне	Без корки
04	30	18	20	Чугун СЧ 32-52	230	-	20	В патроне	С коркой
05	300	260	600	Чугун СЧ 12-28	160	3.2	-	В центрах	Без корки
06	85	54	320	СТ0	310	-	20	В центрах	С коркой
07	100	90	400	СТ1кп	400	1.25	-	В патроне и центрах	Без корки
08	30	17	20	СТ2кп	420	-	10	В патроне	С коркой
09	200	170	70	Ст3	460	2.5	-	В патроне	Без корки
10	60	46	400	Ст5	580	-	40	В центрах	С коркой
11	250	210	800	ВЧ40	140	1.25	-	В патроне и центрах	Без корки
12	40	36	70	ВЧ45	160	-	20	В патроне	С коркой
13	50	24	300	ВЧ50	180	3.2	-	В патроне и центрах	Без корки
14	100	88	50	ВЧ60	220	-	10	В патроне	С коркой
15	220	180	500	ВЧ70	300	2.5	-	В центрах	Без корки
16	110	90	600	Сталь 10	340	-	20	В патроне и центрах	С коркой
17	200	180	200	Сталь 20	550	2.5	-	В патроне	Без корки
18	40	32	300	Сталь 30	500	-	40	В центрах	С коркой
19	90	82	900	Сталь 45	450	3.2	-	В патроне и центрах	Без корки
20	300	250	50	Сталь 50	400	-	20	В патроне	С коркой

Список литературы

1. Аналитический расчет рациональных режимов резания при точении: Методическое руководство / Сост. В.Т. Гуськов, Ю.И. Краснов. - М.: ВЗИИТ, 1989. – 55 с.

2. Байкалова В.Н., Колокатов А.М., Малинина А.М. Расчет режимов резания при точении: Методические рекомендации по курсу «Технология машиностроения». – М.: Изд-во Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина, 2006. – 40 с.

3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ: В 2-х ч. – М.: Экономика, 1990. - Ч.1. - 206 с.

4. Справочник технолога – машиностроителя: в 2-х т. / Под общей ред. Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1986. - Т.2. – 496 с.

Овсянников Виктор Евгеньевич

РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Методические указания к выполнению практической работы
для студентов специальностей 220601 «Управление инновациями»,
200503 «Стандартизация и сертификация»

Редактор А.С. Мокина

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,0	Уч.-изд. л. 1,0
Заказ	Тираж 30	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.