



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

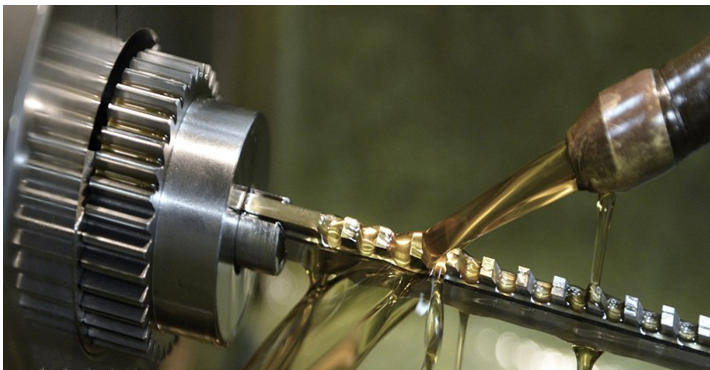
Кафедра машинобудування, природничих дисциплін та інформаційних
технологій



РІЗАННЯ, МЕТАЛОРИЖУЧІ СТАНКИ ТА ІНСТРУМЕНТ

Лабораторний практикум

для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»



Мукачево
МДУ 2016

ББК34.63я73

*Розглянуто та рекомендовано до друку науково-методичною радою
Мукачівського державного університету
протокол № 8 від 16.02.2017 р.*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри машинобудування, природничих
дисциплін та інформаційних технологій
протокол № 6 від 13.12.2016 р.*

Укладачі:

Жигуц Ю.Ю. - д.т.н., професор кафедри машинобудування, природничих дисциплін та інформаційних технологій МДУ

Габовда О.В. – асистент кафедри машинобудування, природничих дисциплін та інформаційних технологій МДУ

Рецензент:

к.ф.-м.н., доцент Хом'як Б.Я.

P57

Різання, металоріжучі станки та інструмент: лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»/ укладачі Ю.Ю.Жигуц, О.В.Габовда. – Мукачево: МДУ, 2016. – 48с.(2,82 др.арк.)

Анотація.

Лабораторний практикум, що призначений для виконання лабораторних робіт, містить короткі теоретичні відомості, опис обладнання та порядок проведення лабораторних робіт, контрольні питання та тести для самоперевірки. Практикум служить для закріплення знань у студентів відповідно до вивчених розділів: основні закономірності процесу різання, основні конструкції та геометрія ріжучих інструментів, система ВПД та методи визначення жорсткості верстатів, вплив різних чинників на шорсткість оброблюваної поверхні та ін.

© МДУ, 2016

ЗМІСТ

	<u>Стор.</u>
Загальні методичні вказівки.....	4
Лабораторна робота №1 Вивчення конструкції і геометрії токарних різців.....	5
Лабораторна робота №2 Визначення жорсткості токарного верстату виробничим методом.....	15
Лабораторна робота №3 Вплив режимів та шляху різання на температурну деформацію токарного різця.....	20
Лабораторна робота №4 Визначення залежності температурної деформації широкоуніверсального фрезерного верстату.....	25
Лабораторна робота №5 Вплив різних чинників на шорсткість обробленої поверхні при точінні і фрезеруванні.....	27
Лабораторна робота №6 Обробка отворів на свердлильних верстатах.....	38
.	
Список рекомендованої літератури.....	45
Додаток «Тести для самоперевірки».....	46

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Тематика лабораторних робіт відповідає навчальній програмі з дисципліни і підібрана таким чином, щоб розширити та поглибити знання, отримані при прослуховуванні лекцій, допомогти студентам набути практичних навичок дослідницької роботи, результатом якої є експериментальне підтвердження теоретичних положень.

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та поклали свій підпис у відповідному журналі. Лабораторні роботи проводяться під наглядом викладача чи лаборанта. Студентам забороняється самостійно вмикати чи вимикати устаткування.

Кожна робота лабораторного практикуму розрахована на 4 академічні години. Перед виконанням лабораторної роботи студент має засвоїти теоретичний матеріал по темі, ознайомитися з метою проведення роботи, методикою та порядком її виконання, відповідним устаткуванням та інструментами, вміти відповісти на контрольні питання.

Після проведення досліджень та обробки результатів студент має акуратно оформити звіт згідно вимог до кожної лабораторної роботи, здати на перевірку викладачу та захистити його. Захист може проводитися усним опитуванням або письмово.

Результати виконання лабораторної роботи та захист оцінюються за вітчизняною чотирибальною шкалою.

Лабораторна робота оцінюється на:

- «відмінно», якщо студент повно, послідовно та логічно виклав відповіді на питання, представив оформлений згідно вимог звіт;
- «добре», якщо студент представив оформлений згідно вимог звіт, дав повні, послідовно та логічно викладені, але з деякими неточностями відповіді на питання, або одна із відповідей є недостатньо повною при повних відповідях на інші питання;
- «задовільно», якщо студент представив оформлений згідно вимог звіт, але дав неповні або поверхневі відповіді на поставлені питання;
- «незадовільно», якщо захист, зміст якого висвітлено неповно, містить принципові помилки в фаховій термінології, неточності при викладенні матеріалу. Відсутня акуратність графічного оформлення схем, рисунків, графіків тощо.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Тема: ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ГЕОМЕТРІЇ ТОКАРНИХ РІЗЦІВ

Мета: Ознайомитися з класифікацією і конструкцією різців. Вивчити елементи і кути різця в статичі.

Обладнання: Універсальний кутомір, комплект навчальних різців, штангенциркуль, моделі.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Основним видом ріжучого інструменту для виконання токарних робіт є різець. Різцем називається ріжучий інструмент з однією головною ріжучою кромкою, застосовуваний для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання різної форми. Конструктивно різець складається з двох основних частин: тіла (стержня) різця та головки (ріжучої частини) різця (рис.1.) Тіло різця служить для закріплення різця в різцетримачі верстата. Головка є робочою частиною різця і утворюється при його заточуванні. На голівці різця розрізняють наступні елементи:

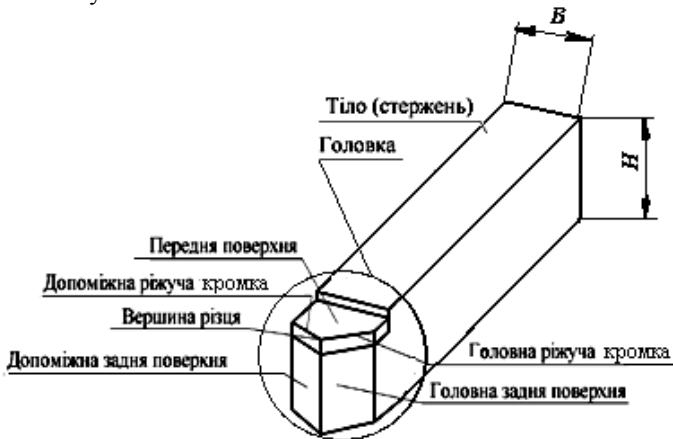


Рис.1- Конструкція різця та елементи його головки

1. *Передня поверхня* - це поверхня, по якій сходить стружка в процесі різання.
2. *Головна задня поверхня* - це поверхня, звернена до поверхні різання.
3. *Допоміжна задня поверхня* - це поверхня, звернена до обробленої поверхні.
4. *Головна ріжуча кромка* - це лінія, утворена перетином передньої поверхні і головної задньої поверхні.
5. *Допоміжна ріжуча кромка* - це лінія, утворена перетином

передньої поверхні і допоміжної задньої поверхні.

6. *Вершина різця* - це місце сполучення головної і допоміжної ріжучих кромки. Вершина різця може бути гострою, заокругленою або зрізаною.

На оброблюваній заготовці при знятті стружки різцем розрізняють такі поверхні (рис.2):

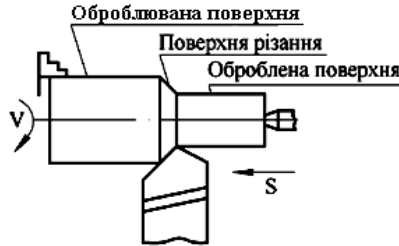


Рис.2 - Оброблювана заготовка

Оброблювана поверхня - це поверхня заготовки, з якої знімається стружка, тобто поверхня, що підлягає обробці.

Оброблена поверхня - це поверхня, отримана після зняття стружки, тобто готова поверхня деталі.

Поверхня різання - це поверхня, утворена безпосередньо ріжучою кромкою різця, і є перехідною від оброблюваної поверхні до обробленої.

На виробництві різці класифікуються в залежності від:

а) напрямку руху робочої подачі:

1. Праві (рух різця – справа наліво)
2. Ліві (рух різця – зліва направо)

б) конструкції головки і її розташування відносно стержня:



1. Прямі
2. Відігнуті
- 3.3 відтягнутою головкою (вправо, симетрично, ліво)

4. Вигнуті

в) перерізу стержня:

1. Прямокутні
2. Квадратні
3. Круглі

г) характеру обробки:

1. Чорнові (обдирні)
2. Чистові
3. Для тонкого точіння

д) виду виконуваної роботи: прохідні, відрізні, підрізні,

розточувальні, різбові, фасонні, а також радіусні, фасочні, галтельні.

Токарні різці в залежності від виконуваних операцій показані на рис.3).

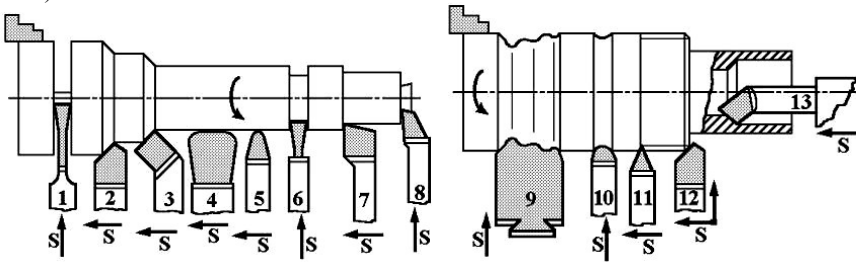


Рис.3- Токарні різці

1-відрізний; 2 –прохідний прямий; 3 – прохідний відігнутий; 4 – чистовий прохідний широкий; 5 – чистовий прохідний радіусний; 6 – прорізний (канавковий); 7 – прохідний упорний; 8 – підрізний; 9 – фасонний призматичний; 10 – галтельний; 11 – різбовий зовнішній; 12 – фасочний; 13 – розточувальний прохідний

e) способу виготовлення:



Ріжуча частина різця має форму клина, заточеного під певними кутами. Для визначення та вимірювання кутів різця в статиці приймають такі вихідні площини (рис.4):

1. **Основна площина (ОП)** - це площина, паралельна одночасно напрямку поздовжньої і поперечної подачі різця. У різців з призматичним стержнем за основну площину можна приймати нижню опорну поверхню різця.

2. **Головна площина різання (ГПР)** - це площина, що дотична до поверхні різання і проходить через головну ріжучу кромку.

3. **Допоміжна площина різання (ДПР)** - це площина, що проходить через допоміжну ріжучу кромку і перпендикулярна до основної площини.

4. **Головна січна площина (ГСП)** - це площина, перпендикулярна до

проекції головної ріжучої кромки на основну площину.

5. *Допоміжна січна площина (ДСП)* - це площина, перпендикулярна до проекції допоміжної ріжучої кромки на основну площину.

У будь якого різця необхідно розрізати головні, допоміжні кути і кути в плані.

Розглянемо ці кути на прикладі прямого прохідного різця (рис. 4).

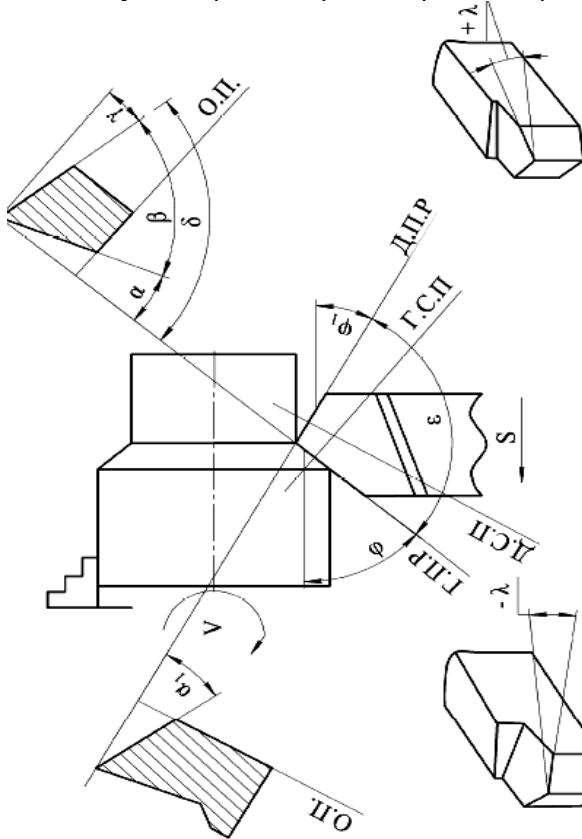


Рис. 4 Кути прямого прохідного різця

Головні кути різця вимірюються в головній січній площині. До них відносяться:

1. *Головний задній кут (α)* - це кут, укладений між головною площиною різання і головною задньою поверхнею різця. Цей кут необхідний для зменшення тертя між оброблюваною деталлю і різцем. Зазвичай $\alpha = 6 \div 18^\circ$.

2. *Головний передній кут (γ)* - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і площиною, що проходить через головну ріжучу кромку і

перпендикулярна до головної площини різання. Величина переднього кута впливає на процес стружкоутворення. Значення цього кута можуть бути додатні, дорівнювати нулю або від'ємні. Зазвичай $\gamma = +20 \div -10^\circ$.

3. *Кут загострення (β)* - це кут, укладений між передньою поверхнею різця і головною задньою поверхнею різця. Величина цього кута впливає на міцність ріжучої частини інструменту і на відвід тепла від ріжучої частини різця. Чим більше цей кут, тим міцніше ріжуча частина інструмента і тим краще відведення тепла від ріжучої кромки.

$$\beta = 90^\circ - (\alpha + \gamma) \quad (1)$$

4. *Кут різання (δ)* - це кут, укладений між головною площиною різання і передньою поверхнею різця.

$$\delta = 90^\circ - \gamma \quad (2)$$

$$\delta = \alpha + \beta \quad (3)$$

Допоміжні кути різця вимірюють в допоміжній січній площині. З допоміжних кутів звичайно контролюють тільки допоміжний задній кут.

Допоміжний задній кут (α_1) - це кут, укладений між допоміжною задньою поверхнею різця і допоміжною площиною різання.

Кути в плані вимірюються в основній площині. До них відносяться:

1. *Головний кут у плані (φ)* - це кут, укладений між проекцією головної ріжучої кромки на основну площину і напрямом робочої подачі.

2. *Допоміжний кут в плані (φ_1)* - це кут, укладений між проекцією допоміжної ріжучої кромки на основну площину і напрямом робочої подачі.

3. *Кут при вершині (ε)* - це кут, укладений між проекціями головної і допоміжної ріжучих кромки на основну площину:

$$\varepsilon = 180^\circ - (\varphi + \varphi_1) \quad (4)$$

Крім розглянутих кутів у різця необхідно знати кут нахилу головної ріжучої кромки.

Кут нахилу головної ріжучої кромки (λ) - це кут, укладений між ріжучою кромкою і площиною, паралельною основній площині та проведеною через вершину різця. Значення цього кута може бути додатним, рівним нулю або від'ємним.

Кут вважається додатним, якщо вершина різця є найнижчою точкою головної ріжучої кромки; від'ємним, якщо вершина різця є найвищою точкою головної ріжучої кромки; рівним нулю, якщо головна ріжуча кромка паралельна основній площині.

Основне призначення кута нахилу головної різальної кромки (λ) полягає в тому, щоб забезпечити бажаний напрям сходу стружки з передньої поверхні різця. Крім того, цей кут впливає на міцність вершини різця.

При додатному куті λ вершина різця зміцнюється, поліпшується відвід тепла і стружка сходять у бік обробленої поверхні. Ці значення кута застосовуються при різанні зі значними глибинами - для чорнової обробки.

При від'ємному куті λ послаблюється вершина різця, погіршується

відвід тепла, але полегшується схід стружки, яка відводиться в сторону оброблюваної поверхні. Ці значення кута застосовують для чистової обробки, при різанні з невеликими глибинами. Якщо кут нахилу головної ріжучої кромки дорівнює нулю, то стружка сходить перпендикулярно до головної різальної кромки.

Схеми кутів відрізного і розточувального різців у статиці зображені на малюнках (рис.5, 6). Рекомендовані форми передніх поверхонь різців і значення кутів при обробці деяких матеріалів дані в Таблицях 1, 2, 3, 4.

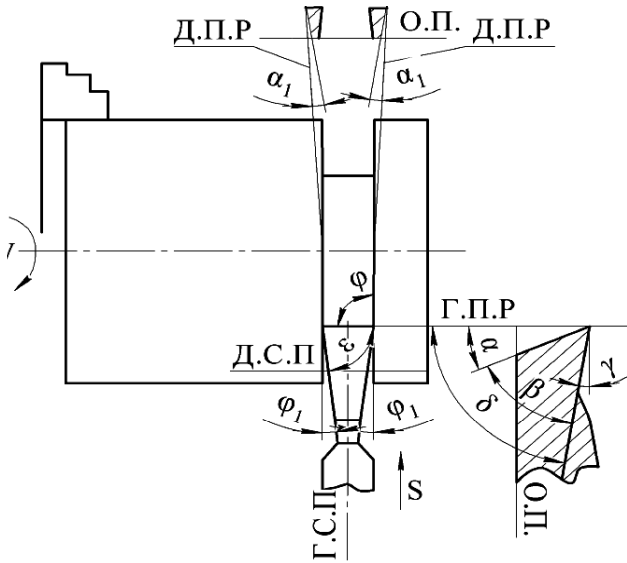


Рис. 5 Схема кутів відрізного різця

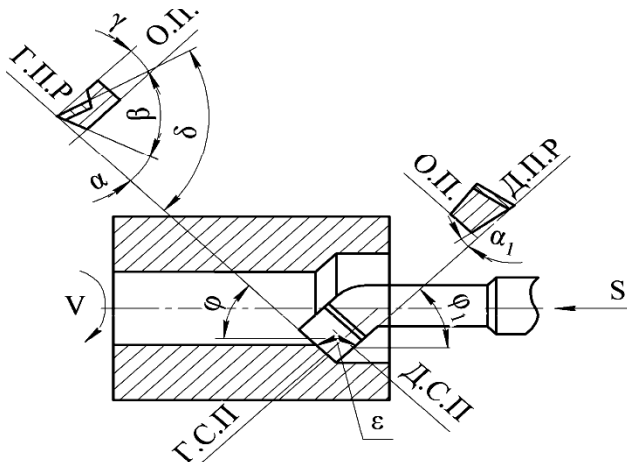


Рис. 6 Схема кутів розточувального різця

Таблиця 1

Форма передньої поверхні різця

Позначення, найменування	Ескіз передньої поверхні	Область застосування	
		Для різців з швидкорізальної сталі	Для твердосплавних різців
Плоска		Обробка чавуну, обробка сталі при $S < 0,2$ мм / об. Для фасонних різців складного контуру	Обробка сталі при $\sigma_B > 800$ Н/мм ² , достатній жорсткості і вібростійкості заготовки. Необхідний стружолом
Плоска з фаскою		Обробка сталі при $S > 0,2$ мм/об	Обробка сірого та ковкого чавуну, обробка сталі при $\sigma_B > 800$ Н/мм, достатній жорсткості і вібростійкості заготовки. Необхідний стружолом.
Радіусна з фаскою		Обробка сталі з забезпеченням стружоломання	Обробка сталі з $\sigma_B \leq 800$ Н/мм ² при $t = 1 \div 5$ мм $S \geq 0,3$ мм/об Стружоломання забезпечується лункою: $R = 4 \div 6$ мм глибина $0,1 \div 0,5$ мм

Таблиця 2

Значення кутів ϕ та ϕ_1

Умови обробки	ϕ	Умови обробки	ϕ_1
Точіння ступінчатих заготовок з недостатньою жорсткістю;	90	Для прохідних різців при роботі без врізання	5-15

гостріння, розточування поверхні в упор; підрізання; прорізання; відрізання		Для прохідних різців при роботі з врізанням: до 3мм св. 3мм	15 20-30
Точіння на прохід заготовок малої жорсткості, розточування чавуну	60-75	Для підрізних і розточувальних різців	10-20
Точіння жорстких заготовок	45-60	Для прорізних і відрізних різців	1-2
Точіння жорстких заготовок прохідними різцями	30-60	Для різців з відігнутим перерізом: до 20x30мм св. 20x30мм	45 30
Чистове точіння с малою глибиною різання	10-30	Для широких різців	0

Таблиця 3

Геометричні параметри ріжучої частини різця з непереточувальними пластинами

Тип пластини	φ	φ_1	γ_y	γ	α	α_1	Примітка
Тригранні	90	10	12	12	7,5	7,5	1. Наведені кути відповідають пластинам з випресованими лунками (ТУ МКТС 560-62) 2. Фаска $f=0,2$ мм при обробці твердої сталі; при роботі з ударами фаску слід збільшити до $f=0,44-0,5$ мм
Чотиригранні	45	45	10	10	10	0	
Чотиригранні	60	30		12	7	7	
Чотиригранні	75	15	8		8		
П'ятигранні	60	12	20	10	10	5	
Шестигранні	45	14		10	10	5	

Таблиця 4

Кути ріжучої частини різців

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини форма передньої поверхні	Геометричні параметри ріжучої частини				
		Розмір фаски	γ_ϕ	γ	α	λ
Сталь вуглецева, легована, інструментальна, сталеволиття НВ <340, $\sigma_B < 1200$ Н/мм ² Чавун сірий, ковкий НВ <220	БС Па, Ша	-	-	25 ÷ 30	-	0
	БС Іа, Па, Ша	-	-	12 ÷ 18	8 - 12	-4 ÷ +4
Мідь, бронза, латунь	БС Па, Ша	-	-	25 ÷ 30	10 ÷ 15	-
Сталь конструкційна, вуглецева, легована, сталеволиття: $\sigma_B < 1000$ Н/мм ² $\sigma_B > 1000$ Н/мм ²	ТС П6, Ш6	-	-3 ÷ 5	15	12	-
	ТС І6, П6	-	-10	-	-	-
Чавун сірий: НВ < 220 НВ > 220	ТС П6, Ш6	-	-3 ÷ 5	12	6 ÷ 10	-
	ТС І6, П6	-	-	8	-	-
Чавун ковкий: НВ140 ÷ 150	ТС П6, Ш6	-	-2	15	8 ÷ 12	-
Сталь: $\sigma_B < 700$ Н/мм ² $\sigma_B > 700$ Н/мм ²	МК	0,2 ÷ 0,3	-5 ÷ -10	10 ÷ 15	8 ÷ 10	0 ÷ 5
	П6, Ш6					
Чавун:	МК	0,2 ÷ 0,3	-	0 ÷ 5	8 ÷ 10	0 ÷ 5

НВ < 220 НВ > 220	П6					
----------------------	----	--	--	--	--	--

Універсальний кутомір (рис.7) призначений для контролю величин наступних кутів різця:

- 1) переднього кута γ ;
- 2) головного заднього кута α ;
- 3) допоміжного заднього кута α_1 ;
- 4) головного кута в плані φ ;
- 5) допоміжного кута в плані φ_1 ;
- 6) кута нахилу головної різальної кромки λ .

Кутомір складається з основи 1 і стійки 2, по якій переміщається пристрій, що складається з блоку 3, на якому закріплено три шкали з вимірювальними лінійками 4, 5 і 6.

Цей пристрій переміщається на стійці по шпонковому пазу. Він може повертатися навколо стійки і фіксуватися в будь-якому положенні по висоті за допомогою гайки 7.

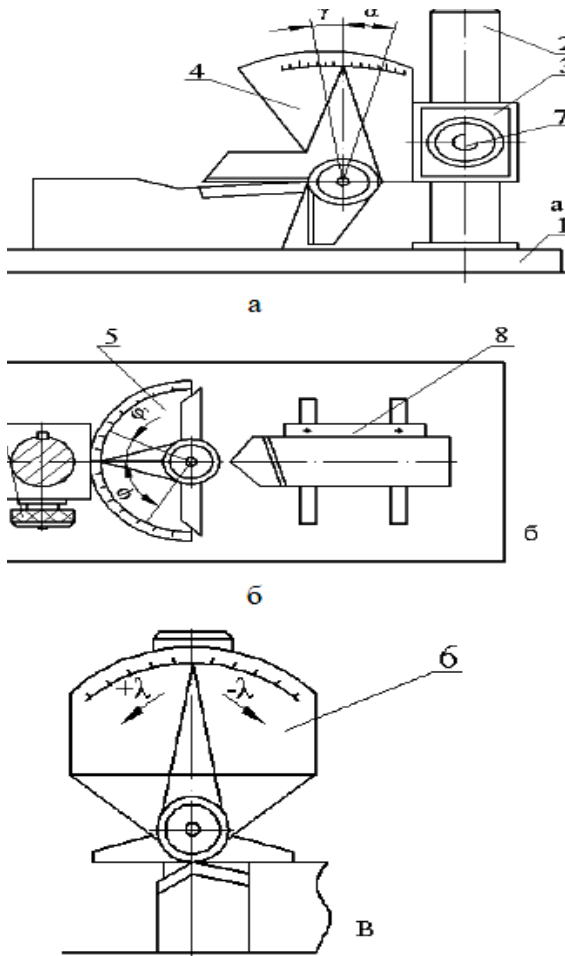


Рис. 7 - Конструкція універсального кутоміра

Вимірювальні ножі шкал мають гвинти, що дозволяють фіксувати необхідне їх положення по відношенню до вимірюваних поверхонь. Основа кутоміра має направляючу планку 8, що служить для правильної установки різця в процесі вимірювання кутів φ та φ_1 .

Для вимірювання переднього кута γ використовують вимірювальну лінійку 4 (рис.7а). Відносно положення лінійки і різця настраюється "на око" таким чином, що лінійка розташовується перпендикулярно до головної ріжучої кромки. Далі налаштовується шкала з лінійкою по висоті різця. Для вимірювання кута γ верхня частина лінійки повертається навколо осі до суміщення (без зазору) з передньою поверхнею різця.

Відлік величини кута проводиться за шкалою, а знак кута - по напрямку відхилення лінійки від нульової поділки шкали. При відхиленні лінійки вліво від 0 - кут γ додатний, при відхиленні вправо від 0 - кут γ від'ємний.

Вимірювання головного заднього кута α проводиться аналогічним чином при тих же налаштуваннях кутоміра. У цьому випадку нижня частина лінійки суміщається без зазору з головною задньою поверхнею різця. Відлік величини кута α проводиться за шкалою вправо від 0.

Для вимірювання допоміжного заднього кута α_1 різець встановлюється таким чином, щоб лінійка 4 була перпендикулярна до допоміжної ріжучої кромки. Вимірювання і відлік величини кута проводиться аналогічно виміру головного заднього кута α , тільки нижня частина лінійки доводиться до повного контакту з допоміжною задньою поверхнею.

При вимірі головного і допоміжного кутів у плані φ та φ_1 використовують вимірювальну лінійку 5 (рис.7, б). Різець встановлюється на основі 1 суміщаючись своєю бічною поверхнею з направляючою планкою 8, а лінійка 5 повертається до контакту без зазору в першому випадку - з головною ріжучою крайкою, а в другому - з допоміжною ріжучою кромкою.

Відлік значення кута φ для прохідного різця проводиться вліво від 0, а кута φ_1 - вправо від 0. У відрізного різця кут φ , як правило, дорівнює 90° (рис.5), а допоміжний кут φ_1 вимірюється від позначки 90° .

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити основні різновиди токарних різців та їх основні конструктивні і геометричні параметри. Зобразити схеми кутів заданих різців у статисти.

2. Визначити повне найменування заданих різців, виміряти перерізи їх державок. Результати занести в Таблицю 5.

3. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів γ , α та α_1 . Виміряти ці кути у всіх різців.

4. Налаштувати кутомір на вимірювання кута λ . Виміряти цей кут у всіх різців.

5. Налаштувати кутомір на вимірювання кутів φ та φ_1 . Виміряти ці кути у всіх різців.

6. За формулами (1, 2, 3, 4) розрахувати значення кутів β , δ , ξ і занести їх до Таблиці 5

7. Оформити звіт наступного змісту:

- тема та мета роботи;
- схема кутів заданих різців;
- розрахунки та таблиця вимірювання;
- висновки.

Таблиця 5

Параметр	Різці		
	Прохідний	Відрізний	Розточувальний
Повне найменування різця, $B \times H$			
α			
γ			
α_1			
β			
δ			
φ			
φ_1			
ε			
λ			

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Класифікація токарних різців.
2. Основні елементи головки різця.
3. Вихідні площини для визначення та вимірювання кутів різця.
4. Характеристика головних кутів різця.
5. Характеристика допоміжних кутів різця.
6. Вплив кутів різця на процес різання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСКОСТІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТУ ВИРОБНИЧИМ МЕТОДОМ

Мета: Вивчити методику визначення жорсткості системи ВПД (верстат–присосування–інструмент–деталь) та характер її впливу на точність обробки.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат, прохідний різець, східчаста заготовка, мікрометр.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Технологічна система ВПД являє собою пружну систему, деформації якої в процесі обробки обумовлюють виникнення систематичних і випадкових погрешностей розмірів і геометричної форми оброблюваних заготовок у зв'язку з наявністю зазорів у спряженнях верстатів і пристосувань, недостатньою їх точністю, ненадійним встановленням і затисненням оброблюваної заготовки та багатьма іншими конструкційними та

технологічними чинниками.

Під жорсткістю системи взаємозв'язаних твердих тіл розуміють здатність системи чинити опір дії зовнішніх сил, що прагнуть її деформувати. Зовнішньою силою, яка діє на технологічну систему (ТС) в процесі обробки, буде сила різання P .

Жорсткість визначається відношенням сили P , яка викликає зміщення робочого леза інструменту відносно обробленої деталі у розглянутому напрямку, до величини цього переміщення S , тобто:

$$j = \frac{P}{S}$$

Рівнодіюча сили різання при точінні дорівнює:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}$$

При розрахунках приймають до уваги відтиснення елементів системи ВПД не від рівнодіючої сили P , а від її складових сил по трьох напрямках переміщення ріжучого леза: P_x , P_y і P_z .

Розрахунки показують, що на точність обробки найбільше впливає деформація ТС від складової P_y . Вплив складових P_x і P_z на точність обробки незначний, тому ними можна знехтувати. Тоді жорсткість пружної системи можна записати таким чином:

$$j_y = \frac{P_y}{y} \quad (1)$$

Існує три методи експериментального визначення жорсткості верстатів або окремих вузлів:

1) **статичний метод**, заснований на визначенні навантаження вузлів при непрацюючому верстаті;

2) **виробничий метод**, що використовується при точінні заготовок із нерівномірним припуском (зміною глибини різання), отриманим за рахунок ексцентриситету заготовки, її конусності або східчастості;

3) **динамічний метод**, заснований на випробуваннях при вібраціях та знятті віброграм як при холостому ході верстату, так і при різанні металів.

Статичний і динамічний методи складні і вимагають великих витрат часу. Крім того, жорсткість верстату, визначена у статичному стані, наближено характеризує його пружні переміщення у процесі експлуатації. Тому, у даних методичних вказівках для визначення жорсткості верстату використовується виробничий метод.

При застосуванні **виробничого методу визначення жорсткості** для отримання нерівномірного припуску використовується східчаста заготовка (рис. 1). При обробці східчастої заготовки глибина різання закономірно змінюється від $t_{\min}(t_1)$ до $t_{\max}(t_6)$, що викликає відповідну зміну сили різання та пружних переміщень технологічної системи від y_1 до y_6 . Пружні деформації системи порушують закономірності переміщення інструменту відносно

обробленої деталі, встановлені наладкою верстату. В результаті задана глибина різання зменшується, і фактичний діаметр валу при його обробці буде збільшуватись від d_1 до d_6 , тобто форма заготовки (східчастість) копіюється на обробленій поверхні.

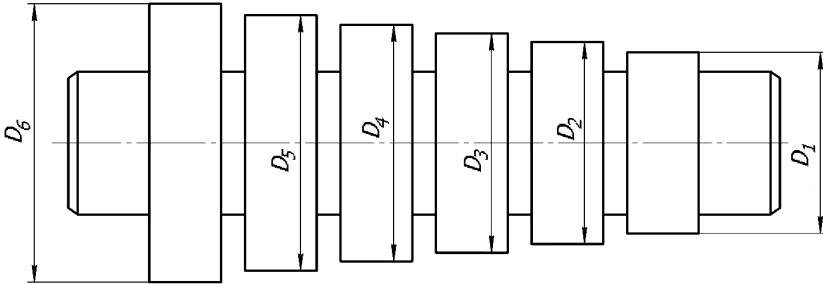


Рис. 1 - Ескіз східчастої заготовки

При практичних розрахунках використовують наступну емпіричну формулу для визначення радіальної складової зусилля різання, Н:

$$P_y = 9,8 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_{py} \quad (2)$$

де C_p – коефіцієнт, який характеризує оброблюваний матеріал та умови його обробки;

t – глибина різання, мм; s – подача, мм/об; v – швидкість різання, м/хв.

x, y, n – показники ступені відповідно при глибині, подачі та швидкості різання;

K_{py} – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує конкретні умови обробки.

Коефіцієнти та показники ступенів C_p, x, y, n надано у Таблиці 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів та показників ступенів

	Подача у мм/об	Коефіцієнти і показники ступенів													
		P_z				P_y				P_x					
		C_{pz}	X_{pz}	Y_{pz}	n	C_{py}	X_{py}	Y_{py}	n_1	C_{px}	X_{px}	Y_{px}	n_2		
Сталь	До 0,75	300	1,0	0,75	-0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	315	1,0	0,5	0,2	-0,4
	Понад 0,75														

При переході від діаметру D_1 до діаметра D_2 зміна радіальної

складової зусилля різання ΔP_y , пружних переміщень ВПД Δy та глибини різання Δt складають:

$$\begin{aligned} \Delta P_y = P_{y2} - P_{y1} &= 9,8 \cdot C_p \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \cdot (t_2^x - t_1^x) = \\ &= 9,8 \cdot C_p \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \cdot \Delta t \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Delta y = y_2 - y_1 = (d_2 - d_1) / 2 \quad (4)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = (D_2 - D_1) / 2 - \Delta y \quad (5)$$

Виходячи з цього, жорсткість j_y може бути визначена відношенням приросту ΔP_y складової P_y до викликаного нею приросту Δy пружної деформації:

$$j_y = \frac{P_y}{y}$$

З врахуванням виразів (3) - (5) формула для визначення жорсткості системи ВПД прийме вигляд:

$$j_y = 9,8 \cdot C_p \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \cdot \left(\frac{D_2 - D_1}{d_2 - d_1} - 1 \right) \quad (6)$$

(при високій жорсткості одиницю у дужках можна не враховувати).

За отриманими результатами випробувань будують графік «Навантаження – переміщення», при цьому по осі ординат відкладають значення навантаження $\Delta P_y(H)$, вираховане за формулою (3) для всіх сходинок, а по осі абсцис - переміщення Δy (мкм).

Позначивши похибку форми заготовки Δz і форми деталі після обробки Δd (мм) можемо визначити уточнення ε , яке дорівнює відношенню однойменних похибок заготовки і готової деталі:

$$\varepsilon = \Delta z / \Delta d \quad (7)$$

Введемо у формулу (7) значення похибок заготовки і деталі:

$$\Delta z = D_2 - D_1 = 2(t_2 - t_1) + 2\Delta y; \quad \Delta d = d_2 - d_1 = 2\Delta y;$$

Отримуємо:

$$\varepsilon = \frac{j}{9,8 \cdot C_p \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p} + 1 \quad (8)$$

Уточнення дає можливість оцінити очікуване поле розсіяння розмірів деталей після обробки на налагодженому верстаті і число проходів, необхідних для досягнення заданої точності:

$$\omega = \Delta_{\partial} = \frac{\Delta_3}{\varepsilon} \quad (9)$$

Після кожного проходу похибка деталі зменшується зворотно пропорційно уточненню:

після першого проходу: $\Delta_{1\partial} = \frac{\Delta_3}{\varepsilon}$

після другого проходу: $\Delta_{2\partial} = \frac{\Delta_3}{\varepsilon^2}$

після і-го проходу: $\Delta_{i\partial} = \frac{\Delta_3}{\varepsilon^i}$

Тоді:
$$i = \frac{\lg(IT)_3 - \lg(IT)_{\partial}}{IT \cdot \varepsilon} \quad (10)$$

Величина, зворотна уточненню, називається коефіцієнтом зменшення похибок:

$$k_y = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{\Delta_{\partial}}{\Delta_3}$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Виміряти мікрометром діаметри всіх шести сходинок заготовки.
2. Встановити заготовку у центрах токарного верстату.
3. Закріпити прохідний різець у різцетримачі. Виліт різця повинен бути 30...40мм.

4. Ввімкнути верстат та проточити всі сходинок, знявши припуск на сходинок за один прохід: мінімальна глибина різання (встановлена на найменшій сходинок) $t = 0,5 \div 0,8$ мм; поздовжня подача $s = 0,1 \div 0,2$ мм/об; швидкість різання $v = 40 \div 60$ м/хв. Для підбору найближчої наявної на верстаті частоти обертання шпинделя, яка відповідає заданій швидкості різання, підрахувати частоту обертання заготовки за формулою $n = 1000V/\pi D$ (D – середній діаметр заготовки).

5. Вимкнути верстат, зняти деталь та охолодити її до кімнатної температури.

6. Виміряти мікрометром діаметри оброблених сходинок.

7. Обчислити за формулою (6) жорсткість верстату для всіх сходинок заготовки; обчислити середню жорсткість верстату.

8. За залежностями (3) - (5) розрахувати ΔP_y (прийняти $K_{py}=1$) і Δu для всіх сходинок та побудувати графік "Навантаження - переміщення".

9. Визначити величину уточнень та коефіцієнт зменшення похибок для кожного переходу від однієї сходинок валу до іншої.

10. Розрахувати за формулою (10) число проходів, необхідних для отримання заданої точності деталі.

11. Умови досліду та його результати занести у Таблицю 2:

Таблиця 2

Діаметри заготовки, мм		Діаметри деталі, мм		Δy , мм		Δt , мм		ΔP_y , Н		j , Н/мм		Режими різання	
D_1		d_1										t , мм	
D_2		d_2		Δy_1		Δt_1		ΔP_{y1}		j_1		S , мм/об	
D_3		d_3		Δy_2		Δt_2		ΔP_{y2}		j_2			
D_4		d_4		Δy_3		Δt_3		ΔP_{y3}		j_3		v , мм/хв.	
D_5		d_5		Δy_4		Δt_4		ΔP_{y4}		j_4			
D_6		d_6		Δy_5		Δt_5		ΔP_{y5}		j_5		n , об/хв	
										$j_{ср}$			

12. Оформити звіт наступного змісту:

- Тема та мета роботи;
- Обладнання;
- Ескіз східчастої заготовки;
- Розрахунки;
- Графік «Навантаження переміщення»;
- Таблиця з умовами дослідів та їх результатами;
- Висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Поняття про жорсткість технологічної системи ВПД.
2. Одиниці вимірювання жорсткості.
3. Методи визначення жорсткості.
4. Методи отримання змінної глибини різання.
5. Копіювання похибок заготовки на деталь.
6. Розрахунок значення радіальної складової сили різання.
7. Як встановлюється коефіцієнт зменшення похибок?
8. Розрахунок величини очікуваного поля розсіювання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Тема: ВПЛИВ РЕЖИМІВ ТА ШЛЯХУ РІЗАННЯ НА ТЕМПЕРАТУРНУ ДЕФОРМАЦІЮ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ

Мета: Вивчити закони зміни температурних деформацій різального

інструменту та засвоїти практику розрахунку їх величин.

Обладнання: Токарно-гвинторізний верстат, різець, заготовка, мікронний індикатор.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

При обробці деталей на токарному верстаті, (як і на всіх інших верстатах) виділяється велика кількість теплоти, під дією якої інструмент (токарний різець), деталі верстату та оброблювана заготовка нагріваються, внаслідок чого їх розміри змінюються. Це в свою чергу приводить до появи похибок обробки.

При токарній обробці величина температурних деформацій різця в основному залежить від режиму різання (v - швидкість різання, м/хв; s - подача, мм/об; t - глибина різання, мм); механічних властивостей оброблюваного матеріалу σ_B ; конструкції та геометрії різця, а також від тривалості роботи різця (шляху різання). Теплова рівновага, як правило, встановлюється через декілька хвилин після початку роботи, при цьому видовження різця практично припиняється (кількість тепла, що потрапляє в тіло різця врівноважується теплом, що відводиться від різця в навколишнє середовище).

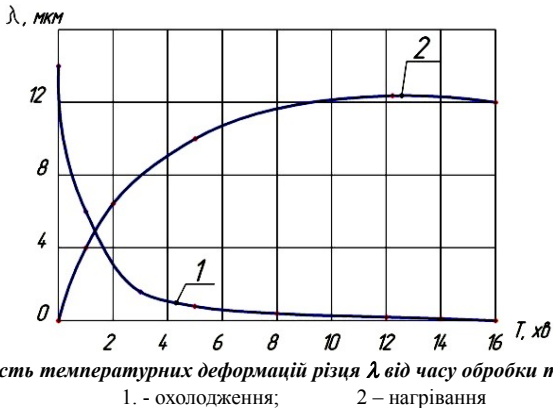


Рис.1- Залежність температурних деформацій різця λ від часу обробки та охолодження
1. - охолодження; 2 - нагрівання

В результаті видовження різця при точінні збільшується глибина різання і відповідно зменшується діаметр обточуваної деталі. Як правило, видовження різця становить 30-50мкм при роботі без охолоджувальної рідини. Застосування змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) зменшує видовження різця в 3-3,5 рази.

Вивчення температурних деформацій зазвичай має практичну цінність на режимах чистової обробки, коли до припусків на обробку ставлять високі вимоги.

Найбільш зручний і простий експериментальний метод визначення

температурних деформацій різця при точінні - це метод безпосереднього заміру укорочення різця при охолодженні.

Закон зміни температурних деформацій у часі можна охарактеризувати функціями:

$$\text{при охолодженні} \quad \lambda = \lambda_c \cdot e^{-\alpha T}, \quad (1)$$

$$\text{при нагріві} \quad \lambda = \lambda_c \cdot (1 - e^{-\alpha T}), \quad (2)$$

де λ - величина видовження; λ_c - величина видовження при усталеному режимі теплової рівноваги; α - коефіцієнт, що характеризує форму кривої; T - час.

Найбільше зростання температурних деформацій спостерігається у початковий період роботи різця, після цього інтенсивність росту знижується і настає період усталеного теплового режиму, на протязі якого температурні деформації практично не змінюються (рис.1).

За експериментально знайденими значеннями T та λ для різця методом найменших квадратів можна визначити значення λ_c і α в рівнянні(1).

Однак, у цьому випадку доцільно шукати не мінімальні суми квадратів відхилень функцій, а мінімальні суми квадратів відхилень логарифмів цих функцій:

$$\sum_{i=1}^n [\ln \lambda_i - \ln (\lambda_c \cdot e^{-\alpha T_i})]^2 = \min, \quad (3)$$

$$\text{звідки} \quad \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n (\ln \lambda_i - \ln \lambda_c + \alpha \cdot T_i) = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n (\ln \lambda_i - \ln \lambda_c + \alpha \cdot T_i) = 0 \quad (5)$$

Система нормальних рівнянь буде мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} -\alpha \cdot \sum_{i=1}^n T_i + n \cdot \ln \lambda_c &= \sum_{i=1}^n \ln \lambda_i \\ -\alpha \cdot \sum_{i=1}^n T_i^2 + \sum_{i=1}^n T_i \cdot \ln A &= \sum_{i=1}^n T_i \cdot \ln y_i \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Рішення цієї системи рівнянь дозволить визначити параметри функції λ_c і α .

Функція (2), що описує температурні деформації різця при його нагріві, не приводиться до лінійної, і тому методом найменших квадратів можна визначити тільки значення λ , а параметр λ_c (асимптоти функції)

визначаються експериментально, тобто:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot \ln \frac{\lambda_c - \lambda_i}{\lambda_i}}{\sum_{i=1}^n T_i^2} \quad (7)$$

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити технічні характеристики верстату, інструменту та вимірювальних приладів.

2. Вивчити схему вимірювання температурної деформації різця (рис.2).

3. Встановити і закріпити заготовку (2) у трьох - кулачковому патроні (1); різець (3) - у поворотному чотирьохпозиційному різцетримачі (4) та мікронний індикатор (5) - на верхньому супорті токарного верстату. Останній встановлюється так, щоб при повороті різцетримача на 90° вершина різця торкалася індентора індикатора, при цьому індикатор повинен мати натяг не менше 0,05мм.

4. Налагодити верстат на заданий чистовий режим різання:

$v = 100 \dots 150 \text{ м/хв}$; $s = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм/об}$; $t = 0,1 \dots 0,2 \text{ мм}$.

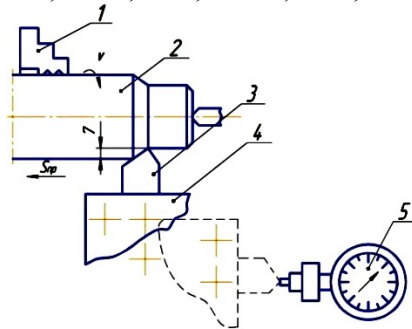


Рис.2 - Схема вимірювання температурної деформації різця

5. Вімкнути верстат і автоматичну подачу. Через 1 хвилину після початку роботи вимкнути повздовжню подачу, відвести різець від заготовки і швидко повернути різцетримач на 90° до контакту вершини різця з кінцевиком індикатора. У такому положенні дати охолонути різцю до температури навколишнього середовища. Записати величину скорочення різця (величина скорочення різця при охолодженні відповідає попередньому видовженню у процесі різання).

6. Повторити вказані у п.5 прийоми для всіх заданих інтервалів часу (2; 5; 10; 20; 30 хв.). Після останнього інтервалу роботи різця - у залежності

від часу його охолодження (1, 2, 5, 10, 20 хв.).

7. Підрахувати шляхи різання для всіх точок за формулою:

$$L = vT, \quad (8)$$

де v - швидкість різання, м/хв; T - час роботи різця, хв.

8. Результати дослідів занести у Таблицю 1.

9. Побудувати криві залежності видовження різця при нагріванні різання та вкорочення при охолодженні від часу охолодження.

Таблиця 1

№ п/п	Параметри	ЧАС, хв.											
		Роботи різця					Охолодження різця						
		1	2	5	10	20	30	1	2	5	10	20	
1.	Шлях різання L , мм												
1.	Температурні деформації при нагріванні λ_s , мкм												
1.	Температурні деформації при охолодженні λ_c , мкм (відраховуються від розміру охолодженого різця)												

10. Визначити λ_c за кривою залежності видовження різця при нагріванні.

11. Визначити значення коефіцієнта α .

12. Розрахувати коефіцієнт C_3 формули для розрахунку максимального видовження різця:

$$\lambda_c = C \cdot \frac{l}{F} \cdot \sigma_s \cdot t^m \cdot s^n \cdot v^k \quad (9)$$

де λ_c - видовження різця, що відповідає усталеному тепловому режиму різця, мкм; l - виліт різця, мм; F - переріз різця, мм².

Для варіанту зовнішнього точіння конструкційної сталі твердосплавними різцями можна прийняти $m = 1$; $n = 0,75$; $k = -0,3$.

13. Оформити звіт наступного змісту:

1) Тема, мета лабораторної роботи

2) Технічні характеристики верстату, інструменту та вимірювальних приладів:

– Верстат моделі _____

– Оброблюваний матеріал та границя його міцності σ_B _____

– Діаметр заготовки $D =$ _____ мм

– Матеріал різця _____

- Розмір державки різця $V \times H$ _____, мм
- Режими різання: $n =$ _____ хв⁻¹; $t =$ _____ мм; $V =$ _____ м/хв ;
- $S =$ _____ мм/об
- Мікрометричний індикатор з ціною поділки 0,001 мм (0,01мм)
- Схема вимірювання температурної деформації різця
- Таблиця з результатами замірів теплової деформації різця
- Графік залежності температурних деформацій різця λ від часу обробки та охолодження
- Висновки

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Від яких параметрів залежить величина температурної деформації різця?
2. Чим характеризується закон зміни температурних деформацій різця у часі?
3. Дати коротку характеристику залежностей температурної деформації різця λ від шляху різання і вкорочення різця від часу охолодження.
4. Методика розрахунку коефіцієнтів λ_c , α у рівняннях (1) та (2) для кривих охолодження та нагріву.
5. Формула для розрахунку максимального видовження різця та визначення коефіцієнта C .
6. Для чого потрібно знати характер зміни видовження різця у процесі його роботи.
7. Як можна врахувати видовження різця у процесі роботи при отриманні особливо точних виробів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ШИРОКОУНІВЕРСАЛЬНОГО ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ

Мета: дослідити температурні деформації у вузлі шпindelної головки широкоуніверсального фрезерного верстату у процесі його роботи та оволодіти методикою розрахунку їх величин.

Обладнання: універсально-фрезерний верстат, торцева оправка, індикаторна стійка, мікронний індикатор.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У процесі роботи широкоуніверсального фрезерного верстату, як і любого іншого металорізального верстату, у рухомих спряженнях деталей та вузлів виділяється теплота тертя, яка підвищує їх температуру. Підвищення

температури викликає деформацію деталей та вузлів верстату, зміну їх взаємного розташування, що у свою чергу веде до виникнення похибки форми та розмірів оброблюваних деталей. Найбільші температурні деформації спостерігаються у вузлі шпindelної головки, відповідно найбільший вплив на точність форми та розміру оброблюваної деталі припадає на температурні деформації шпинделя, які виникають у напрямку нормалі до оброблюваної поверхні. Температурні деформації інших деталей та у інших напрямках значно менші і тому, як правило, не значно впливають на точність обробки.

З метою спрощення роботи і з врахуванням того, що похибки виготовлення мають велике значення тільки при чистовій обробці, тобто при малих навантаженнях верстату, коли втрати на тертя невеликі, дослідження температурних деформацій ведеться на холостому ходу.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити технічні характеристики верстату та вимірювальних приладів.

2. Вивчити схему вимірювання.

3. Встановити і закріпити у шпинделі (1) верстату торцеву оправку (2). Закріпити на столі (5) стійки верстату індикаторну стійку (4) з мікронним індикатором (3) так, щоб вимірювальний кінцевик індикатора торкався центра торцевої оправки, при цьому натяг індикатора повинен бути у межах 0,1...0,2 мм (рис 1). Після цього встановити шкалу індикатора на нуль.

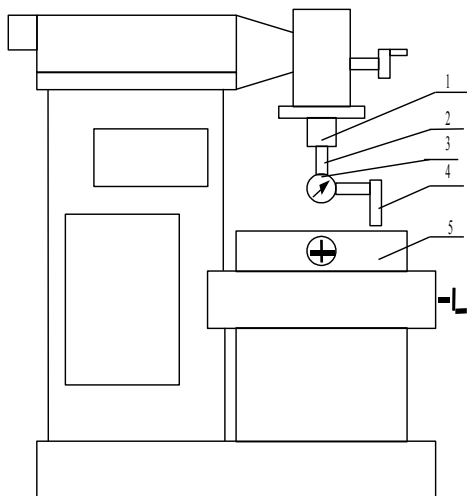


Рис. 1 - Схема вимірювання температурної деформації широкогоуніверсального фрезерного верстату

4.Налагодити верстат на задану кількість обертів ($n=1400...1600$ об/хв.).

5.Включити верстат і через 2 хвилини від початку роботи записати величину температурної деформації.

6.Повторити вказані прийоми для всіх заданих інтервалів часу (5,10,20,30 хв.).

7.Зафіксувати зміну температурної деформації шпинделя при охолодженні верстата через 2, 5, 10, 20 та 30 хвилин.

8. Дані замірів занести у Таблицю 1.

9.Побудувати криві залежності температурних деформацій вузла шпинделя від часу роботи верстату і часу його охолодження.

10. Визначити параметр λ_c .

11. Визначити коефіцієнт α у рівняннях (1) та (2) (див. лабораторну роботу №3).

12.Оформити звіт наступного змісту:

1) Тема, мета роботи, обладнання.
2) Технічні характеристики верстату, інструменту та вимірювальних приладів.

3) Схема вимірювання температурної деформації

4) Таблиця з результатами вимірювань.

5) Криві залежності температурних деформацій вузла шпинделя від часу роботи верстату і часу його охолодження.

6) Висновки

Таблиця 1

Параметри	ЧАС, хв									
	роботи верстату				охолодження верстату					
	2	5	10	20	2	5	10	20	30	
Температурні деформації шпинделя λ_t , мкм:										
при нагріві										
при охолодженні										

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1.Які деталі та вузли верстату піддаються найбільшій температурній деформації?

2.Чому дослідження температурних деформацій ведеться на холостому ході?

3.Від яких температурних деформацій найсильніше залежить точність форми та розмірів оброблюваної деталі?

4. Як визначити коефіцієнт α і λ_c ?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

Тема: ВПЛИВ РІЗНИХ ЧИННИКІВ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ ТОЧІННІ І ФРЕЗЕРУВАННІ

Мета: визначення впливу швидкості різання, подачі і головного кута в плані на шорсткість обробленої поверхні; набуття практичних навичок вимірювання шорсткості, ознайомлення з конструкцією приладів для вимірювання шорсткості.

Обладнання: горизонтально-фрезерний верстат; токарно-гвинторізний верстат, різці токарні прохідні, оснащені пластинками твердого сплаву; набір фрез; заготовка; прилад для вимірювання кутів різця; тахометр; штангенциркуль, профілометр.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

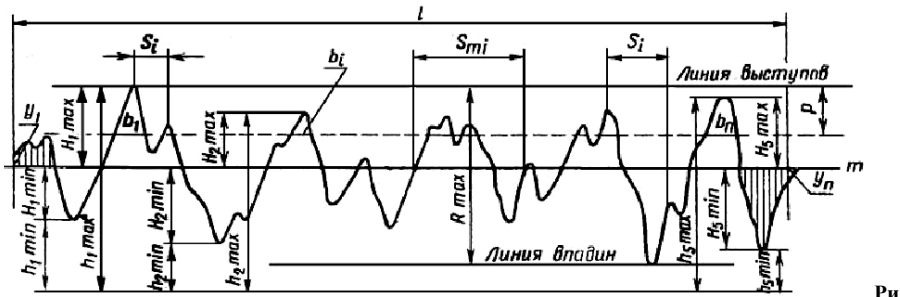
Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками за базовою довжиною.

Руйнування деталей машин в процесі їх експлуатації в більшості випадків починається з поверхневого шару. Тому велике практичне значення має вивчення якості поверхні деталі і вплив на неї різних факторів процесу різання. Якість поверхневого шару визначається сукупністю характеристик: фізико-механічним станом, мікроструктурою металу поверхневого шару, ступенем і глибиною наклепу, величиною і знаком залишкових напружень, шорсткістю поверхні та іншими ознаками. Стан поверхневого шару впливає на експлуатаційні властивості деталей машин: зносостійкість, вібростійкість, контактну жорсткість, міцність з'єднань, міцність конструкцій при циклічних навантаженнях і т.п.

Шорсткість - одна з основних характеристик якості поверхні. Для кількісної оцінки шорсткості поверхні ГОСТ2789-79 передбачає 6 параметрів:

- висотні: R_a - середнє арифметичне відхилення профілю; R_z - висота нерівностей профілю за десятьма точок; R_{max} - найбільша висота профілю;
- крокові: S - середній крок нерівностей профілю по вершинах; S_m - середній крок нерівностей профілю по середній лінії;
- висотно-кроковий: t_p - відносна опорна довжина профілю.

Базою для відліку висот виступів і западин нерівностей, властивості яких нормуються, служить середня лінія профілю " m " (рис. 1) - базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середньоквадратичне відхилення профілю до цієї лінії максимальне.



с. 1 - Параметри шорсткості поверхні

Ри

Через вищу і нижчу точки профілю в межах базової довжини l проводять лінії виступів і западин профілю, еквідистантно до середньої лінії. Відстань між цими лініями визначає найбільшу висоту нерівностей профілю. **Середнє арифметичне відхилення профілю R_a** визначається як середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i|$$

Висота нерівностей профілю за десятьма точками R_z дорівнює середній арифметичній сумі абсолютних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів H_{imin} і п'яти найбільших максимумів H_{imax} профілю в межах базової довжини.

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |H_{imax}| + \sum_{i=1}^5 |H_{imin}| \right]$$

Замість середньої лінії, що має форму відрізка прямої, визначають відстань від найвищих точок п'яти найбільших максимумів h_{imax} і нижчих точок п'яти найбільших мінімумів h_{imin} до лінії, паралельної середній, і не перетинаючої профіль.

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |h_{imax}| - \sum_{i=1}^5 |h_{imin}| \right]$$

Тоді між величинами R_z і R_a існує певне співвідношення: **$R_z = kR_a$** . Для грубих поверхонь $k \approx 4$, при чистової обробки величина $k \approx 5$.

Середній крок нерівностей S_m обчислюють як середнє арифметичне значення кроку нерівностей S_{mi} в межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

Середній крок нерівностей профілю по вершинах S - середнє

арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах S_j в межах базової довжини:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i$$

Під опорною довжиною профілю η_p розуміють суму довжин відрізків в межах базової довжини, що відсікаються на заданому рівні в матеріалі виступів профілю лінією, еквідистантною до середньої лінії.

Відносна опорна довжина профілю t_p визначається як відношення опорної довжини профілю η_p до базової довжини:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$$

Висоту мікронерівностей при точінні можна визначити з геометричних побудов, зробивши такі припущення: оброблюваний матеріал не піддається деформації; система ВПД - абсолютно жорстка; ріжучі кромки інструменту є геометричними лініями. У цьому випадку, коли у різця відсутній радіус вершини, висоту гребінців можна визначити з співвідношень (рис.2,а):

$$AO = OC \cdot ctg \varphi_1 = h \cdot ctg \varphi_1; OB = OC \cdot ctg \varphi = h \cdot ctg \varphi$$

$$AO + OB = S = h \cdot (ctg \varphi + ctg \varphi_1) = h \cdot \frac{\sin(\varphi - \varphi_1)}{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1} \quad (1)$$

Коли працює тільки радіусна ріжуча кромка (рис. 2 б), отримуємо:

$$h = EN = ON - OE$$

$$OE = \sqrt{OK^2 - KE^2} = \frac{\sqrt{4r^2 - S^2}}{2}$$

$$h = R_z = r - \frac{\sqrt{4r^2 - S^2}}{2} \quad (2)$$

Перетворивши вираз (2) отримаємо:

$$\frac{S^2}{4} = 2hr - h^2 \quad ;$$

Так як величина h^2 дуже мала в порівнянні з $2hr$, то можна записати:

$$\frac{S^2}{4} = 2hr$$

або остаточно: $R_z = h = \frac{S^2}{8r}$ (3)

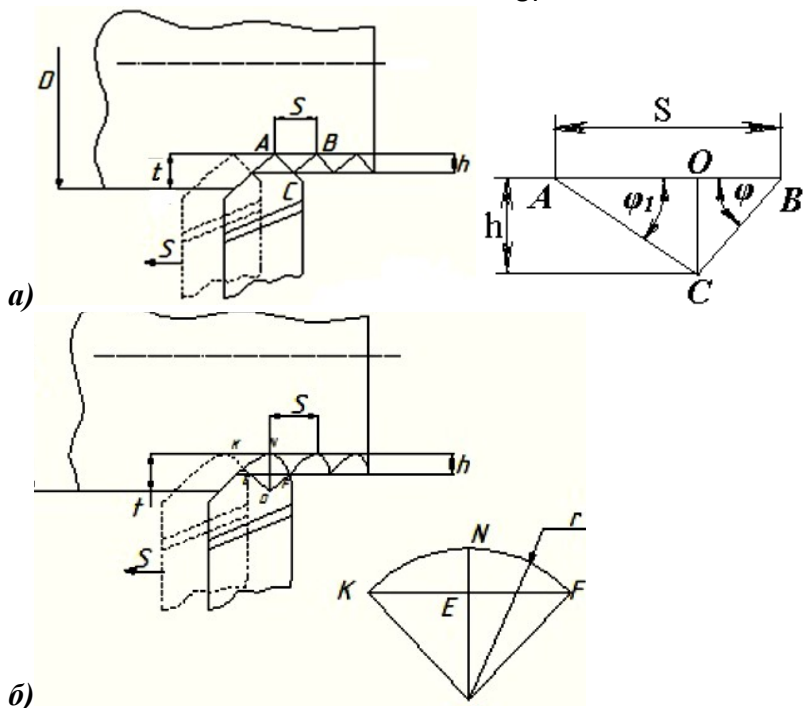


Рис. 2 – Залишкові гребінці при точінні

При одночасній роботі прямолінійної і радіусної частин ріжучої кромки висота мікронерівностей дорівнює:

$$h = R_z = r - \frac{r(\sin\varphi - \sin\varphi_1) - S \cdot \sin\varphi \cdot \sin\varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)} \quad (4)$$

При фрезеруванні, так само як і при точінні, на обробленій поверхні залишаються гребінці. Мікронерівності, утворені вершинами зубців, мають регулярний хвилеподібний профіль (рис.3).

Причиною утворення цих нерівностей є трохоїдальні траєкторії щодо робочого руху суміжних зубців. Крок нерівностей дорівнює подачі на зуб S_z . При наявності биття фрези висота гребінців визначається не подачею на зуб фрези, а подачею на оберт $S\phi$.

Розмір цих гребінців, а також стан їх поверхні характеризує якість обробки. Теоретично висота гребінців при фрезеруванні може бути

розрахована тим же методом, що і при точінні.

Нехай O і O_1 - два положення фрези діаметром D_ϕ , відповідні подачі на зуб S_z . Безпосередньо з креслення отримуємо:

$$h = R_z = BC = AC - AB = \frac{D_\phi}{2} - \sqrt{\frac{D_\phi^2}{4} - \frac{S_z^2}{4}}$$

За аналогією з (2), отриманий вираз може бути з достатньою точністю замінено наступним:

$$h = R_z = \frac{S_z^2}{4 D_\phi} \quad (5)$$

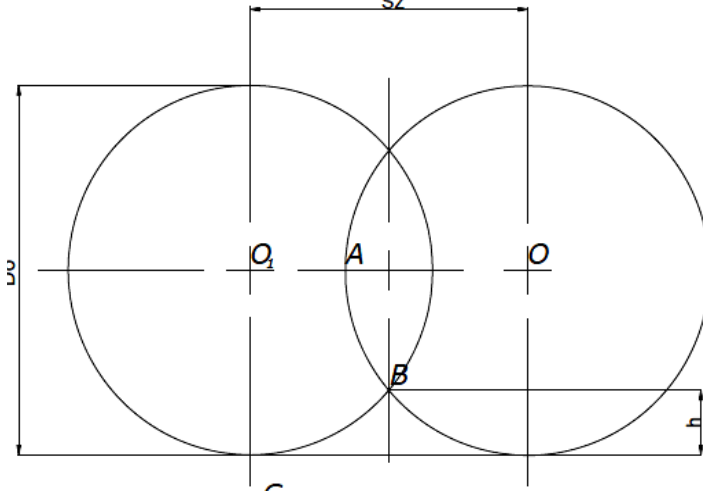


Рис. 3 - Висота нерівностей при фрезеруванні

Таким чином, розрахункові нерівності при точінні і фрезеруванні визначаються величинами подачі, кутів у плані, діаметра фрези і радіуса вершини.

Проте дійсні розміри і форма мікронерівностей значно відрізняються від розрахункових. Це викликано спільною дією таких процесів, як пластична течія матеріалу із зони первинної деформації в бік вершин мікронерівностей; коливання деталі та інструменту під час різання; утворення і зриви наросту; зношування контактних ділянок інструменту та інші. Одним з найбільш активних процесів є наростоутворення. Його вплив на формування мікронерівностей можна охарактеризувати наступним чином. У результаті адгезійної взаємодії на контактних ділянках утворюється нарід. Поступово він збільшує свої розміри і все більше проникає в оброблювану заготовку нижче нормальної лінії зрізу.

Це збільшує опір проникненню, зароджується тріщина руйнування.

При руйнуванні наросту він поділяється на три частини - одна з них міцно скріплена із стружкою і уноситься з нею, друга залишається на передній поверхні і служить основою для формування нового наросту, а третя залишається на обробленій поверхні і впливає на розташування та розміри мікронерівностей, утворюючи характерну лускатість.

Наростоутворення в значній мірі пояснює вплив швидкості різання на шорсткість. При малих швидкостях різання, коли наріст відсутній, висота мікронерівностей невелика.

При збільшенні швидкості висота наросту зростає, і разом з нею зростає висота мікронерівностей, досягаючи максимуму в зоні найбільш інтенсивного наростоутворення.

Далі наріст зменшується, викликаючи зменшення шорсткості. Після зникнення наросту відзначається її подальше зниження, що обумовлено зменшенням обсягу пластичної деформації з середнього коефіцієнта тертя на ділянках контакту. Якщо оброблюваний матеріал не схильний до наростоутворення, висота мікронерівностей монотонно зменшується із зростанням швидкості різання, хоча ступінь цього зменшення і невелика.

Коли швидкість різання досягає 120-150 м/хв, вона в більшості випадків практично перестає впливати на шорсткість.

Подача, кути в плані, діаметр фрези, радіус вершини впливають на висоту мікронерівностей, як показано в формулах (1) - (5): при зменшенні подачі, кутів φ і φ_1 і збільшенні радіуса r_1 діаметра D_φ шорсткість зменшується. Слід зазначити, що, крім суто геометричного впливу, тут дається взнаки дія цих параметрів на наростоутворення.

Глибина різання (ширина зрізу) і передній кут інструменту значного впливу на висоту мікронерівностей не роблять. З підвищенням твердості і міцності оброблюваного матеріалу і зниженням його пластичності шорсткість зменшується внаслідок зниження середнього коефіцієнта тертя та обсягу пластичної деформації і меншої інтенсивності наростоутворення.

Вплив технологічного середовища на шорсткість обробленої поверхні проявляється в першу чергу в зміні інтенсивності наростоутворення і величини середнього коефіцієнта тертя внаслідок утворення на контактних ділянках інструменту мастильних плівок. У результаті їх часткового або повного зникнення при високих швидкостях різання дія технологічного середовища слабшає, а відмінності в характері різних середовищ зникають.

Будова профілометра та принцип його роботи

На плиті 1 (рис. 5) встановлена і жорстко закріплена колонка 5, всередині якої знаходиться ходовий гвинт, що переміщає кронштейн 4. Обертання гвинта здійснюється маховичком 6. До кронштейна 4 кріпиться привід 7, в штоку 17 якого встановлюється на шарнірі датчик-механотрон 3. На шупі датчика закріплена алмазна голка з радіусом закруглення 10 мкм і твердосплавна опора. Переміщення по вимірюваній поверхні здійснюється

приводом. Датчик і привід кабелями з'єднуються з електронним блоком 10. На передній панелі блоку розташований показуючий прилад 14, тумблер включення мережі 15, сигнальні лампи 11 і 16, перемикач меж вимірювань 13, кнопка пуску ходу датчика 12.

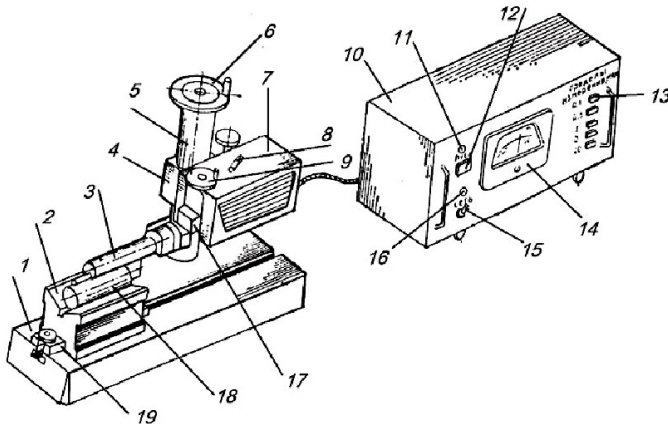


Рис. 4 – Профілометр

Робота на профілометрі здійснюється наступним чином. Деталь 18 встановлюється в призмі 2, яка кріпиться до плити 1 двома затискними гвинтами 19. Прилад включається в мережу тумблером 15, після включення повинна спалахнути сигнальна лампа 16. Кронштейн 4 із приводом 7 і датчиком 3 підводиться до деталі маховичком 6 і опускається на вимірювану поверхню деталі маховичком 9 до тих пір, поки не співпаде трикутні значки на планці датчика і штока 17 приводу. Після цього положення датчика стопориться. На перемикачі меж вимірювання натискається кнопка передбачуваного діапазону шорсткості вимірюваної поверхні. Важелем 8, розташованим на приводі, встановлюється необхідне відсічення кроку. При цьому слід враховувати, що переміщення датчика при відсіченні кроку 0,25мм дорівнює 2мм, а при відсіченні кроку 0,8 мм - 6,4 мм. Натискається кнопка 12 пуску ходу датчика, при цьому повинна загорітися сигнальна лампа 11, яка свідчить про рух датчика.

Після зупинки датчика (сигнальна лампа згасне) проводиться відлік величини R_a за шкалою показуючого приладу 14. В тому випадку, коли стрілка приладу йде за межі шкали або не доходить до робочої ділянки, необхідно вибрати більш високу або більш низьку межу вимірювання, натиснути відповідну кнопку на електронному блоці і повторити вимір.

Попередня перевірка роботи профілометра проводиться по еталонному зразку шорсткості, що входить в комплект приладу.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитися з обладнанням і приладами.
2. Перевірити заготовки для проведення експериментів на токарно-гвинторізному верстаті. Заготовка представляє набір дисків рівного діаметра і товщини, закріплених на оправці зі шпонкою. Між дисками встановлені розпірні втулки, затиск проводиться гайкою. На торцях дисків промарковані номери. До початку дослідів диски проточують при постійному режимі різання, забезпечуючи рівність їх діаметрів, щоб виключити вплив попередньої обробки на формування мікронерівностей. Глибина різання приймається постійною.
3. Виміряти кути різця. Різці мають однакові геометричні параметри за винятком кутів у плані. Величина кутів контролюється вимірвальними приладами.
4. Підрахувати частоти обертання заготовки (об/хв.) за формулою $n=1000V/\pi D$ (D - діаметр диска) для швидкостей: $V \approx 2, 20, 50, 100, 150$ м/хв., підібрати найближчі наявні на верстаті частоти обертання шпинделя та підрахувати дійсні значення швидкостей різання, потрібних при дослідіах.
5. Обточити диски №1-№4 (дослід №1) при постійній швидкості різання $V \approx 100$ м/хв, подачі $S=0,52$ мм/об, допоміжному куті в плані $\varphi_1=10^\circ$, послідовно замінюючи різці з головними кутами в плані: $\varphi=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$.
6. Обточити диски №5-№8 (дослід №2) при постійних швидкості різання $V \approx 100$ м/хв, подачі $S=0,52$ мм/об, головному куті в плані $\varphi=45^\circ$, послідовно замінюючи різці з допоміжними кутами в плані: $\varphi_1=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$.
7. Обточити диски №9-№12 (дослід №3) при постійних швидкості різання $V \approx 100$ м/хв., головному куті в плані $\varphi=45^\circ$, допоміжному куті $\varphi_1=10^\circ$, послідовно змінюючи значення подач: $S=0,14; 0,26; 0,52; 0,95$ мм/об.
8. Обточити диски №13-№16 (дослід №4) при постійних швидкості різання $V=100$ м/хв., подачі $S=0,52$ мм/об, кутах в плані $\varphi=45^\circ, \varphi_1=10^\circ$, замінюючи різці з радіусами при вершині: $r=0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ мм.
9. Обточити диски №17-№20 (дослід №5) при постійній подачі $S=0,52$ мм/об, головному куті різця в плані $\varphi=45^\circ$, допоміжному - $\varphi_1=10^\circ$, змінюючи значення швидкостей різання: $V=2, 20, 50, 100, 150$ м/хв., шляхом зміни відповідно частот обертання верстата.
10. Визначити шорсткість поверхонь всіх дисків. Виміри проводяться в трьох перерізах кожного диска.
11. Умови кожного досліду та результати вимірювань значення R_{av} трьох перерізах разом з підрахованим середнім значенням величини $R_{занести}$ в Таблицю 1.
12. Побудувати графіки залежності, Ra від: головного кута в плані φ ; допоміжного кута в плані φ_1 ; подачі S ; радіуса при вершині різця r ; швидкості різання V .

Таблиця 1

№ досліди в	№ диски в	V, м/хв .	n, об/хв .	S, мм/о б	φ, град .	φ ₁ град .	r, м м	R _α , мкм	Сер.зн · R _α , мкм
1	1	100		0,52	30	10	-		
	2								
	3								
	4								
2	5	100		0,52	45	0	-		
	6								
	7								
	8								
3	9	100		0,14	45	10			
	10			0,26					
	11			0,52					
	12			0,95					
4	13	100		0,52	45	10	0,5		
	14						1,0		
	15						1,5		
	16						2,0		
5	17	2		0,52	45	10	-		
	18	20							
	19	50							
	20	100							

13. Визначити розрахункову висоту мікронерівностей за формулами (1) - (4) та порівняти з експериментальною (при цьому слід приймати $R_a \approx 0,25 R_z$). Для теоретичного дослідження впливу швидкості різання V на параметр R_z , перетворимо вираз (1) до наступного вигляду:

$$h = R_z = \frac{S_m \cdot \pi \cdot D \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{1000 \cdot V \cdot \sin(\varphi + \varphi_1)}$$

де S_m - хвилинна подача, мм/хв. Хвилинна подача $S_m = 72,8$ мм/хв.

14. Перевірити заготовки для проведення експериментів на горизонтально-фрезерному верстаті. При фрезеруванні заготовка для проведення експериментів представляє гребінцеву поверхню (рис. 5). На торцях виступів маркуються номери. Кожен дослід виконується на одному з виступів. При почерговому виконанні дослідів та переході з одного виступу на інший їх номери необхідно фіксувати і разом з умовами проведення дослідів заносити до Таблиці 2. Перед початком роботи поверхня фрезерується при

постійному режимі різання, щоб виключити вплив попередньої обробки на формування мікронерівностей.

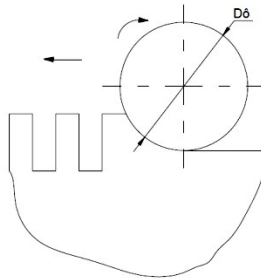


Рис.5 – Схема заготовки

15. Виконати фрезерування гребінців №1-№5 при постійній швидкості різання $V = 55$ м/хв і подачі $Sz=0,05$ мм/зуб, послідовно замінюючи фрези діаметрами: $D_\phi = 63, 80, 100, 125, 160$ мм.

16. Виконати фрезерування гребінців №6-№10 при постійній швидкості різання $V = 55$ м/хв і діаметрі фрези $D_\phi = 100$ мм, послідовно змінюючи подачу: $Sz = 0,05; 0,12; 0,2; 0,3; 0,4$ мм / зуб.

Таблиця 2

№ дослідів	№ диски	$V, \text{ м/хв}$	$n, \text{ об/хв}$	$Sz, \text{ мм/зуб}$	$D_\phi, \text{ мм}$	$R_a, \text{ мкм}$
1	1	55		0,05	63	
	2					
	3					
	4					
	5					
2	6	55		0,05	100	
	7			0,12		
	8			0,2		
	9			0,3		
	10			0,4		
3	11	55		0,12	100	
	12	68				
	13	145				
	14	170				
	15	210				

17. Виконати фрезерування гребінців №11-№15 при постійній подачі $Sz = 0,12$ мм/зуб і діаметрі фрези $D_\phi = 100$ мм, $z = 12$, послідовно змінюючи швидкість різання $V = 55; 68; 145; 170; 210$ м/хв.

18. Визначити шорсткість поверхонь всіх гребінців.

19. Умови кожного досліду та результати вимірювань значення Ra занести в Таблицю 2.

20. Побудувати графіки залежності, Ra від: діаметра фрези D_ϕ ; подачі на зуб; швидкості різання V .

21. Визначити розрахункову висоту мікронерівностей за формулою(5) та порівняти з експериментальною (при цьому слід приймати $Ra \approx 0,25 R_z$). Для теоретичного дослідження впливу швидкості різання V на параметр R_z при фрезеруванні, перетворимо вираз (5) до наступного вигляду:

$$R_z = \frac{S_m^2 \pi^2 D_\phi}{4 \cdot 10^6 V^2 Z^2}$$

де S_m - хвилинна подача.

У даній серії експериментів прийняти $S_m=182$ мм/хв.

22. Визначити розрахункову висоту мікронерівностей за формулою(5) та порівняти з експериментальною (при цьому слід приймати $Ra \approx 0,25 R_z$). Для теоретичного дослідження впливу швидкості різання V на параметр R_z при фрезеруванні, перетворимо вираз (5) до наступного вигляду:

$$R_z = \frac{S_m^2 \pi^2 D_\phi}{4 \cdot 10^6 V^2 Z^2}$$

де S_m - хвилинна подача.

У даній серії експериментів прийняти $S_m=182$ мм/хв.

23. Скласти звіт наступного змісту:

- тема та мета роботи;
- обладнання, інструмент, заготовки;
- таблиці з умовами проведення дослідів та результатами вимірювань величини шорсткості;
- графіки залежностей та - результати порівняння експериментальних і розрахункових значень Ra ;
- висновки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризувати параметри шорсткості.
2. Якими величинами визначаються розрахункові нерівності при точінні та фрезеруванні?
3. Якими процесами викликані відмінності між дійсними розмірами і формою мікронерівностей та розрахунковими.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

Тема: ОБРОБКА ОТВОРІВ НА СВЕРДІЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ

Мета: вивчити типові способи обробки отворів, інструмент, що при цьому застосовується, основні типи свердильних верстатів; навчитися вибирати режими різання процесів обробки отворів; набути навички роботи на вертикально-свердильних верстатах.

Обладнання: вертикально - свердильний верстат, свердло, зенкер, розгортка, заготовка.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Обробка заготовок на свердильних верстатах - розповсюджений метод отримання отворів з різною точністю розмірів і шорсткістю поверхні. Процес різання здійснюється за рахунок обертального руху інструмента або заготовки (головного руху) і одночасного переміщення інструмента вздовж осі (руху подачі).

Свердління і розсвердлювання (рис.1, *a-b*) - найбільш розповсюджені способи отримання отворів у суцільному матеріалі, а також подальшої обробки отворів, попередньо виготовлених у литих або кованих заготовках. Свердління забезпечує обробку отворів за 11–12 квалітетом точності із шорсткістю поверхні Ra 12,5...3,2 мкм.

Зенкерування (рис.1, *в*) – процес обробки отворів, отриманих литтям, ковкою, штамповкою або попередньо просвердлених з метою поліпшення чистоти поверхні, підвищення точності, а також підготовки отвору до наступного розвертання. Зенкерування забезпечує точність отворів у межах 9–11 квалітетів із шорсткістю поверхні Ra 6,3...3,2 мкм.

Розвертання (рис.1, *г*) є чистою, здебільшого остаточною обробкою точних отворів. Розвертання забезпечує обробку отворів за 7-8 квалітетом точності із шорсткістю поверхні Ra 2,5...0,63 мкм. При розвертанні знімається припуск значно менший, ніж при зенкеруванні. Він дорівнює 0,15...0,5 мм на сторону для чорнових розверток і 0,05...0,15 мм – для чистових.

Нарізання різьби (рис.1, *д*) в отворах на свердильних верстатах проводять машинними мітчиками.

Зенкування та цекування (рис.1, *e-u*) – процес одержання циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів (зенківками) та обробка торцевих поверхонь підгайки, шайби та ін. (торцевими зенкерами).

При нарізанні різьби в глухих отворах верстат повинен мати пристрій для реверсивного (зворотного) обертання шпинделя для викручування гайкоріза з нарізаного отвору. З цією метою застосовують також спеціальні патрони, що дають змогу змінювати напрям обертання гайкоріза без зміни напрямку обертання шпинделя верстата.

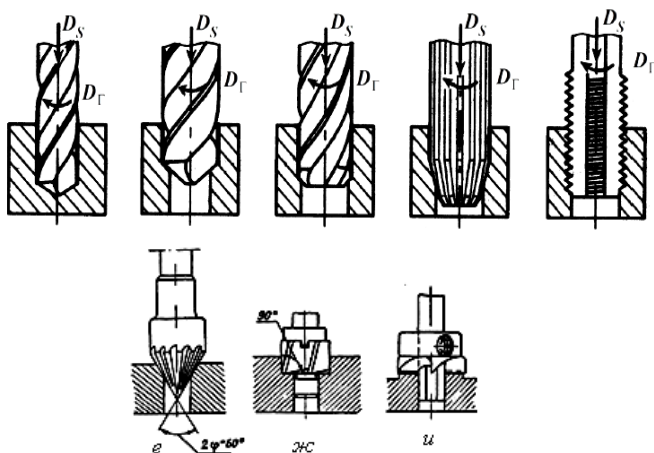


Рис. 1- Схеми одержання і обробки отворів на свердильних верстатах

Найбільш поширеною схемою обробки отворів свердлами, зенкерами, розвертками є така, коли головний рух надається інструменту. Однак при цьому вісь отвору може відхилитися вбік. Це відхилення зростає із збільшенням глибини отвору. Тому при свердлінні глибоких отворів, у яких глибина перевищує діаметр у 5 і більше разів, обертового руху надають заготовці, а поступального – свердлу. При цьому відхилення осі отвору вбік значно зменшується.

Різальний інструмент

1. Свердла

Свердла виготовляють діаметром від 0,1 до 200мм. Розрізняють такі основні типи свердел:

- *перові* (рис.2, а), що являють собою стержень або закріплену в оправці пластинку з ріжучими кромками, заточеними під кутом $\varphi = 80...150^\circ$. Застосовують їх рідко, в основному для свердління отворів у твердих поковках і виливках і для обробки ступінчастих отворів;

- *спіральні*(рис.2, б), які широко застосовують при роботі на свердильних та інших верстатах для отримання отворів. Величина кута між головними ріжучими кромками, утвореними перетином передніх і задніх поверхонь, при обробці сталі і чавуну приймається $2\varphi = 118^\circ$, для свердління м'яких і в'язких матеріалів (алюмінію, магнію) $2\varphi = 80...90^\circ$, для свердління твердих і крихких матеріалів – $2\varphi = 130...140^\circ$.

Для свердління отворів у твердому чавуні, загартованій сталі і інших матеріалах підвищеної твердості великого поширення набули спіральні свердла, оснащені пластинками з твердих сплавів, що дає змогу значно підвищувати режими різання і продуктивність праці.

-свердла для глибокого свердління (рис.2, в), що використовуються при свердлінні отворів діаметром до 80мм, глибина яких перевищує діаметр в 5 і більше разів;

- центрувальні (рис.2, г), які служать для одержання центрових отворів у деталях машин, що обробляються в центрах на токарних верстатах;

- свердла для кільцевого свердління(рис.2, д), що застосовуються при свердлінні глибоких отворів діаметром від 90 до 200мм. При кільцевому свердлінні в стружку відходить тільки вузька кільцева частина матеріалу, а серцевина залишається суцільною і може бути використана.

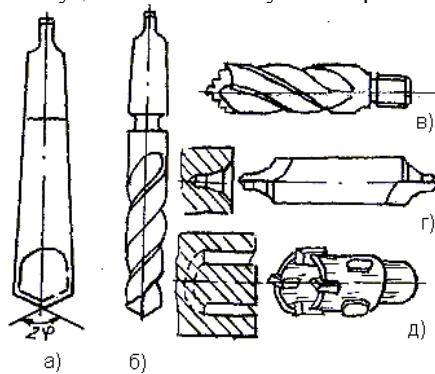


Рис.2 - Свердла

2. Зенкери

Залежно від призначення розрізняють такі основні типи зенкерів:

- спіральні (рис.3, а, б), що застосовують для обробки наскрізних отворів;

- циліндричні - з напрямною цапфою (рис.3, в), які служать для обробки торцевих площин або отворів під циліндричні головки гвинтів;

- конічні (зенківки)(рис.3, г) що застосовують для зенкування.

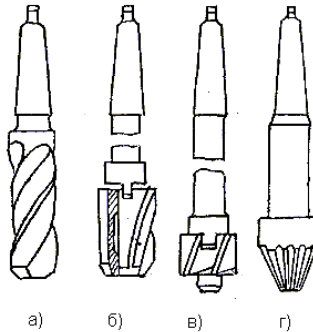


Рис.3- Типи зенкерів

За способами кріплення розрізняють зенкера хвостові(рис.3, а) і

насадні (рис.3, б).

Зенкери виготовляють суцільними, з напаяними пластинками та збірними з вставними ножами. Наявність більшої кількості зубців у порівнянні з свердлом підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і чистоту їх поверхні.

3. Розвертки

В залежності від способу застосування розвертки поділяються на ручні і машинні.

За конструктивними особливостями розвертки поділяються на хвостові (рис.4, а), насадні (рис.4, б), суцільні та з вставними ножами.

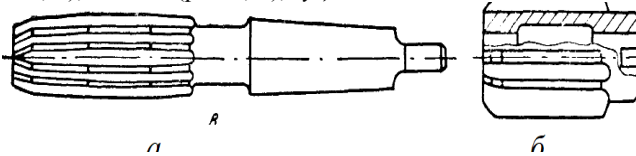


Рис.4- Розвертки

За формою оброблюваного отвору розрізняють розвертки *циліндричні*, *конічні* і *ступінчасті*.

Розвертка складається з *робочої частини*, *шийки* і *хвостовика*. В робочу частину входять ріжуча і калібрувальна частини. Різальна частина виконує основну роботу різання. Кут $\varphi=1...2^\circ$ для ручних розверток, а у машинних для обробки крихких і твердих матеріалів $\varphi=3...5^\circ$, для в'язких матеріалів – $\varphi=12...15^\circ$.

Калібрувальна частина спрямовує розвертку в отворі, надає йому потрібної точності і шорсткості поверхні. Число зубців розверток від 6 до 12 і більше.

Режими різання

При свердлінні глибина різання дорівнює половині діаметра отвору:

$$t = D/2, \text{ мм},$$

При розсвердлюванні, розвертанні і зенкеруванні глибина різання:

$$t = (D - d)/2, \text{ мм},$$

де D - діаметр отвору після обробки, мм; d - діаметр отвору до обробки, мм.

Величину подачі при свердлінні визначають за емпіричною формулою:

$$S = C \cdot D^{0,6}, \text{ мм/об},$$

де C - коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що обробляється, точності і шорсткості поверхні отвору. Значення C беруть з довідників.

При зенкеруванні величина подачі приймається приблизно в 2...2,5 разів більша, ніж при свердлінні. Залежно від оброблюваного матеріалу, діаметра зенкера і точності отвору вона змінюється в межах від 0,2 до 3,4 мм/об.

При розвертанні величина подачі може змінюватися від 0,2 до

7,5мм/об. При чистовому розвертанні точних отворів подача не повинна перевищувати 1...1,5 мм/об.

Швидкість різання при обробці отворів:

$$V = \pi Dn / 1000, \text{ м/хв,}$$

де D - діаметр різального інструменту, мм; n - число його обертів за хвилину.

Свердлильні верстати

Свердлильні верстати поділяються на такі основні типи:

1. Вертикально-свердлильні - найбільш поширені верстати (рис.5), що застосовуються в одиничному і серійному виробництві. Основною характеристикою їх є найбільший діаметр отвору, який можна свердлити на них в сталі середньої твердості. Цей діаметр в сучасних вертикально-свердлильних верстатах складає 6, 12, 18, 25, 35, 50 і 75мм.

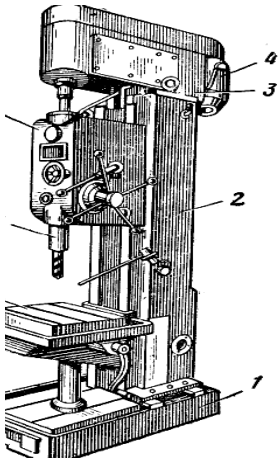


Рис.5 - Вертикально-свердлильний верстат моделі 2A150 моделі

пристрої – кондуктори.

Ріжучі інструменти з конічним хвостовиком (свердла, зенкери, розвертки) закріплюють у шпинделі верстата або безпосередньо (рис.6, а), або через перехідну втулку (рис.6, б), якщо розмір конуса хвостовика інструмента менше конусного отвору шпинделя, а також за допомогою патронів. На рис.6, в показаний швидко змінний патрон, який дозволяє замінити інструмент на ходу верстата.

2. Радіально-свердлильні верстати (рис.7) використовують для обробки отворів у великогабаритних і важких заготовках, установка і

переміщення яких на столі вертикально-свердильних верстатів важка або неможлива. Заготовка, закріплена на столі радіально-свердильного верстата, залишається нерухомою, а шпindel із свердлом переміщається щодо неї і встановлюється в потрібному положенні.

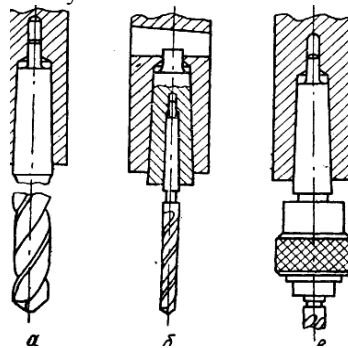


Рис.6- Способи закріплення інструментів у шпинделі свердильного верстата

На фундаментній плиті 1 встановлена кругла тумба 2 з нерухомою колоною, на яку надіта гільза 3, що має можливість повертатися навколо колони. На гільзі закріплена траверса, що переміщається у вертикальному напрямку за допомогою допоміжного електродвигуна і гвинта 4. Поворот колони з траверсою здійснюється механічно або вручну. Траверса 5 має горизонтальні направляючі, по яких переміщається бабка шпинделя 6 з коробкою швидкостей, коробкою подач і шпинделем 7. Оброблювану заготовку встановлюють або на фундаментній плиті, або на столі верстата. Завдяки тому, що бабка шпинделя із шпинделем може переміщатися в горизонтальному напрямку уздовж траверси, а також разом з нею навколо колони, створюється можливість обробки отворів, розташованих у будь-яких місцях заготовки. Для фіксації головки шпинделя при свердлуванні закріплюють гільзу на колоні, траверсу на гільзі і головку шпинделя на траверсі.

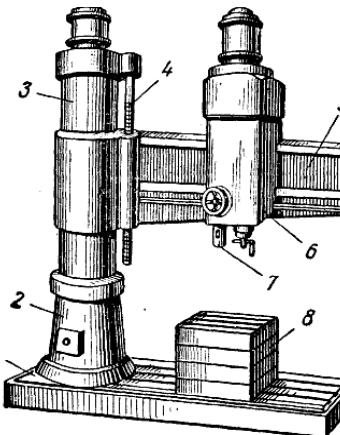


Рис.7 - Радіально-свердильний верстат моделі 2A53

3. Багатошпindelні свердильні верстати мають кілька шпindelів, взаємне розташування яких може бути постійним або змінюватися залежно від оброблюваної деталі. Ці верстати широко застосовуються в серійному і масовому виробництві.

4. Горизонтально-свердильні верстати – застосовуються для

свердлення глибоких отворів. В цих верстатах обертається оброблювана деталь, а свердло має лише поздовжню подачу.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити методи, інструмент та технологію обробки отворів на свердильних верстатах.
2. Ознайомитись з конструкцією, принципом роботи, призначенням рукояток управління вертикально-свердильного верстата.
3. Виконати розрахунки режиму різання при свердлінні, зенкеруванні та розвертанні за заданими викладачем вхідними даними.
4. Виконати обробку отворів свердленням, зенкеруванням, розвертанням.
5. Оформити звіт наступного змісту:
 - Тема та мета роботи;
 - Обладнання;
 - Схеми обробки поверхонь на свердильних верстатах;
 - Розрахунки режимів різання за вказаними даними;
 - Описання ходу та результатів виконаної роботи по обробці отворів;
 - Висновки про роботу.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Методи обробки отворів.
2. Верстати, інструмент для обробки отворів.
3. Операції, які виконуються на свердильних верстатах.
4. Особливості обробки глибоких отворів.
5. Точність і якість поверхні отворів, оброблених різними способами.
6. Елементи режиму різання при свердленні, зенкеруванні, розвертанні.
7. Порядок призначення елементів режиму різання.
8. Особливості обробки отворів у великих та важких деталях.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи теорії різання матеріалів [Текст]: підручник для вищ. навч. закладів / М.П. Мазур., Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залога [і др.].— Львів: Новий Світ – 2000, 2010.- 422с.
2. Родин П.Р. Основы проектирования режущих инструментов[Текст]: учебник для студентов вузов /П.Р.Родин.– К.: Выща школа, 1990.- 424 с.
3. Металлорежущие инструменты[Текст]: учебник для студентов вузов / Г.Н.Сахаров, О.Б.Арбузов, Ю.Л.Боровой, В.А. Гречишников– М.: Машиностроение, 1989.-328 с.
4. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки[Текст]: учебник / Н.Н. Чернов – М.: Машиностроение, 1988.- 416 с.
5. Грановский Г.И.Резание металлов[Текст]/Г.И.Грановский, В.Г. Грановский– М.: Высш. школа, 1985.- 304 с.
6. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов[Текст] / В.Н. Подураев. – М.: Машиностроение, 1974. – 615 с.
7. Бондаренко С.Г. Основы технології машинобудування[Текст]: навчальний посібник / С.Г. Бондаренко. – Львів: Магнолія 2006, 2007. – 500с.
8. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту [Текст]/ Н.А. Нефедов, К.А. Осипов– М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
9. Ящерицын П.И. Теория резания, физические и тепловые процессы в технологических системах[Текст] /П.И.Ящерицын, Е.Э.Фельдштейн, М.Л. Еременко– Минск:Высшая школа, 1990. – 512 с.
10. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов[Текст] /В.Ф. Бобров – М.: Машиностроение, 1975. 344 с.
11. Резников А.И. Теплофизика процессов механической обработки материалов[Текст] /А.И.Резников – М.: Машиностроение, 1981. - 279 с.
12. Якимов А.В. Теплофизика механической обработки[Текст] /А.В.Якимов, П.Т. Слободяник, А.В. Усов.– К.:Одесса«Лыбидь», 1991. - 240с.
13. Металлорежущие станки [Текст] : учебник для машиностроительных вузов. / под ред. В.Э. Пуш. - М.: Машиностроение, 1986. - 586с.

ДОДАТОК

ТЕСТИ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- 1. Який тип стружки характерний для обробки різанням крихких матеріалів?**
А) суглобиста; Б) надлому; В) зливна; Г) елементна
- 2. Міцність та жорсткість механізму подачі верстата розраховують по силі:**
А) P_x ; Б) P_y ; В) P_z ; Г) P_{xy}
- 3. По якій складовій сили різання розраховують потужність, необхідну для здійснення процесу різання?**
А) P_x ; Б) P_y ; В) P_z ; Г) P_{xy}
- 4. Яку складову сили різання приймають за основу при визначенні прогину деталі, міцності та жорсткості окремих деталей верстата?**
А) P_x ; Б) P_y ; В) P_z ; Г) P_{xy}
- 5. Який тип різців застосовується при обточуванні ступінчастих валів?**
А) прямі прохідні; Б) упорні прохідні; В) відігнуті прохідні; Г) підрізні
- 6. Який тип різців застосовується при обточуванні торцевих поверхонь деталей?**
А) прямі прохідні; Б) упорні прохідні; В) відігнуті прохідні; Г) підрізні
- 7. Для обробки внутрішніх циліндричних поверхонь використовують різці:**
А) розточувальні; Б) підрізні; В) прохідні
- 8. Для підвищення точності отворів після свердління застосовують:**
А) зенкерування; Б) зенкування; В) розсвердлювання
- 9. Між якими площинами або поверхнями розташований кут загострення?**
А) передньою поверхнею і основною площиною;
Б) передньою поверхнею і площиною різання;
В) основною площиною і головною задньою поверхнею;
Г) п поверхнею і головною задньою поверхнею;
- 10. Наріст - це ущільнена маса частинок оброблюваного матеріалу, що схоплений з поверхнею різучої головки:**
А) задньою; Б) передньою; В) передньою та задньою
- 11. Товщина зрізаного шару – це відстань між двома послідовними положеннями поверхні різання заготовки, виміряне:**
А) по поверхні різання; Б) по перпендикуляру до поверхні різання
- 12. Ширина зрізаного шару – це відстань між обробленою та оброблюваною поверхнями заготовки, виміряне:**

- А) по поверхні різання; Б) по перпендикуляру до поверхні різання
- 13. Довжина стружки, знятої з обробленої поверхні:**
А) більше довжини обробленої поверхні; Б) менше довжини обробленої поверхні; В) дорівнює довжині обробленої поверхні
- 14. Між якими площинами або поверхнями розташований кут при вершині різця?**
А) головною поверхнею різання та допоміжною площиною різання;
Б) передньою поверхнею і площиною різання;
В) основною площиною і головною задньою поверхнею;
Г) передньою поверхнею і головною задньою поверхнею
- 15. Основна площина:**
А) паралельна поздовжній і поперечній подачам та співпадає з опорною поверхнею різця;
Б) паралельна площині різання та співпадає з опорною поверхнею різця.
- 16. Який тип різців застосовується при обточуванні канавок в деталях?**
А) прямі прохідні; Б) упорні; В) прорізні; Г) підрізні
- 17. Із збільшенням головного кута у плані ϕ при точінні сила P_x :**
А) збільшується; Б) зменшується; В) залишається незмінною
- 18. Площина різання розташована по відношенню до основної площини:**
А) паралельно; Б) довільно; В) перпендикулярно
- 19. При збільшенні головного переднього кута (γ) деформація стружки в процесі її утворення:**
А) збільшується; Б) зменшується; В) не змінюється
- 20. Головні кути різця розглядаються:**
А) в площині різання; Б) в основній площині;
В) в головній січній площині

Навчально-методичне видання

РІЗАННЯ, МЕТАЛОРІЖУЧІ СТАНКИ ТА ІНСТРУМЕНТ

Лабораторний практикум

Укладачі *Ю.Ю.Жигуц, О.В.Габовда*

Тираж 15 пр.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції ДК № 4916 від 16.06.2015 р.

Редакційно-видавничий відділ МДУ, 89600, м.Мукачево, вул.Ужгородська, 26