

Міністерство освіти і науки України
Чернігівський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут технологій

Теорія різання

Методичні вказівки

до лабораторних занять з обов'язкової дисципліни

«Теорія різання»

для студентів за спеціальностями 133 – Галузеве машинобудування,
131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
«Автомобільного транспорту та
галузевого машинобудування»
Протокол №1
від 30.08.2019 р.

Чернігів ЧНТУ 2019

Теорія різання. Методичні вказівки до лабораторних занять з обов'язкової дисципліни «Теорія різання» для студентів за спеціальностями 133 – Галузеве машинобудування, 131 – Прикладна механіка / Укл.: Кологойда А.В., Сіра Н.М. Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 81 с.

Укладач:

Кологойда Антоніна Вікторівна,
старший викладач

Сіра Наталія Миколаївна
к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск:

Кологойда Антоніна Вікторівна,
старший викладач кафедри «Автомобільний транспорт та галузеве машинобудування»

Рецензент:

Следнікова Олена Сергіївна
кандидат технічних наук,
доц. каф. «Автомобільний транспорт та галузеве машинобудування»

ВСТУП

Методичні вказівки до лабораторних занять з курсу «Теорія різання» призначені для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів, які навчаються за освітньо-професійними програмами «Галузеве машинобудування» та «Технологія машинобудування».

Дисципліна «Теорія різання» належить до циклу професійної підготовки, вона базується на попередніх знаннях з фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплін, зокрема таких, як «Опір матеріалів», «Теоретична механіка», «Деталі машин», «Вища математика» тощо.

Метою дисципліни «Теорія різання» є формування у студентів базових теоретичних та практичних знань з природи і основних закономірностей процесів пластичного деформування поверхневого шару заготовки, що відокремлюється і перетворення його в стружку, утворення і формування обробленої поверхні на заготовці, зношення і затуплення різального інструменту, визначення методів оптимізації функціонування системи різання та працездатності і надійності різального інструменту.

Дисципліна ставить своїми задачами придбання студентами спеціальних знань з загальних принципів процесу різання металів.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1

ГЕОМЕТРІЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ

1.1 Мета заняття

Закріплення знань про основні поверхні і геометричні параметри різців різних типів; ознайомлення з методами виміру геометричних параметрів різців і приладами, які застосовують для цієї мети; придбання навичок розробки ескізів різців.

1.2 Короткі теоретичні відомості

Основні елементи і геометричні параметри різця

При обробці деталі різанням на ній розрізняють поверхні:

- оброблювану;
- оброблену;
- різання.

Оброблюваною поверхнею називають таку, котра зникає в процесі різання.

Обробленою поверхнею називають таку, яка утворюється в процесі обробки

Поверхнею різання називають поверхню, утворену різальним лезом у результаті його руху щодо деталі.

Різець складається з двох частин: стрижня і голівки. Голівка є робочою частиною різця, стрижень служить для базування і закріплення різця в різцетримачі.

Для того щоб різець був працездатний, його робоча частина повинна бути обмежена поверхнями:

- передньою;
- задньою;
- допоміжною задньою.

По передній поверхні сходить стружка.

Головна задня поверхня звернена до поверхні різання.

Допоміжна задня поверхня звернена до обробленої поверхні.

Перетинання передньої і задньої поверхні утворює головне різальне лезо, а перетинання передньої і задньої допоміжної поверхні утворює допоміжне різальне лезо. Між головними і допоміжними різальними лезами може розташовуватися перехідне лезо, що утворене перетинанням передньої поверхні з перехідною задньою поверхнею.

Геометрію інструмента різальним прийнято розглядати в:

- статичній системі координат, яка зручна для виготовлення, заточення і контролю;
- кінематичній системі координат, яка реалізується в процесі різання, коли при незмінній формі інструмента геометричні параметри можуть змінюватися в залежності від режиму різання й установки інструмента щодо оброблюваної деталі.

Для визначення кутів, що характеризують геометрію інструмента в процесі різання, а також при його проектуванні і заточенні, вводять поняття про координатні площини: у кінематичній і статичній системах координат - площини січні, різання й основну площину. У цих трьох площинах визначають кути частини, що ріже.

Площиною різання називається площина, дотична до поверхні різання (і до леза), яка вбирає вектор дійсної швидкості різання (рис. 1.1). Якщо лезо прямолінійне, воно лежить у площині різання.

Основна площина це площина, перпендикулярна векторові швидкості різання.

При визначенні статичних кутів інструмента умовно приймають, що подача інструмента відсутня. Для різців у статиці основна площина 2 звичайно збігається з його базовою, на яку він встановлюється в різцетримачі токарного верстата, і містить вектори подовжньої і поперечної подач. Ця площина використовується як вимірювальна база при контролі різця. Площина рі-

зання I проходить через різальне лезо перпендикулярно до основної площини 2.

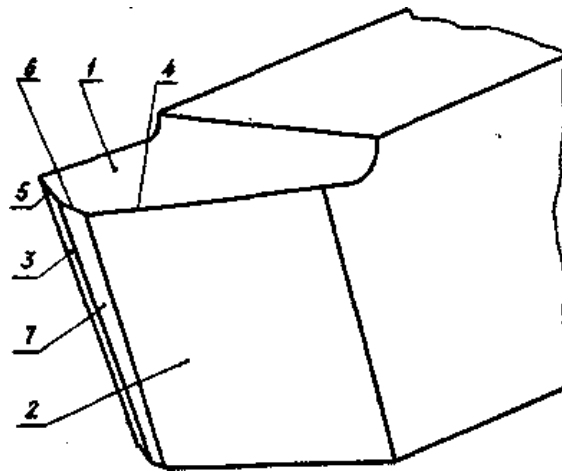


Рисунок 1.1 – Основні поверхні різальної частини

У всякого різця розрізняють головні і допоміжні кути. Головні кути вимірюють у головній січній площині N (рис. 1.2).

Головна січна площина перпендикулярна до проекції леза на основну площину (NN – слід цієї площини, рис. 1.3). Якщо лезо криволінійне, то геометрію розглядають у нормальній перетині до дотичного в даній крапці до проекції леза на основну площину.

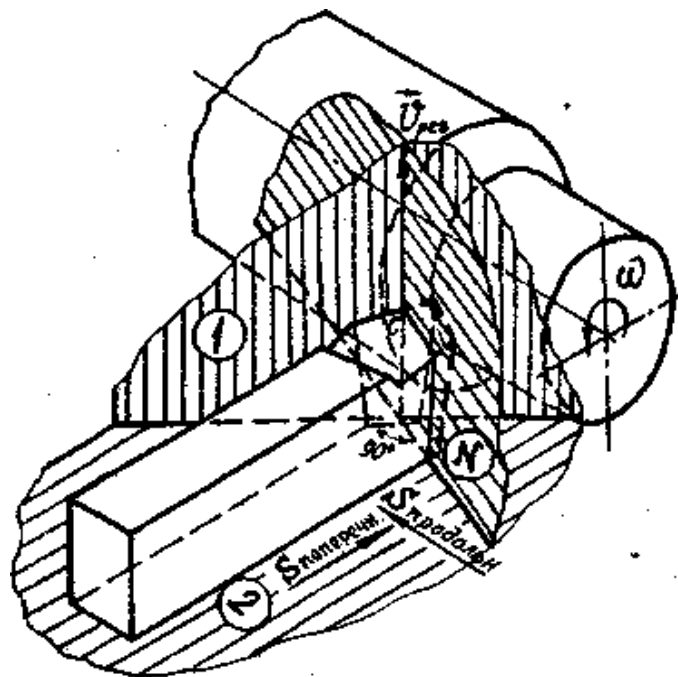


Рисунок 1.2 – Положення координатних площин різця

До головних кутів відносять:

- головний задній кут α – це кут між головною задньою поверхнею і площиною різання (рис. 1.3);
- передній кут γ – це кут між передньою поверхнею різця й основною площиною.

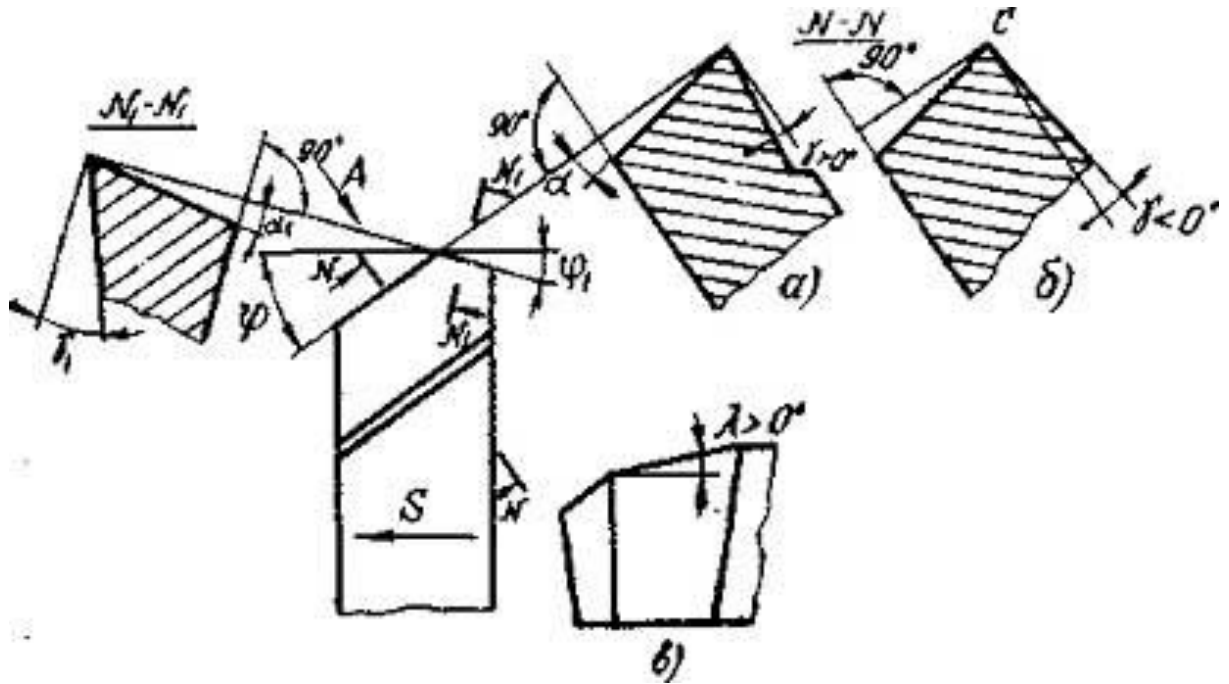


Рисунок 1.3 – Кути різальної частини різця

Задній кут завжди повинний бути позитивним, тому що в противному випадку лезо різця не торкнеться поверхні різання. Передній кут може мати позитивне і негативне значення (рис.1.3, а,б).

Аналогічні допоміжні кути вимірюються в допоміжній січній площині, яка перпендикулярна до проекції допоміжного леза на основну площину.

Крім розглянутих кутів, на різальній частині указують кути в плані і кут нахилу головного різального леза. Кути в плані вимірюють в основній площині.

Головний кут у плані φ – кут між проекцією головного різального леза на основну площину і напрямком подачі.

Допоміжний кут у плані φ_1 – кут між проекцією допоміжного різального леза на основну площину і напрямком зворотним подачі.

Різальне лезо може перетинати основну площину або збігатися з нею. Кут λ між головним різальним лезом і основною площиною називають кутом нахилу головного різального леза. Кут вважають позитивним, якщо вершина різця – сама нижня точка різального леза.

1.3 Методика виконання роботи

Лабораторне устаткування: різці різних типів – 3 шт.; кутоміри – 2 шт.; штангенциркуль; лінійка; шаблони.

При проведенні роботи потрібно кожному з різців дати характеристику і виконати їхні ескізи. На ескізах показати габаритні розміри різця та позначити всі його кути. Виміряти кути за допомогою кутомірів або шаблонів. Числове значення кутів занести у відповідну таблицю протоколу. Габаритні розміри різців вимірювати за допомогою штангенциркуля і лінійки з точністю ± 1 мм. Кути різців вимірювати за допомогою кутомірів: транспортного, настільного МИЗ, настільного ЛМТ, маятникового, кутомірів УН, УМ і ін., а також за допомогою шаблонів. Кути різців α , γ , β , δ , λ . вимірювати з точністю $\pm 1^\circ$; φ , ε , φ_1 – з точністю $\pm 2^\circ$; α_1 і φ_1 у відрізних різців – з точністю $\pm 30'$.

Розглянемо пристрій деяких типів кутомірів.

Настільний кутомір МИЗ має плиту 1, на яку установлюють вимірюваний різець (рисунок 1.4). Скраю плити знаходиться вертикальний стрижень 2, на якому пересувається повзунок 3. За допомогою гвинта 4 цей повзунок може бути закріплений у будь-якому положенні. З повзунком з'єднаний сектор 5, з градусною шкалою. При вимірі кутів сектор установлюють у необхідній площині. На секторі мається поворотний вимірювальний важіль 6. Верхнє плече важеля має на кінці риску і ковзає по сектору шкали з діленням, а нижнє плече, важеля має дві взаємно перпендикулярні вимірювальні грані 7. Риска важеля показує нуль на градусному розподілі шкали сектора в тому випадку, коли одна вимірювальна грань знаходиться в горизонтальному положенні, а інша – у вертикальному.

При вимірі головних кутів площина сектора встановлюється перпендикулярно до головної різальної кромки. Для виміру переднього кута горизонтальна вимірювальна грань підводиться до зіткнення з передньою гранню різця і по рисці верхнього плеча важеля відраховується кількість градусів на шкалі сектора. При вимірі головного заднього кута вертикальна вимірювальна грань повертається до зіткнення з головною задньою гранню різця і на шкалі сектора відраховується показання в градусах по рисці поворотного важеля.

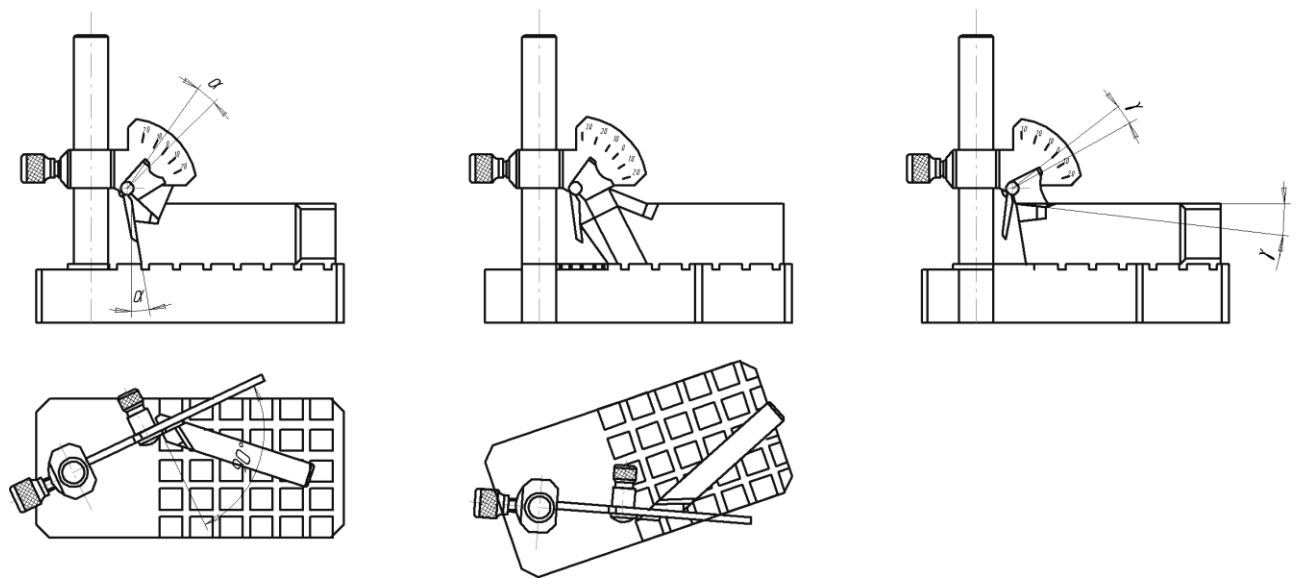


Рисунок 1.4 – Вимірювання кутів α і γ на кутомірі МІЗ

Після визначення головного переднього кута і головного заднього кута підраховують: кут різання – по формулі $\delta = 90^\circ - \gamma$,

кут загострення – по формулі $\beta = 90^\circ - \alpha - \gamma$.

Допоміжний задній кут α_1 вимірюють так само, як і головний задній кут, з тією різницею, що виміри знаходять в площині, яка перпендикулярна до допоміжної різальної кромки.

Для виміру кута нахилу головної різальної кромки, сектор приладу встановлюється в площині, що проходить через головну різальну кромку різця, при цьому горизонтальна вимірювальна грань опускається до повного зіткнення з нею. Величина кута відраховується на шкалі сектора.

Настільний кутомір КРИН (рис. 1.5) складається з основи з вертикальною стійкою, по шпонці якої переміщається вимірювальна голівка зі шкалою і вимірювальною лінійкою. За допомогою гвинта вимірювальна голівка закріплюється на будь-якій висоті над столом. Стіл може повертатися на стійці, необхідне положення його фіксується гвинтом тощо.

Вимірювальна лінійка має три ребра: I, II і III. При контролі кутів інструмента вони сполучаються без просвіту (чи з мінімальним рівномірним просвітом) з відповідною площиною інструмента. При положенні штриха лінійки напроти нульового штриха шкали ребро III паралельно робочій площині стола 1, а ребро I перпендикулярно до неї. Тому ребро III лінійки 2 використовується для виміру кутів між площиною інструмента і площиною столу, а ребро I – між площиною інструмента і площиною, перпендикулярної площині столу. Ребро II вимірювальної лінійки розташовано під кутом 45° до ребер I і II і призначено, головним чином, для виміру кутів, значення яких близько 45° , наприклад, кутів різця в плані.

При роботі на приладі площиною виміру є площина вимірювальної лінійки, площина шкали. Стіл повертається в зручне для роботи положення і закріплюється гвинтом. Опускаючи вимірювальну голівку і повертаючи вимірювальну лінійку, сполучають одне з її ребер з вимірюваною поверхнею інструмента в потрібному напрямку; гвинтами і закріплюють вимірювальну голівку і лінійку; по шкалі приладу відраховують значення контрольованого кута. Необхідно пам'ятати, що нульове значення вимірюваної величини не завжди відповідає нульовому показанню приладу. Тому варто мислено поставити вимірювальну лінійку в положення, що відповідає нульовому значенню вимірюваної величини; відповідне їй положення штриха покажчика на шкалі вважати за початок відліку кута. На справному приладі початком відліку служать розподілу шкали: 0 чи 45° .

Пряме призначення, приладу – вимір кутів заточення різця. У цьому випадку площина столу приладу є основною площиною, різець установлюється підставою на плиту. Однак, як і прилад МИЗ, він може бути використа-

ний для контролю геометричних параметрів інших інструментів, одну з координатних площин яких чи площину, перпендикулярну їм, можна сполучити із площиною столу приладу.

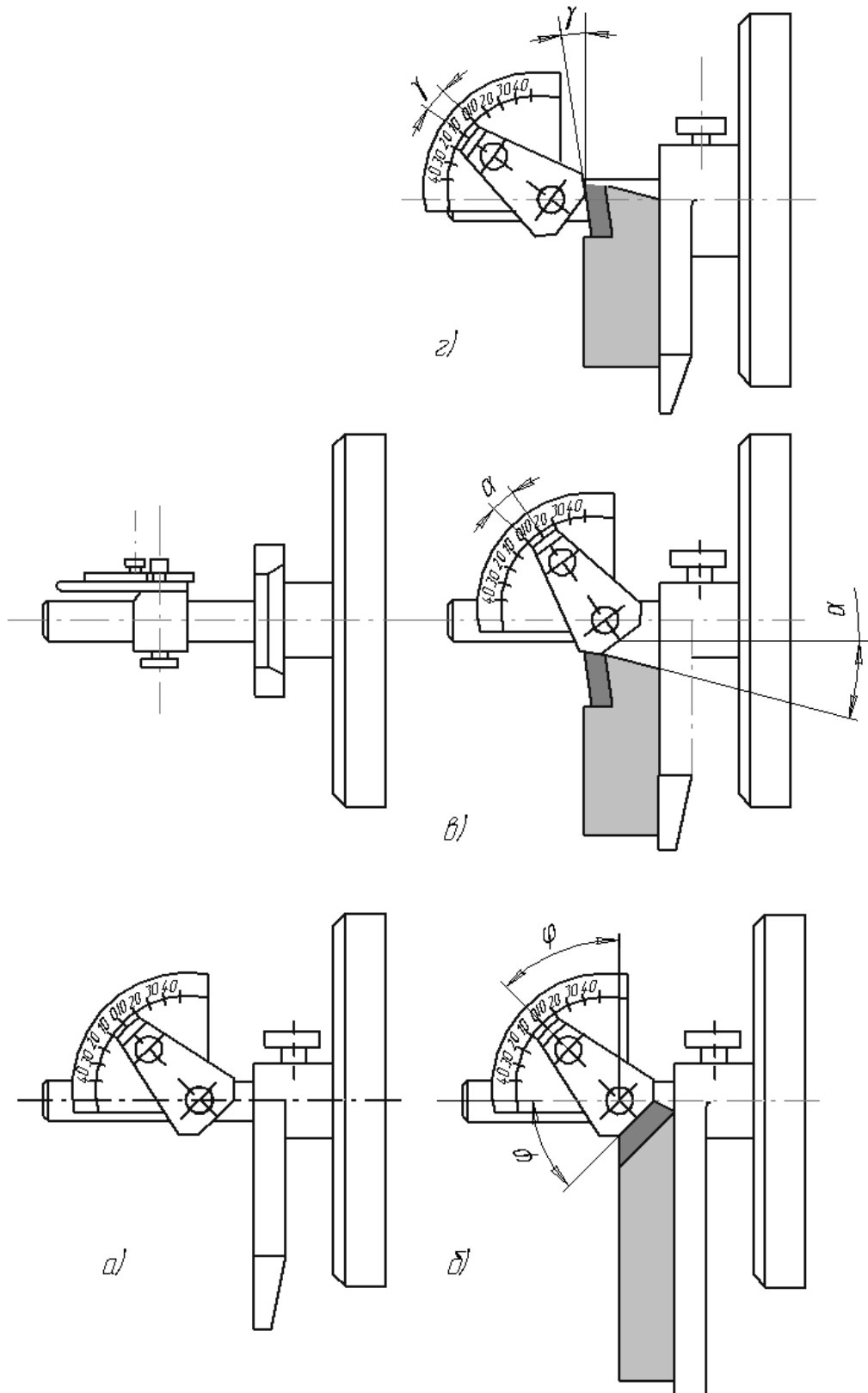


Рисунок 1.5 – Конструкція та вимірювання кутів кутоміром КРИН

Настільний кутомір ЛМТ служить для виміру всіх кутів різця (рис. 1.6). Він складається з плити 1 і вертикальної стійки 2. По ній переміщається повзун 3, на якому укріплені три сектори з вимірювальними шкалами і поворотними важелями. Верхнє плече поворотного важеля, що ковзає по розподілах шкали, має риску; нижнє плече – дві вимірювальні грані 4. Повзун із секторами при необхідності (після ослаблення фіксатора 6) може повертатися навколо осі стійки.

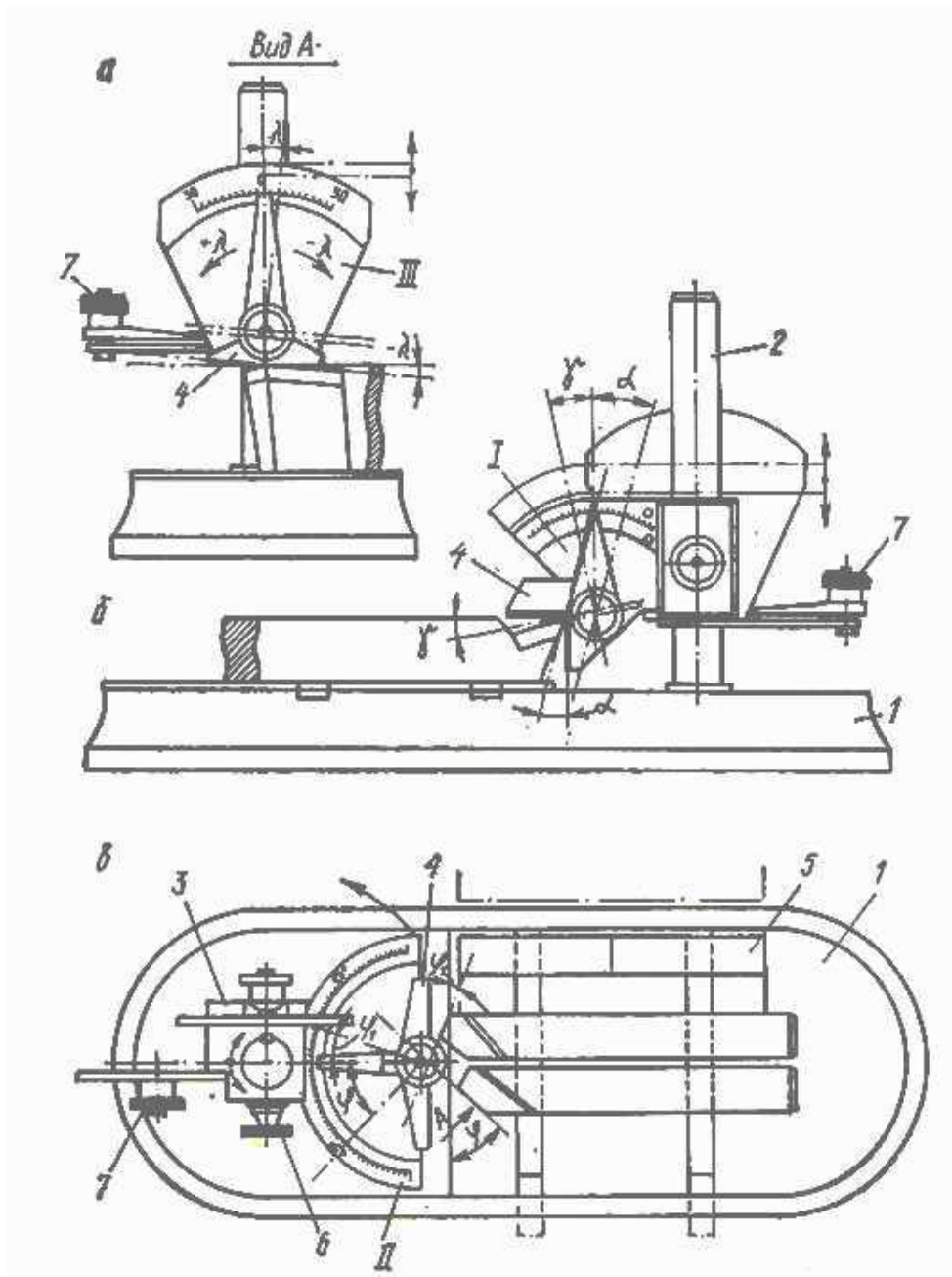


Рисунок 1.6 – Вимірювання кутів різця на універсальному кутомірі ЛМТ: а — вимір кута λ ; б — вимір кутів α і γ ; в — вимір кутів φ і φ_1 .

Фіксатор 6 утримує повзун при різних значеннях кутів повороту навколо осі стійки та в будь-якому положенні по висоті. Поворотні важелі мають гвинти 7, що дозволяють фіксувати їх у визначеному положенні при вимірі кутів різця. На плиті 1 мається пересувна направляюча лінійка 5, що служить для правильної установки різця при вимірі кутів у плані.

При вимірі головних кутів різця повзун повертається так, щоб площина сектора 1 (зі шкалою і поворотним важелем) була перпендикулярна до головної різальної кромки, тобто щоб ця площина була для різця головною січною. Для виміру головного переднього кута поворотний важіль установлюють так, щоб горизонтальна грань стикалася з передньою поверхнею різця. Риска покажчика на верхнім плечі важеля, відхиляючись від нуля, покаже величину кута. Задній кут вимірюють аналогічно передньому куту. У цьому випадку вертикальна вимірювальна грань доводиться до контакту без просвіту з головною задньою поверхнею (пластинкою різця). Риска на верхнім плечі важеля покаже по шкалі величину заднього кута.

При вимірі кутів у плані повзун повертається на стійці так, щоб підстава горизонтального сектора II стикалася без зазору з торцем пересувної направляючої лінійки, тобто була б перпендикулярна до осі різця. Потім вимірювальна грань повертається до положення паралельного напрямку проекції головної різальної кромки (куту в плані φ чи при вимірі допоміжного кута в плані φ_1). Відхилення риски верхнього плеча важеля від нуля шкали покаже величину вимірюваного кута.

Для виміру кута нахилу головної різальної кромки повзун повертається на стійці так, щоб сектор III і він знаходились в одній площині. Відхилення риски верхнього плеча поворотного важеля від нуля шкали сектора при сполученні горизонтальної вимірювальної грані з різальною кромкою різця покаже величину кута λ .

Маятниковий кутомір призначений для виміру кутів різальних інструментів різних видів. Його робота заснована на принципі дії маятника, на одній осі з яким укріплена стрілка. Стрілку фіксують за допомогою кнопки

гальма, яка розташована на корпусі кутоміра. При натисканні на кнопку стрілка може повертатися під дією ваги маятника.

Кругова шкала кутоміра з ціною розподілу 2° має чотири сектори по 90° . Кожен сектор градуирований від 0° до 45° і від 45° до 0° . До корпусу прикріплена вимірювальна лінійка. При установці ребра лінійки по горизонталі і при натисканні на кнопку стрілка займає вертикальне положення проти нульового поділу. При відхиленні ребра лінійки від горизонталі стрілка показує кут нахилу.

Для перевірки кутомір установлюють ребром лінійки на плиту, вивірену по горизонталі за допомогою рівня. Стрілка кутоміра повинна показувати нуль. Якщо стрілка не встановлюється на нуль, то кутомір потрібно відрегулювати.

Різальний інструмент при вимірі встановлюють базовою поверхнею на плиту або затискають у центрах. Потім ребро вимірювальної лінійки кутоміра прикладають до поверхні, що визначає вимірюваний кут, і натискають на кнопку гальма. Після припинення коливань стрілки відпускають кнопку і відраховують по шкалі показання. На рисунку 1.7 показані приклади застосування кутоміра.

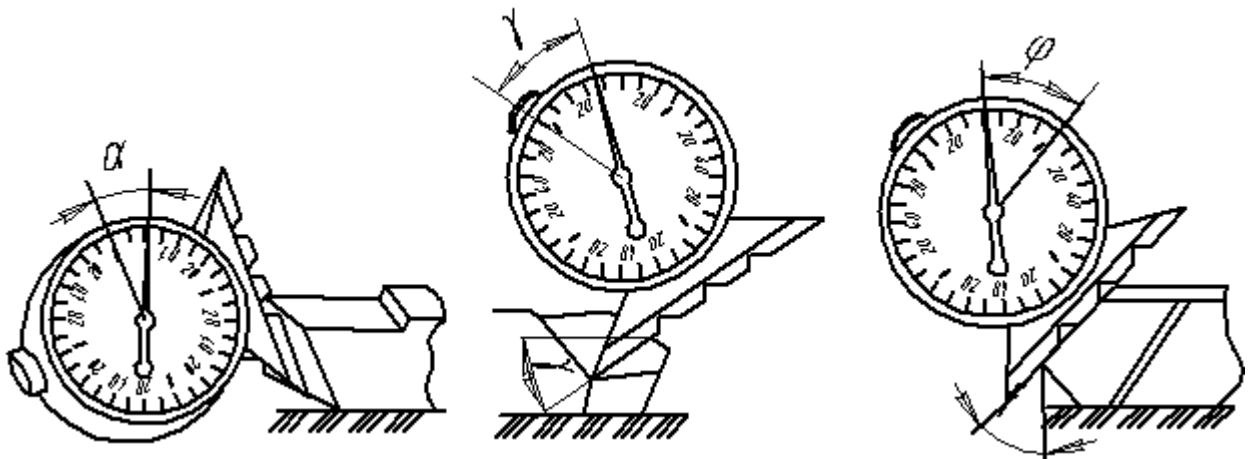


Рисунок 1.7 – Вимірювання кутів α , γ , ϕ маятниковим кутоміром

Кути різця в плані можна визначити за допомогою універсального кутоміра УМ, одна з лінійок якого прикладається до тіла різця, а друга – до го-

ловної чи допоміжної кромки, що ріже. По шкалі кутоміра відраховується величина кута φ чи φ_1 (рис.1.8).

Ребриста піраміда служить для контролю кутів різця в масовому і серійному виробництві (рис.1.10). Її ребра виконані з кутами нахилу, рівними найбільш розповсюдженим величинам задніх кутів різців різного призначення. Прикладаючи ребро до задньої поверхні різця так, щоб його площина була перпендикулярна головній кромці різальній тобто імітувала головну січну площину, можна визначити величину заднього кута.

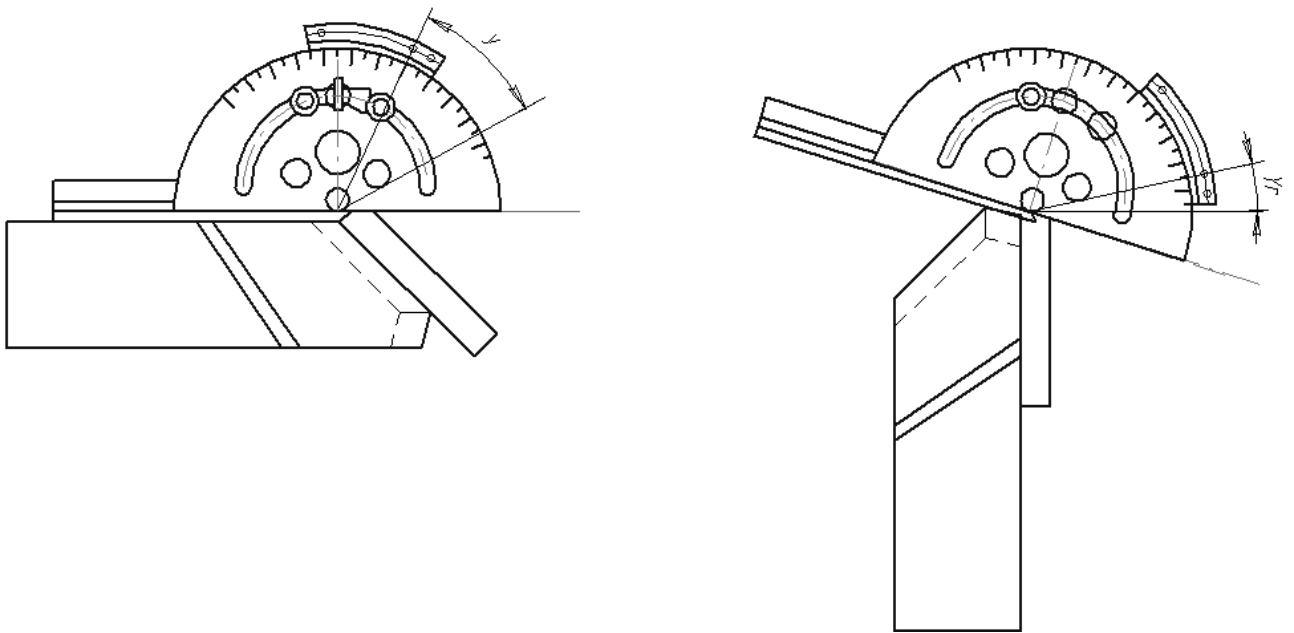


Рисунок 1.8 – Вимірювання кута у плані універсальним кутоміром УМ

Універсальний кутомір УН працює контактним методом з відліком результатів вимірів по градусній шкалі і ноніусу (рис.1.9).

На дузі нанесена основна градусна шкала, що градуйована від 0° до 130° . Вздовж цієї дуги в круговому напрямку переміщається пластина-сектор з ноніусом, на якій за допомогою державки закріплений косинець, який може рухатись в радіальному напрямку, зв'язаний зі знімною лекальною лінійкою. Шляхом різних перестановок вимірювальних деталей досягається вимір кутів у межах $0-320^\circ$.

Вимірювана поверхня встановлюється між рухливою лінійкою дуги і рухливою лекальною лінійкою таким чином, щоб утворився необхідний кон-

такт або видимий рівномірний просвіт (рис. 1.9) ілюструє метод виміру кутів різця).

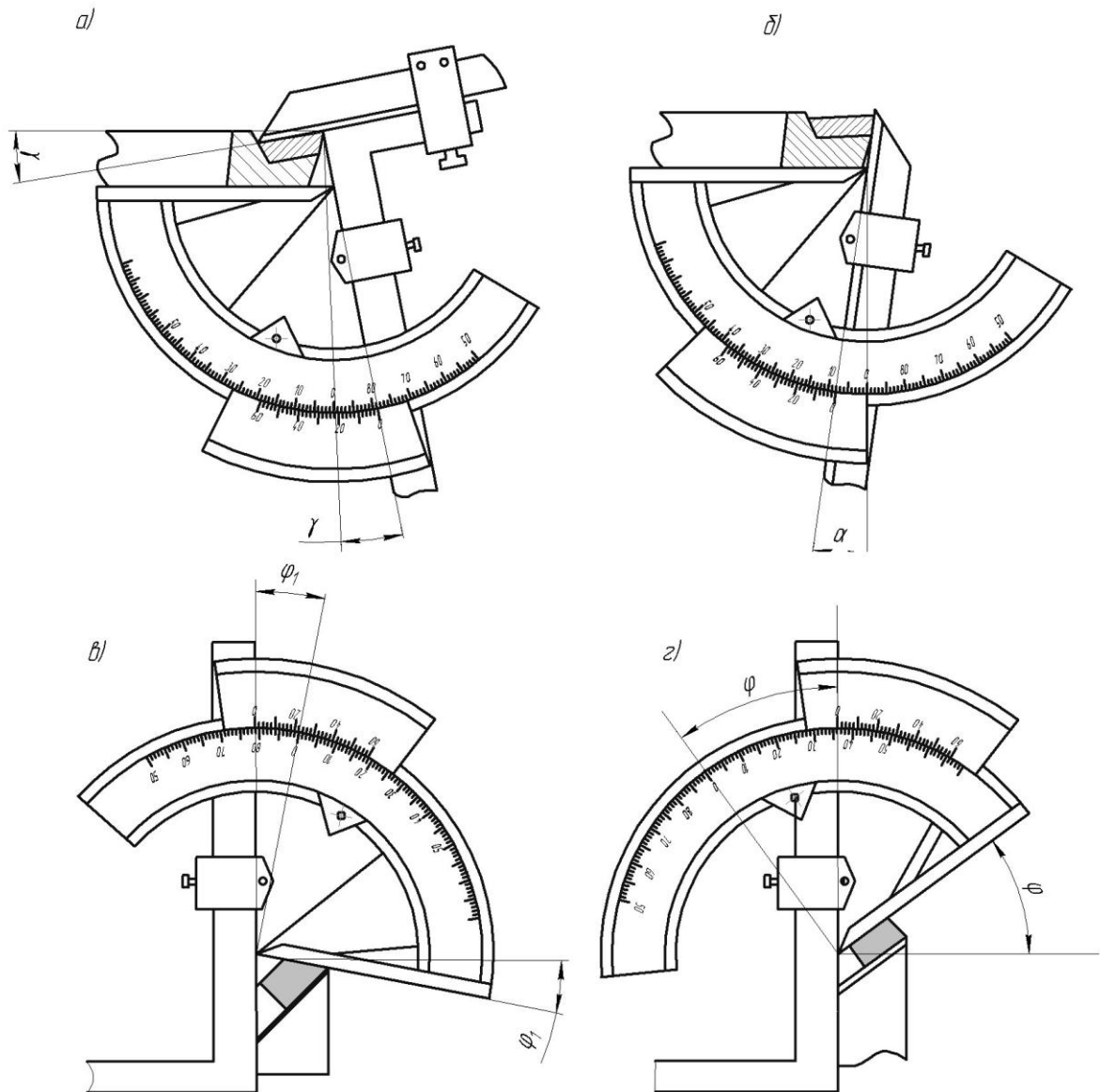


Рисунок 1.9 – Вимірювання кута α універсальним кутоміром УН (а- головного переднього, б – головного заднього, в, г – кутів у плані).

Вимоги до оформлення роботи

У звіті необхідно вказати:

- класифікацію різців;
- визначення площин, в яких вимірюють кути різальної частини різця
- тип, характеристику і ескіз різця (згідно завдання) з необхідними перетинами і габаритними розмірами, та позначенням усіх кутів; на ескізі показати деталь з елементами перетину шару, що зрізується, і елементами ре-

жиму різання; скласти таблицю чисельних значень кутів різців (протокол вимірювань).

Таблиця 1.1 – Протокол вимірювань

Найменування різця	Кут різця, град.								
	Передній	Задній	різання	Загострення	Нахилу головної різальної кромки	Головний в плані	Допоміжний в плані	При вершині в плані	Допоміжний задній
	γ	α	δ	β	λ	φ	φ_1	ϵ	α_1

1.4 Контрольні запитання

1. Типи різців.
2. Частини й елементи різця.
3. Поділ різців за напрямком подачі, за формою і розташуванням робочої частини щодо стрижня.
4. Які поверхні розрізняють на заготовці при знятті з її стружки?
5. Дати визначення елементів режиму різання.
6. Дати визначення елементів шару, що зрізується.
7. Які координатні площини встановлюються для визначення кутів різця? Дати визначення цих площини.
8. У яких площинах виміряються кути різця? Дати їм визначення.
9. Дати визначення кутів різця. Які співвідношення між ними.
10. Як впливає на величину кутів різця його положення щодо осі обертання оброблюваної деталі?
11. Яке вплив подачі і діаметра заготовки на величину кутів різця в процесі різання?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №2

ГЕОМЕТРІЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ ФРЕЗИ

2.1 Мета заняття

Закріплення знань про основні частини й елементи різних видів фрез, їхніх геометричних параметрах, елементах режиму різання і шару, що зрізується. Ознайомлення з методами виміру геометричних параметрів фрез і приладами, застосовуваними для цієї мети. Придбання навичок розробки ескізів циліндричних і торцевих фрез.

2.2 Короткі теоретичні відомості

Фреза - багатозубий інструмент, на периферійній або на торцевій поверхні якого маються різальні зубці. Незважаючи на різноманіття схем роботи, вони відповідають схемам циліндричного або торцевого фрезеруванні (рисунок 2.1). При циліндричному фрезеруванні вісь фрези паралельна оброблюваній поверхні, а роботу здійснюють зубці, які розташовані на циліндричній поверхні фрези. При торцевому фрезеруванні вісь фрези перпендикулярна обробленої поверхні, і крім зубців, розташованих на циліндричній поверхні, участь приймають різальні кромки торцевої поверхні. Таким чином, у різанні приймають участь кромки для зрізання головного припуску та для кромки для отримання кінцевої якості.

Зуб фрези може бути гострозаточеним або затилованим.

Гострозаточені зубці фрез переточуються по задній поверхні, а затиловані – по передній. Спинка зуба може бути виконана по прямій, ламаної або по параболі.

Елементи режиму різання і шару, що зрізається. Головний рух при фрезеруванні – обертання фрези. Швидкість різання v (м/хв) – окружна швидкість найбільш віддаленої від осі обертання точки різальної кромки фрези:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (2.1)$$

де D – діаметр фрези, мм; n – частота обертання фрези, об/хв.

Рух подачі – поступальне або обертальне переміщення заготовки. Подача S – величина переміщення оброблюваної заготовки щодо фрези. Подача звичайних фрезерних верстатів буває горизонтальна і вертикальна. На відміну від токарних верстатів, приводи подачі та головного руху різні. Тому, розрізняють три види подачі: подачу на один зуб фрези S_z , подачу на один оберт фрези S_0 і хвилинну подачу S_M . Між ними існує співвідношення

$$S_{хв} = S_0 \cdot n = S_z \cdot z \cdot n, \quad (2.2)$$

де z – число зубців фрези.

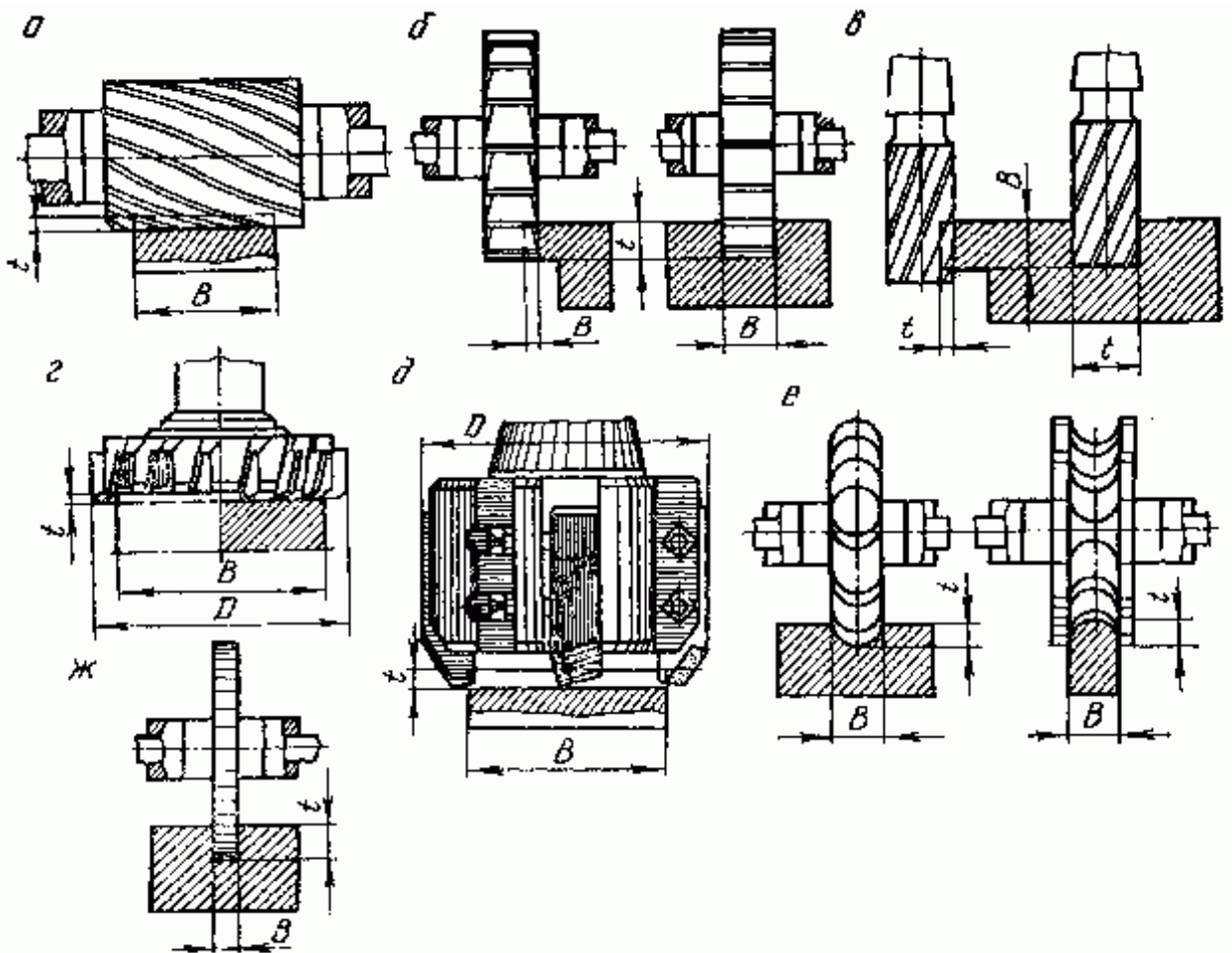


Рисунок 2.1 – Типи фрез: а – циліндрична; б – дискова та пазова; в – кілцева; г, д – торцева; е – фасонна; ж – прорізна

Глибиною різання t називається найкоротша відстань між оброблюваною й обробленою поверхнями, яку обмірюють в площині перпендикулярній осі фрези. Ширина фрезерування B – ширина оброблюваної поверхні в на-

прямку, паралельному осі фрези (ці правила діють для всіх типів фрез, крім торцевих).

У циліндричних фрез ширина фрезерування збігається із шириною оброблюваної заготовки, у дискових фрез – із шириною паза, у торцевих і кінцевих фрез – із глибиною зрізаного шару (рис. 2.1, 2.2).

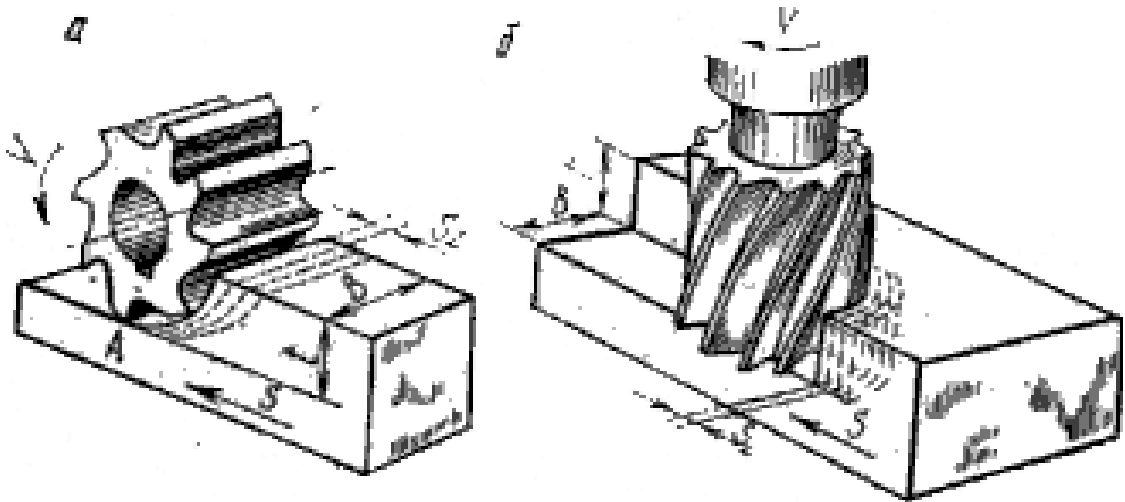


Рисунок 2.2 – Види фрезерування: *a* – циліндричне; *b* – торцеве

Товщина зрізу a – довжина нормалі до поверхні різання, яка проведена через розглянуту точку різальної кромки і обмежена перетином шару, який зрізається.

Основна площина фрези – площина, що проходить через її вісь та досліджувану точку (вершину зуба фрези).

Головний передній кут γ – кут між передньою поверхнею й основною площиною. Цей кут забезпечує сход стружки по передній поверхні. Головний передній кут, який виміряють в площині, перпендикулярній до різальної кромки ($N - N$), має позначення γ_N . У цій же площині вимірюють задній кут α_N (рисунок 2.3). Якщо кути вимірюють в торцевій площині, то їх позначають γ_T та α_T . Головний задній кут α – кут між дотичною до задньої поверхні фрези і площиною різання. Траєкторія руху розглянутої точки різальної кромки визначає положення площини різання, приймається за дугу окружності, тому головний кут вимірюють в площині, яка перпендикулярна до осі фрези. У цій площині вимірюється передній кут γ_T . Якщо фреза з гвинтовими зуб-

цями, то різальні кромки є гвинтовими лініями. Кут їхнього нахилу до осі фрези називають кутом нахилу гвинтової канавки ω . Правила по визначенню кутів λ , φ , та φ_1 співпадають з правилами, що наведені для різців.

Геометричні параметри циліндричної фрези

Циліндричні фрези (рис. 2.3) працюють в умовах вільного різання, кожний їх зуб має лише одну різальну кромку. Поверхні фрези, які розташовані вздовж різальної кромки, називають передньою та задньою. Частина остружкової канавки є передньою поверхнею, а частина зовнішньої поверхні, яка обернена до обробленої поверхні заготовки, – задня.

У фрез розрізняють:

– окружний крок фрези у торцевій площині (довжина дуги на торці фрези між двома сусідніми зубцями):

$$t_T = \frac{\pi \cdot D}{z}, \quad (2.3)$$

де D – діаметр фрези; z – число зубців фрези;

– крок зубців фрези в нормальній перетині:

$$t_N = t_T \cdot \cos \omega, \quad (2.4)$$

– осьовий крок зубців фрези:

$$t_o = t_T \cdot \operatorname{ctg} \omega = \frac{\pi \cdot D}{z} \cdot \operatorname{ctg} \omega, \quad (2.5)$$

– крок гвинтової канавки зуба фрези:

$$H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} \omega. \quad (2.6)$$

При проектуванні інструмента і при виготовленні шаблонів для контролю фрез усі розміри задаються в площині торця фрези, але оптимальні значення геометричних параметрів у довідниках для узагальнення експериментального досвіду вказують у головній січній площині. Щоб перейти від величин кутів, обмірюваних у торцевій площині, до величин кутів у нормальній площині (N-N), використовують співвідношення:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{\operatorname{tg} \alpha_T}{\cos \omega}, \quad \operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_T \cdot \cos \omega \quad (2.7)$$

Ці співвідношення можна дістати, знаходячи тангенси кутів у нормальній та торцевій площинах, наприклад

$$\operatorname{tg}\gamma_T = \frac{xb}{h}, \quad \operatorname{tg}\gamma_N = \frac{xc}{h}. \quad \text{Але} \quad \frac{xc}{xb} = \cos\varpi.$$

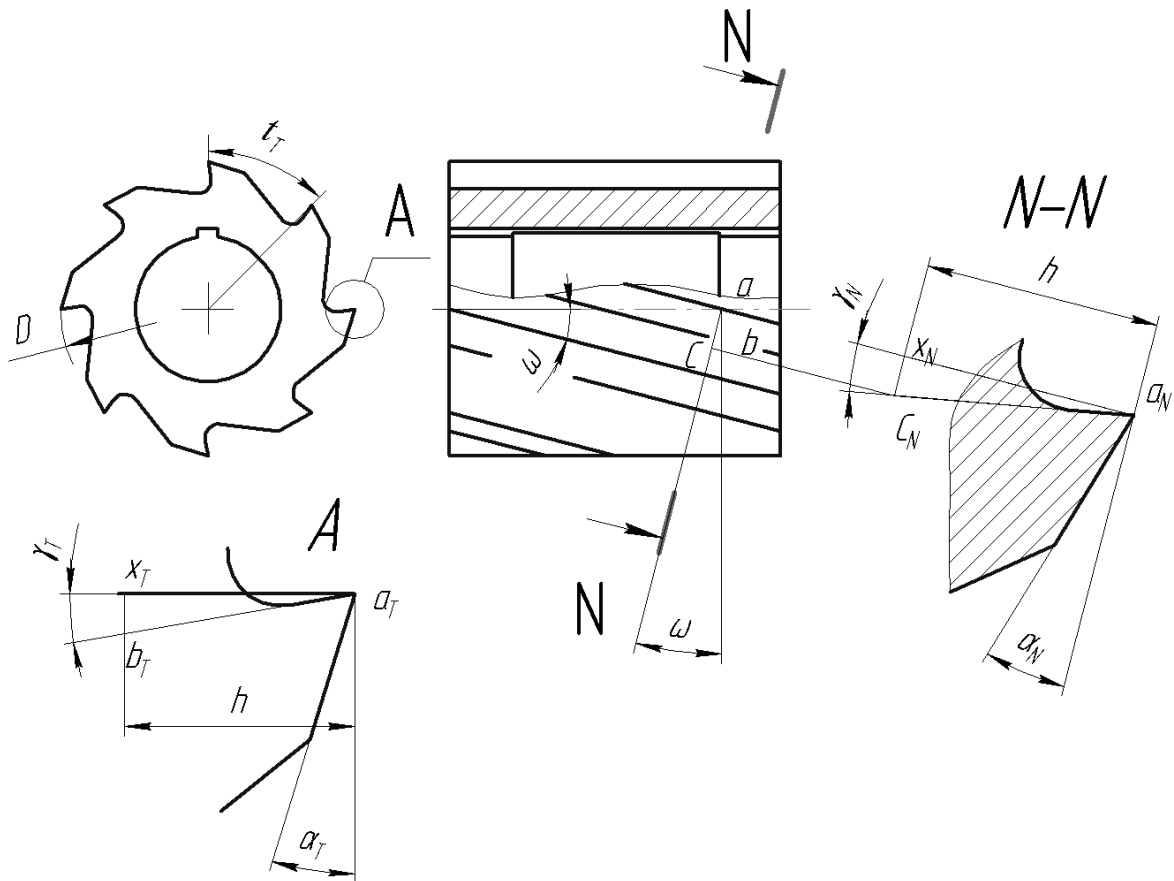


Рисунок 2.3 – Геометричні параметри різальної частини циліндричної фрези

Геометричні параметри торцевої фрези. Торцеві фрези використовують для обробки відкритих торцевих поверхонь. У торцевих фрез зубці подібні прохідним різцям. Торцеві фрези мають ряд суттєвих переваг щодо циліндричних, серед яких:

- більша кількість зубців, що беруть участь у процесі обробки, дозволяє збільшити продуктивність та покращити рівномірність роботи;
- наявність двох різальних лез (головного та допоміжного), що дозволяє розподіляти роботу різання на чорнову та чистову;
- більш масивна форма зуба, яка сприяє кращому охолодженню та жорсткості;

- можливість використання прогресивних різальних матеріалів;
- менша зміна товщини зрізу по куту повороту фрези.

Зуб фрези має кути в плані φ , φ_1, ε (рис.2.4).

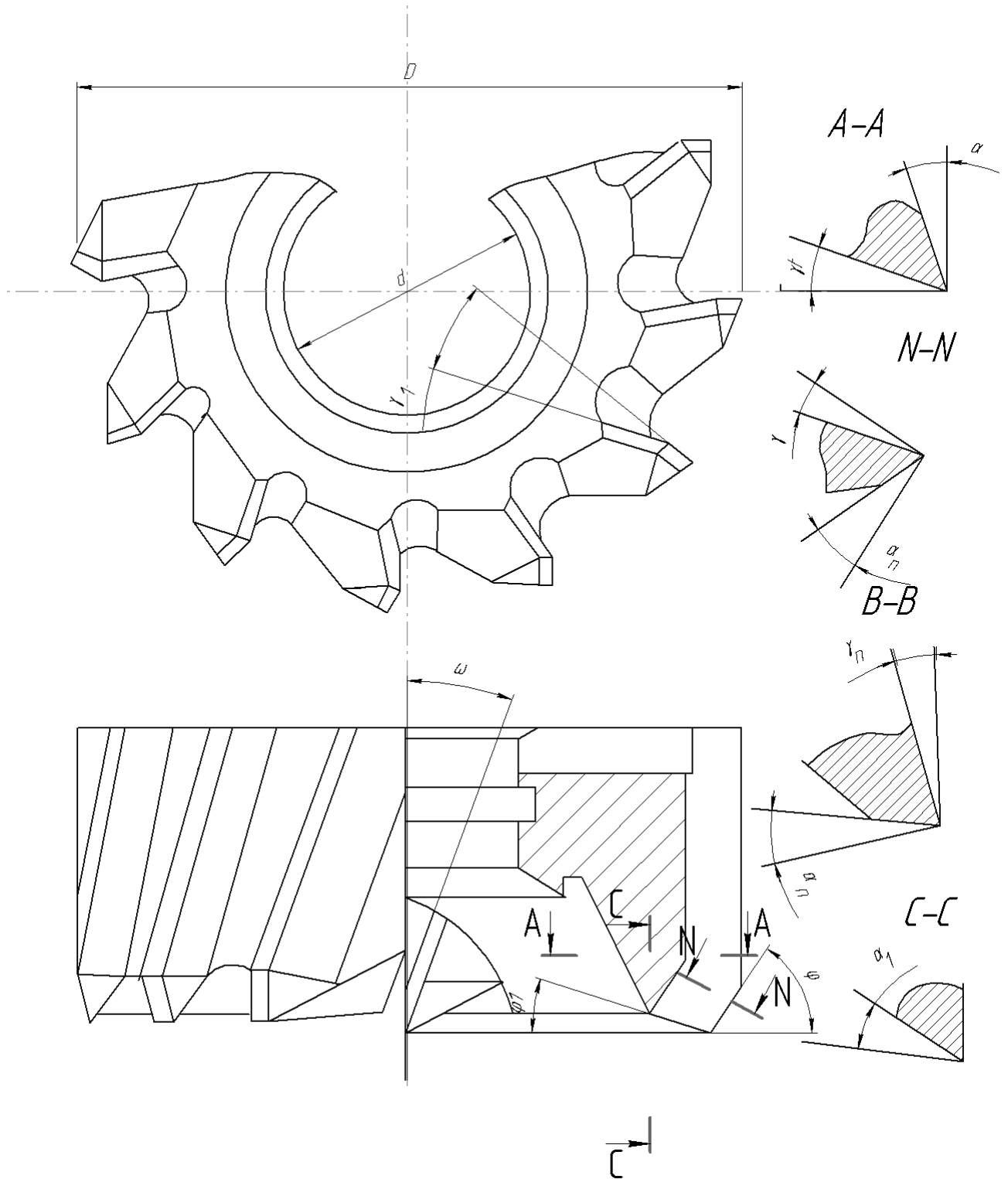


Рисунок 2.4 – Геометричні параметри різальної частини торцевої фрези

Головний кут у плані φ – кут між проекцією головного різального леза на основну площину і площиною, яка нормальна до осі фрези. Допоміжний кут у плані φ_1 – кут між проекцією допоміжної (торцевої) різальної кромки на основну площину та площиною, яка нормальна до осі фрези. У вершини зуба для збільшення міцності та покращення умов тепловіддачі іноді виконують перехідну різальну кромку під кутом $\varphi_0 = \varphi/2$.

Для визначення положення площин різального клину, як і для інших типів інструменту, достатньо в кожній з них вказати кути двох прямих, які перетинаються. Так, наприклад, для передньої площини вказують кути λ , φ , γ , які характеризують нахил головного різального леза та кут в головній січній площині (N-N). Такі данні містять у довідниках та звичайно наводять на кресленні фрез. Але під час виготовлення фрез зручніше наводити кути, що вимірюють в повздовжній (осьовій) та поперечній (радіальній) площинах. Одночасно вказувати кути двома способами є помилковим, так як містяться зайві данні. В літературі іноді наведені рисунки, де вказані одночасно всі кути (як це показано на рис.2.4), мають довідниковий характер

Таким чином, виникає задача вміти переходити від кутів, які визначені в головній січній площині (N-N) до повздовжньої (С-С) та поперечної площин (А-А) та навпаки (рис. 2.4):

$$tg\gamma = tg\gamma_{pad} \cdot \sin \varphi + tg\gamma_{oc} \cdot \cos \varphi \quad (2.8)$$

2.3 Методика виконання роботи

Лабораторне устаткування: циліндрична фреза; торцева фреза; кутоміри – 2 шт.; установка для виміру кутів фрез методом координат; штангенциркуль.

Виконати ескіз фрези в проекціях з необхідними перетинами. На ескізі показати габаритні розміри і позначити умовно буквами кути фрези. Виміряти кути, і їх чисельну величину записати в таблицю протоколу.

Методи виміру розмірів фрез

Діаметр і довжина фрези вимірюються штангенциркулем.

Передній і задній кути вимірюють кутоміром Бабчиніцера (2УРИ).

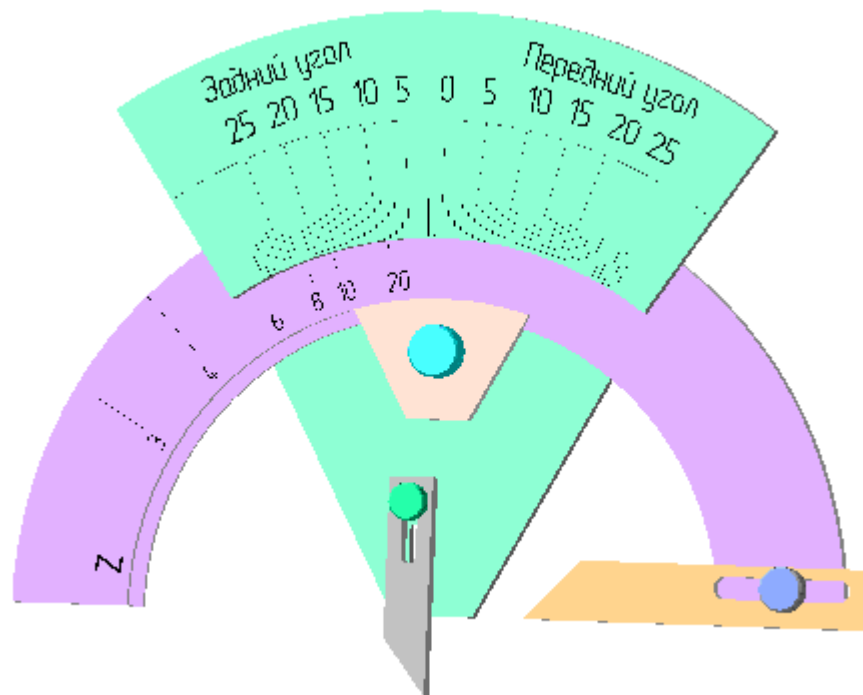


Рисунок 2.5 – Кутомір Бабчиніцера

На дузі кутоміра закріплена лінійка, яка опирається на різальну кромку одного з зубів фрези (рис. 2.5, 2,6). По дузі сковзає сектор.

На лінійку 3 повинен опиратись зуб фрези, що є наступним за вимірюваним (точка А). Точка О косинця є центром обертання сектора, що сковзає по дузі і лежить на лінії лінійки А-А. Вимірюваний зуб різальною кромкою упирають в точку О. Таким чином ОА – хорда. На секторі нанесена шкала в градусах. При сполученні лінійки косинця з задньою поверхнею вимірюваного зуба фрези косинець разом із сектором повертається на кут η між хордою ОА і задньою поверхнею зуба фрези, що менше заднього кута на кут ν , тобто $\alpha = \eta + \nu$. Для кожного числа зубів фрези величина кута ν визначена. Ці кути нанесені на дугу кутоміра. Тому величина заднього кута відраховується від риски, яка відповідає числу зубів фрези і враховує поправку на кут ν . При вимірі кутів торцевих зубів відлік виробляється проти риски зі знаком ∞ , тому що тут хорда збігається з дотичної і виправлення на кут ν не потрібна.

Аналогічно вимірюють передній кут фрези при сполученні вертикальної грані косинця з передньою поверхнею зуба фрези.

Кут ω вимірюють універсальним чи маятниковим кутоміром, як це показано на рис. 2.6.

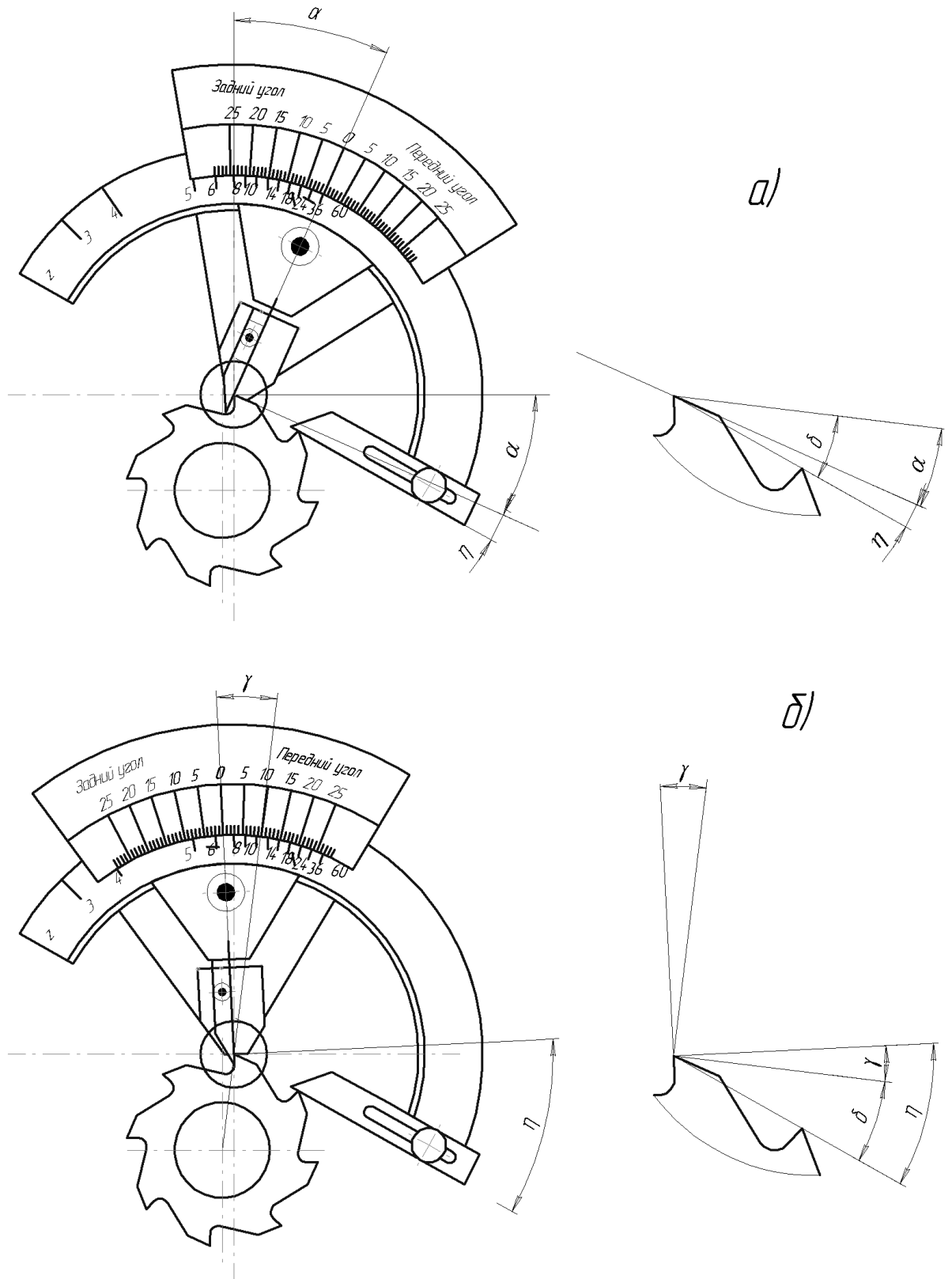


Рисунок 2.6 – Вимірювання кутів фрези кутоміром Бабчиніцера (2УРІ)

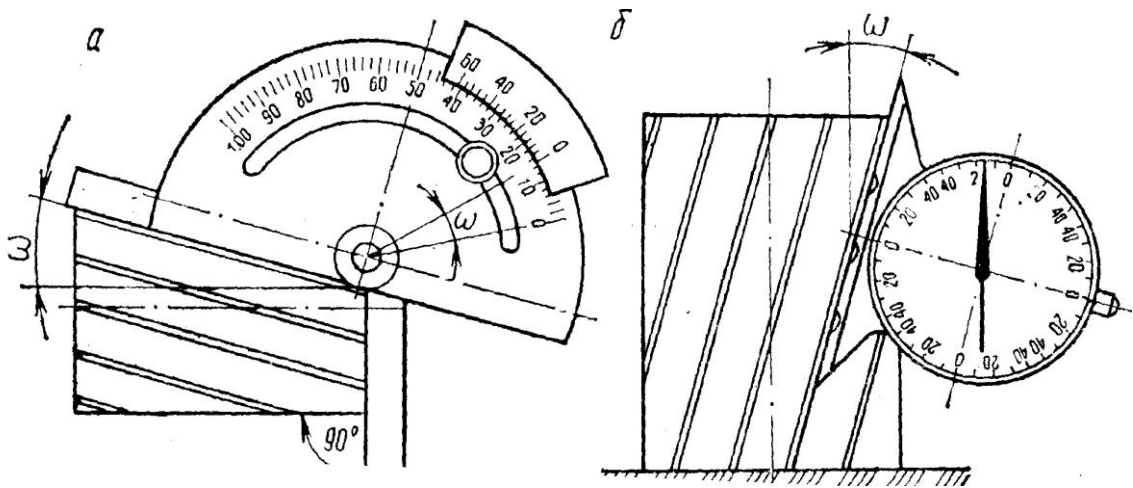


Рисунок 2.7 – Вимірювання кута нахилу гвинтової канавки фрези ω універсальним (а) і маятниковим (б) кутомірами

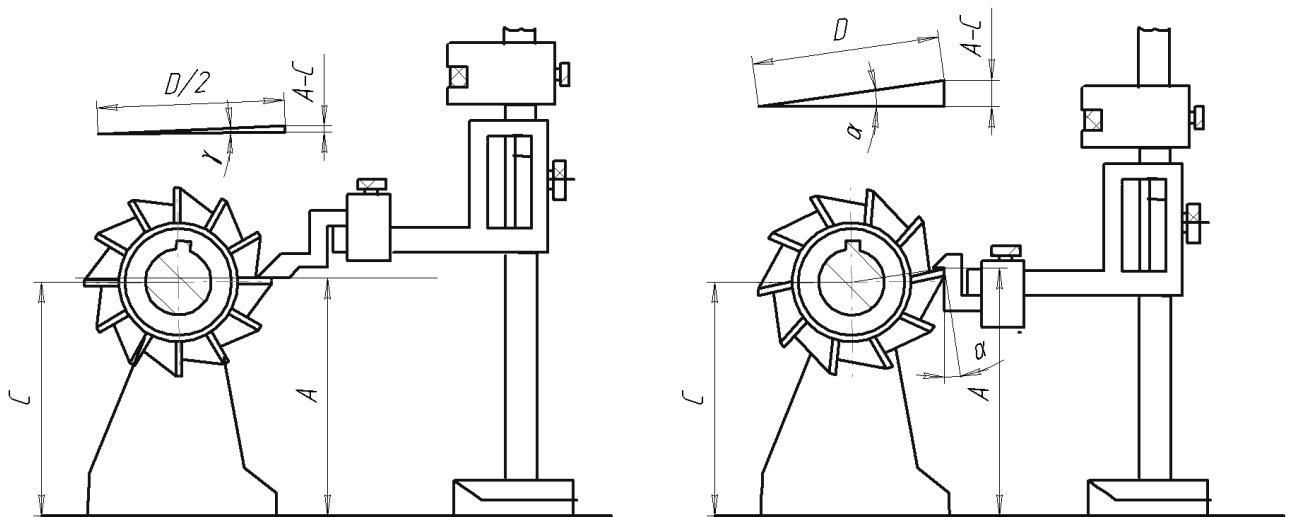


Рисунок 2.8 – Контроль кутів фрези за допомогою центрів та штангенрейсмасу

Вимір геометричних параметрів методом координат

Якщо поверхні інструмента криволінійні чи його кути мають малу величину, то кутоміри не забезпечують необхідну точність виміру. У цьому випадку використовують метод координат.

Фрезу закріплюють у центрах верстата або пристосування. В точку різальної кромки, яка знаходиться по висоті центрів O (рис. 2.7), встановлюють вертикально і горизонтально ніжки індикаторів з натягом 2-3 мм, а їх стрілки встановлюють на відмітці «нуль».

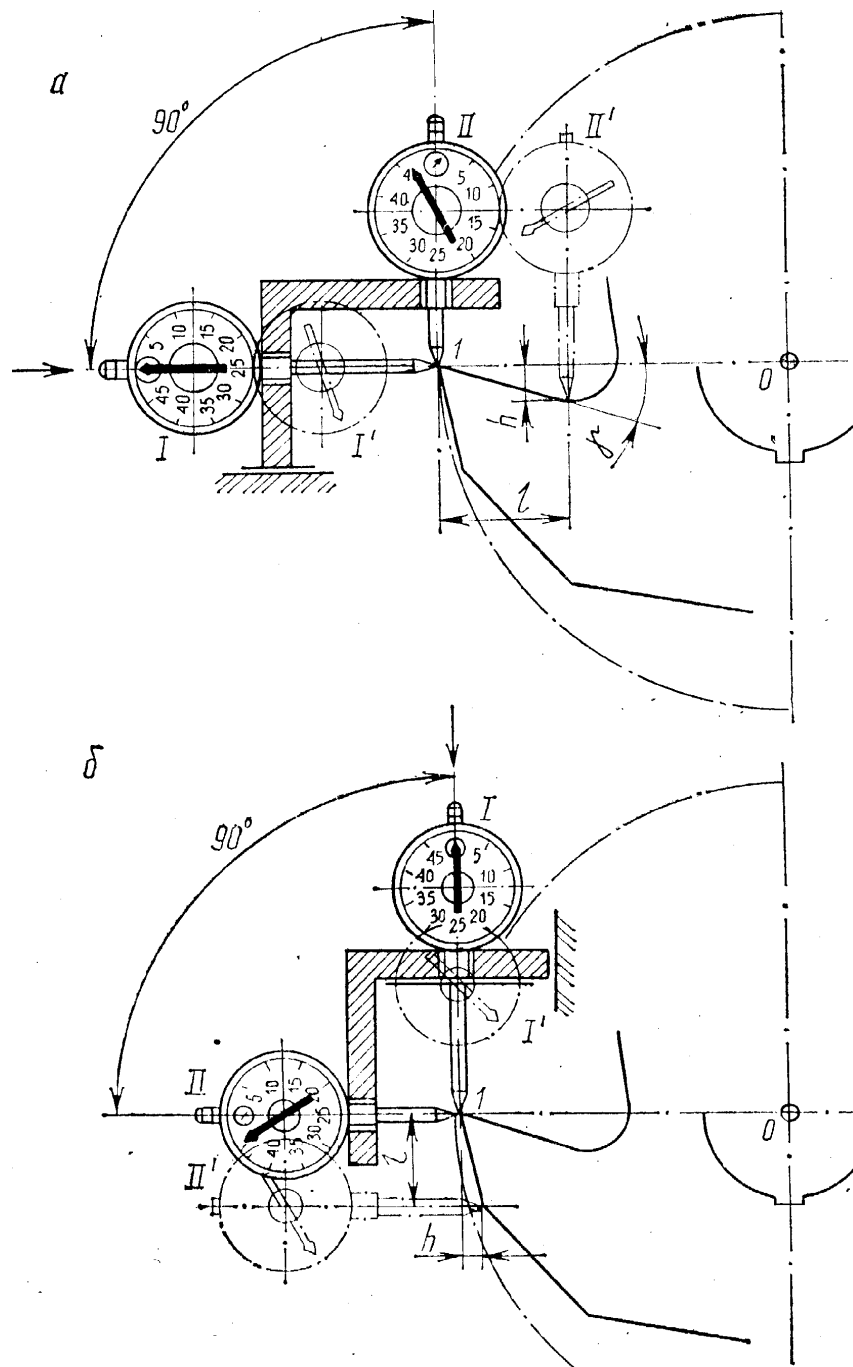


Рисунок 2.9 – Схема вимірювання кутів фрези методом координат:
а – переднього; б – заднього

Величина переміщення індикаторів у радіальному напрямку повинна складати приблизно 2...3 мм.

Схема виміру заднього кута показана на рис.2.8,б. Оправка з індикаторами переміщається униз вертикально на 2...3 мм. Індикатор I покаже величину цього переміщення, а індикатор II — падіння затилку зуба фрези. Кут α можна визначити по формулі: $\text{tg } \alpha = h/l$.

При вимірі кута нахилу гвинтової різальної кромки ω і кута нахилу різальної кромки λ , індикатори переміщують по її довжині.

Вимоги до оформлення роботи

У звіті необхідно привести ескізи фрез у проєкціях з необхідними перетинами, на яких позначити буквами розміри і кути; скласти таблицю чисельних значень розмірів і кутів. Для визначення положення площин різальної частини зуба в них повинно бути задано положення двох прямих.

Таблиця 2.1 – Результати вимірів фрез

Найменування фрези	Матеріал різальної частини фрези	Розміри фрези, мм			Число зубів фрези Z	Кут нахилу кутової канавки ω , кут нахилу різальної кромки, λ град	Шаг гвинтової канавки H мм	Кути фрези в торцевій площині, град		
		D	L або B	t _T				γ_T	α	β_T
Допоміжний задній кут α_1	Кути фрези в плані			Кути фрези в головній січній площині						
	φ	φ_1	ε	γ	α_N	β_N	δ_N			

2.4 Контрольні запитання

1. Типи фрез.
2. Елементи режиму різання при фрезеруванні.
3. Елементи перетину шару, що зрізається, при фрезеруванні (ширина, товщина, кут контакту, площа поперечного переріза).
4. Геометричні параметри циліндричної фрези.
5. Геометричні параметри торцевої фрези.
6. Вимір кутів фрез кутоміром Бабчиніцера (2УРИ).
7. Вимір кутів α і λ , універсальним і маятниковими кутомірами
8. Вимір кутів фрез методом координат

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №3

УСАДКА СТРУЖКИ

3.1 Мета заняття

Вивчення процесу усадки стружки при різанні металів та методів її вимірювання. Дослідження впливу елементів режиму різання на усадку стружки.

3.2 Короткі теоретичні відомості

Шар оброблюваної заготовки, який зрізається, піддається складним напругам у результаті чого він, перетворюючись в стружку, деформується.

Питання про деформацію стружки є одним з основних у теорії різання металів. Закони зміни деформації стружки дають пояснення залежностям зміни сил різання, явищу наклепу оброблюваного матеріалу і цілому ряду інших явищ, які супроводжують процес різання металів.

Ступінь пластичної деформації в деякій мірі може характеризуватися усадкою стружки.

Пластична деформація при різанні металів зовні проявляється в тому, що при перетворенні шару металу, який зрізається, у стружку розміри її по довжині, товщині і ширині відрізняються від розмірів зрізаного шару, з якого стружка утворилася (рис. 3.1). При довжині шару L , який зрізується, товщині a і ширині b довжина стружки дорівнює L_c , товщина – a_c , а ширина – b_c , причому $L_c < L$; $a_c > a$; $b_c \geq b$.

Таким чином, у порівнянні з розмірами шару, який зрізається, стружка виходить коротшою, товщею і ширшою. Це явище називається усадкою стружки.

Ступінь зміни розмірів стружки у порівнянні із шаром, який зрізається, характеризують трьома коефіцієнтами усадки стружки:

$$K_L = L : L_c; \quad K_a = a_c : a; \quad K_b = b_c : b, \quad (3.1)$$

де K_L – коефіцієнт поздовжньої усадки (3. коефіцієнт укорочення);

K_a – коефіцієнт усадки по товщині (коефіцієнт стовщення);
 K_b – коефіцієнт усадки по ширині (коефіцієнт розширення).

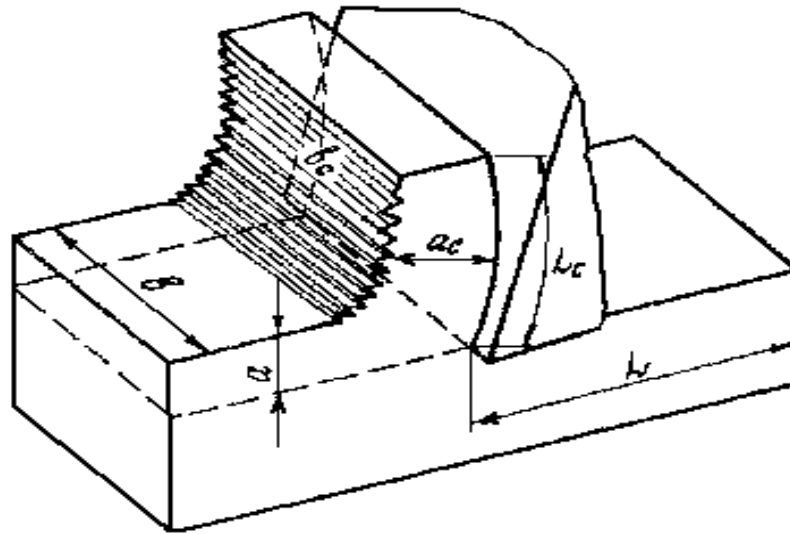


Рисунок 3.1 – Розміри шару, який зрізається, і стружки

Термін "коефіцієнт усадки стружки" введений И.А.Тіме в 1870 р. Він же вперше вивів формулу для визначення усадки стружки (рису. 3.2) на основі припущень про те, що деформування матеріалів відбувається тільки в одній площині зсуву – OF:

$$a = OF \cdot \sin \beta_1; \quad \text{з } \triangle OBF \quad a_c = OF \cdot \cos(\beta_1 - \gamma),$$

отже,

$$K_a = \frac{\cos(\beta_1 - \gamma)}{\sin \beta_1}, \quad (3.2)$$

де γ – передній кут; β_1 – кут зсуву.

Так як об'єм металу після перетворення його в стружку залишається незмінним, то $L \cdot a \cdot b = L_c \cdot a_c \cdot b_c$, звідки

$$K_L = K_a \cdot K_b. \quad (3.3)$$

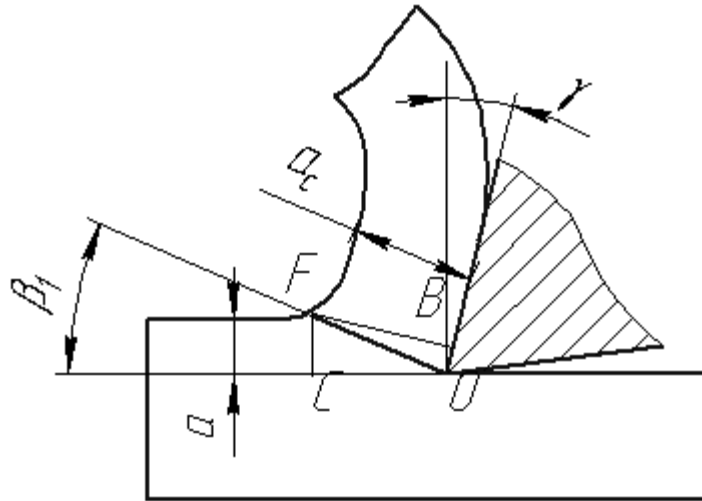


Рисунок 3.2 – Схема для визначення усадки стружки

Крім розглянутих розрізняють ще і коефіцієнт поперечної усадки стружки, який являє собою відношення площі поперечного перерізу стружки F_c до площі поперечного перерізу шару, який зрізається F :

$$K_F = F_c : F. \quad (3.4)$$

Оскільки $F_c = a_c \cdot b_c$ та $F = a \cdot b$, то, з огляду на вирази (3.1) і (3.3), неважко отримати, що

$$K_F = K_F \cdot K_b = K_L. \quad (3.5)$$

Однак навіть при вільному різанні розширення стружки невелике і складає 5 – 15% від ширини шару, який зрізається, в той час як укорочення і стовщення стружки оцінюється в 250-600% і. більш. Тому розширенням стружки можна знехувати і вважати, що

$$K_L = K_a = K_F. \quad (3.6)$$

Сказане справедливо для випадку зливної стружки, яка зберігає свою суцільність. Якщо ж на вільній стороні зливної стружки спостерігаються досить великі виступи і западини, тобто при яскраво вираженій пилкоподібності зливної стружки чи, коли утворюється суглобиста стружка, то у формулу (3.6) необхідно внести виправлення, яке враховує суцільність стружки [II, стор.114]. Коефіцієнт усадки стружки не може служити кількісним показником ступеня деформування шару, який зрізається, тобто цілком ототожнюва-

ти величину усадки стружки і величину деформації при різанні металів не можна.

Якщо для оцінки ступеня деформації шару, який зрізається, користуватися коефіцієнтом усадки стружки, то при $K_L=1$ можна прийти до висновку, що деформація при різанні відсутня, хоча шар, який зрізається, і перетворився в стружку. Це суперечить елементарним законам механіки.

Таким чином, коефіцієнт усадки стружки є лише зовнішнім і тільки якісним показником деформації шару, який зрізається. Незважаючи на це, усадка стружки являє собою в науковому відношенні корисний фактор для порівняння. Кількісно характеризувати деформацію може величина відносного зрушення, тому що процес різання є процесом послідовних зрушень металу, який перетворюється в стружку .

Практично величина коефіцієнта усадки стружки для більшості оброблюваних матеріалів більше одиниці і складає $K_L=1,5...6$. Однак при обробці титанових сплавів у ряді випадків спостерігається явище, назване “негативною усадкою” стружки, тобто K_L стає менше одиниці, досягаючи значень $0,75...0,9$. Це пояснюється утворенням пилкоподібної стружки, при цьому довжина стружки за рахунок порожнеч на вільній стороні стає більше довжини шару, який зрізається.

Способи вимірювання усадки стружки:

Коефіцієнт усадки стружки можна визначити двома основними способами:

- 1) ваговим, тобто зважуванням стружки;
- 2) безпосереднім, тобто виміром довжини стружки.

Перший спосіб полягає в наступному: Від стружки відламується шматочок довільної довжини (звичайно $L_c=10...20$ мм) і після підшліфовки кінців визначається його вага G і довжина L_c .

Знаючи питому вагу оброблюваного матеріалу ρ , легко визначити пло-

щину поперечного перерізу знятої стружки

$$F_c = \frac{G}{\rho \cdot L_c} .$$

Розділивши площу поперечного перерізу стружки (3.4) на площу поперечного перерізу шару, який зрізається, (при точінні $F=ab=st$), визначають коефіцієнт поперечної усадки стружки.

$$K_F = \frac{G}{\rho \cdot L_c \cdot t \cdot S}, \quad (3.7)$$

де G – вага шматочка стружки, Н; ρ – питома вага оброблюваного матеріалу, Н/м², (для сталі можна прийняти $\rho = 78,5 \cdot 10^3$ Н/м²); L – довжина шматочка стружки, м; t – глибина різання, м; S – подача, м/об.

При використанні другого способу довжину стружки обмежують поділом довжини зрізаного шару на окремі частини. Наприклад, у дослідах при точінні (рис.3.3) на поверхні циліндричної заготовки попередньо прорізають один чи кілька подовжніх пазів і фіксують відстань між ними, тобто встановлюють заздалегідь визначену довжину зрізаного шару L . Глибина пазів h набагато перевищує глибину різання t тому при проходженні леза інструмента через паз процес різання періодично переривається. Шматочки стружки збирають і вимірюють їхню довжину L_c по контактній стороні за допомогою тонкого мідного дроту, а коефіцієнт подовжньої усадки визначають з формули (3.1). Для часткового запобігання негативних явищ переривчастого процесу різання (періодичних ударів) у пази сталеві заготовки запресовують мідь, латунь чи алюміній.

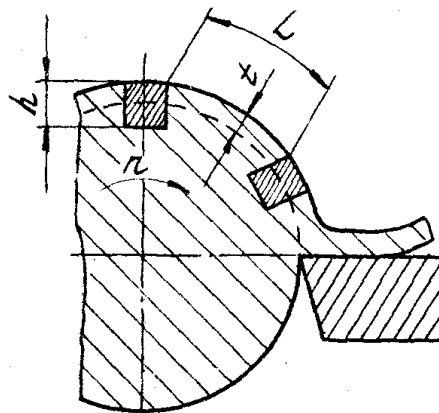


Рисунок 3.3 – Схема визначення усадки стружки

Для спрощення на експериментальній заготовці (рис. 3.4) паралельно осі обертання попередньо наносяться замість пазів дві V-образні мірні риски на певній відстані L одна від одної (звичайно $\gg 15..20$ мм). Таким чином, довжина зрізаного шару L заздалегідь відома і може бути визначена з великою точністю. Після здійснення процесу різання на досліджуваному режимі на знятій стружці легко знайти дві характерні зазублини - сліди від мірних рисок (рис. 3.4). Рекомендується приймати глибину мірних рисок $t=(0,2\dots 0,25)t$.

Елемент стружки зі слідами мірних рисок вирізається ножицями (рис. 3.5), а відстань між слідами рисок на стружці (тобто довжина стружки L_c) вимірюється гнучкою мірною лінійкою при збільшенні вирізаного елемента стружки на великому проекторі в прохідному або відбитому світлі (рекомендується 10-ти кратне збільшення). Потім по формулі (3.1), з огляду на збільшення проектора, визначається коефіцієнт подовжньої усадки K_L .

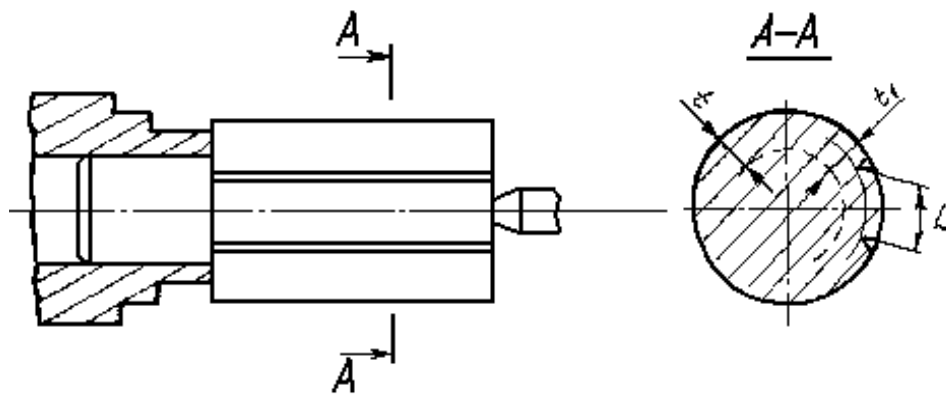


Рисунок 3.4 – Визначення усадки стружки

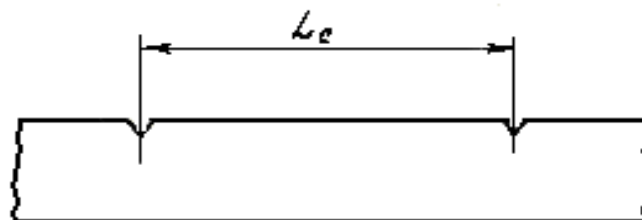


Рисунок 3.5 – Вирізаний елемент стружки

Вплив різних факторів на усадку стружки

Величина коефіцієнта усадки стружки залежить від таких факторів, як і ступінь пластичної деформації (властивостей інструментального та оброблю-

ваного матеріалів, переднього кута інструмента, елементів режиму різання, СОЖ і ін.).

При різанні пластичних матеріалів усадка більше, ніж при різанні матеріалів крихких. Наприклад, K_L при різанні вуглецевих сталей знаходиться в межах 2...6, а при різанні чавуна в межах 1,5...2,5. Чим міцніше і твердіше оброблюваний матеріал, тим менша усадка. Але точної залежності між K_L і яким-небудь параметром, що визначає властивості оброблюваного матеріалу, не існує.

Властивості інструментального матеріалу також впливають на усадку стружки. Усадка зростає з підвищенням схильності матеріалу до адгезії. Це пояснюється зміною коефіцієнта тертя на передній поверхні інструмента. При всіх рівних умовах різання усадка стружки буде найменшою для мінералокераміки, вище для твердого сплаву групи ТК, ще вище для твердого сплаву групи ВК і найвищою для швидкорізальної сталі.

Збільшення переднього кута β (чи зменшення кута різання δ) призводить до полегшення процесу різання в силовому відношенні, а отже, і до зменшення усадки стружки. Тому, доцільно працювати з максимальними практично припустимими передніми кутами.

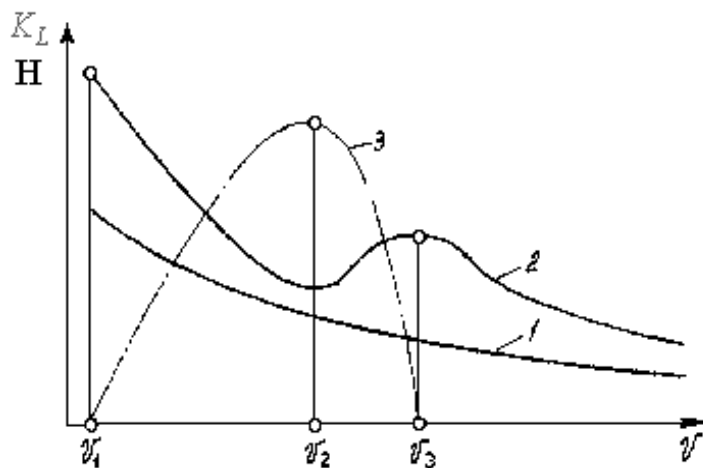


Рисунок 3.6 – Вплив швидкості різання на усадку стружки

Принциповий вплив швидкості різання на усадку стружки представлено на рис. 3.6. Крива 1 відповідає різанню металів не схильних до наростотворення. У цьому випадку в міру збільшення швидкості різання K_L спочатку

швидко, а потім більш повільно зменшується. Такий вплив V на K_L пояснюється зменшенням довжини площадки контакту стружки з передньою поверхнею інструмента і збільшенням температури внаслідок зростання швидкості різання, що знижує тертя і, отже, усадку.

При різанні металів, схильних до наростоутворення (крива 2), V впливає на K_L не монотонно. Спочатку при збільшенні V K_L зменшується, досягає мінімальної величини при певному значенні швидкості V_2 , а потім знову зростає. При досягненні швидкістю різання значення V_3 зростання коефіцієнта K_L припиняється і при швидкостях різання $V > V_3$ крива 2 поводить себе так само, як і крива 1.

Зменшення коефіцієнта K_L при збільшенні швидкості різання від V_1 до V_2 і його подальше збільшення при зростанні від V_2 до V_3 пов'язане з дією на процес стружкоутворення наросту. Кривою 3 на рисунку показана зміна висоти наросту в інтервалі швидкостей різання від V_1 до V_3 .

Зростання швидкості різання від V_1 до V_2 супроводжується збільшенням висоти наросту, а отже, збільшенням фактичного переднього кута інструмента, внаслідок чого усадка стружки зменшується.

При швидкості V_2 фактичний передній кут має максимальну величину і коефіцієнт K_L досягає максимуму. При зростанні швидкості різання від V_2 до V_3 висота наросту зменшується, тому зменшується і величина фактичного переднього кута, що прагне до величини переднього кута заточення. Це викликає збільшення K_L .

При швидкостях різання $V > V_3$ наріст відсутній і швидкість різання впливає на коефіцієнт K_L як на кривій 1. Зміна K_L на швидкостях $V < V_1$ не розглядається.

Із збільшенням подачі усадка стружки при відсутності наросту зменшується. Пояснюється це тим, що деформація по товщині стружки розподіляється нерівномірно: нижні шари стружки більше деформовані, ніж її верхні шари. Тому усадка тонкої стружки більше усадки товстої стружки.

При наявності наросту подача робить більш складний вплив на усадку стружки і тільки глибина t практично не впливає на неї. Наприклад, при різанні стали 45 збільшення значень t у 10 разів привело до зниження усадки лише на 30%. Тому зі збільшенням t усадка стружки незначно зменшується, причому такий вплив зі зростанням t ще більше послабляється. Тому при чорновій обробці цей вплив буде менше, ніж при чистовій.

СОС знижує усадку стружки, тому що з її застосуванням зменшується тертя. Причому ефект від впливу СОЖ тим сильніше, чим менше подача і швидкість різання.

3.3 Методика виконання роботи

Обладнання, прилади, інструмент

1. Токарно-гвинторізний верстат моделі ТВ-4.
2. Великий проектор типу БП.
3. Експериментальна заготовка.
4. Токарний прохідний різець.
5. Штангенциркуль.
6. Мірна гнучка лінійка.
7. Ножиці.
8. Комплект ключів.

Студент одержує завдання.

На лабораторній установці виконується згідно до отриманого завдання дослідження впливу елементів режиму різання на коефіцієнт подовжньої усадки стружки за методикою, описаною вище. Результати досліджень заносяться до протоколу.

Виконується розрахунок коефіцієнта подовжньої усадки стружки. Дані розрахунку також заносяться до протоколу лабораторної роботи.

За даними протоколу будуються графіки залежностей коефіцієнта подовжньої усадки стружки від елементів режиму різання:

$$K_L = f_1(V); K_L = f_2(V); K_L = f_3(V).$$

По отриманим графікам залежностей робляться висновки про вплив швидкості різання, подачі і глибини на коефіцієнт усадки стружки з поясненням фізичної сутності цього впливу.

Зміст звіту

- Короткий опис явища усадки стружки.
- Схема і короткий опис лабораторної установки для вимірювання усадки стружки, перелік устаткування і приладів.
- Протокол досліджень лабораторної роботи (додаток Б).
- Графіки залежностей коефіцієнта поздовжньої усадки стружки від елементів режиму різання.
- Висновки.

3.4 Контрольні запитання

1. Елементи режиму різання, їхнє визначення. Що називається шириною і товщиною поперечного перерізу зрізу?
2. У чому розходження вільного і невільного, прямокутного і косокутного різання?
3. Типи стружок і умови їхнього утворення. Процес утворення стружки сколювання, зливної, надламу.
4. Що являє собою явище усадки і які його причини?
5. Висновок формули И. А. Тіме
6. Що таке коефіцієнт усадки і що він характеризує?
7. Сутність методів визначення коефіцієнта усадки.
8. Вплив умов різання на утворення наросту.
9. Вплив різних факторів (властивостей інструментального та оброблюваного матеріалів, переднього кута, елементів режиму різання і СОС) на усадку стружки.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №4 СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

4.1 Мета заняття

Ознайомитися з методами експериментального визначення технологічних складових сили різання P_z , P_y і P_x . Вивчити конструкцію спеціальної апаратури, застосованої для вимірювання сил різання. Освоїти методику тарування пружного-електричного токарного динамометра. Дослідити основні закономірності впливу режиму різання на сили різання.

4.2 Короткі теоретичні відомості

У різний час застосовувалися наступні принципово відмінні методи виміру сили чи крутного моменту при різанні:

- а) метод зрівноважування,
- б) метод гальмування,
- в) визначення сили по потужності, яка витрачається,
- г) метод пластичної деформації зразка,
- д) метод пружної деформації.

Суть методу зрівноважування полягає в порівнянні вимірюваної сили з іншою протилежно спрямованою силою в момент рівноваги.

Метод гальмування зводиться до вимірювання крутного моменту на обертовому валу (шпинделі) і тому застосується лише для визначення головної складової сили різання P_z .

Обидва методи відрізняються громіздкістю вимірювальних установок і в даний час майже не вживаються.

Визначення сили різання по електричній потужності, яка витрачається - найбільш простий метод, що не вимагає ніяких механічних вимірювальних пристроїв. Потрібні лише ватметри (або вольтметри та амперметри). Головна складова сили різання за цією методикою може бути знайдена по формулі

$$P_z = (N_z \cdot \eta_\partial \cdot \eta_{cm}) / V, \quad (4.1)$$

де N_z – потужність споживана електродвигуном з мережі; η_d – коефіцієнт корисної дії електродвигуна; $\eta_{ст}$ – коефіцієнт корисної дії механізму головного привода верстата; V – швидкість різання.

Однак коефіцієнти η_d та $\eta_{ст}$ не тільки не однакові для різних двигунів і верстатів, але й вони є функцією величини і характеру навантаження на верстат, тому в розрахунках використовуються їхні середні значення. Метод гальмування може використовуватися тільки для наближеної оцінки головної складової сили різання чи крутного моменту на шпинделі.

Метод пластичної деформації зразка вперше реалізований у 1946 році в динамометрі сконструйованому П.Е.Дьяченко. Різець у цьому динамометрі спирається на кульку, яка лежить на еталонному по жорсткості зразку (пластинці). Під дією сили різання кулька вдавлюється в пластинку і по діаметру відбитка судять про величину діючої сили різання. Цей метод використовується вкрай рідко через ряд недоліків, про які ми тут говорити не будемо.

Найбільш зручним для вимірювання сил різання металів виявився метод пружної деформації, коли сила вимірюється по пружній деформації інструментальної державки чи спеціального пружного елемента.

На відміну від попередніх цей метод дозволяє:

- а) визначати середнє значення сили і фіксувати її зміни в часі;
- б) одночасно вимірювати три складові сили різання;
- в) виготовляти вимірювальні пристрої у вигляді зручних і компактних приборів-динамометрів.

Як перераховані, так і інші переваги (наприклад, лінійність навантажувальних характеристик приладів, чутливість, широкі межі вимірювання і інші) зробили метод пружної деформації основним у сучасній практиці вимірювання сили різання та обумовили велику різноманітність створених на його основі динамометрів.

Ці динамометри підрозділяють на три групи: пружинні, гідравлічні і електронні.

У пружинних динамометрах роль пружного елемента виконує спіральна пружина, зв'язана з різцетримачем важелем. Типовим представником важільного динамометра є прилад конструкції Т.И.Тихонова. На рис. 4.1 дана схема одного з найбільш досконалих наявних у даний час трьохкомпонентного динамометра, розробленого у Всесоюзному науково-дослідному інструментальному інституті.

Лодочка цього динамометра знаходиться на 24 пружних елементах із дротяними датчиками, тобто по 8 на кожен складову вимірюваної сили. У всіх вимірюваних напрямках створений великий попередній натяг, а датчики включені у вимірювальні схеми так, щоб сигнал на виході був алгебраїчною сумою реакції в опорах, (рисунк 4.1,б) роль яких грають трубчасті елементи. При такому розміщенні опор, яку ми бачимо на схемі, забезпечується незалежність показань приладу від моменту, створюваного вимірювальною складовою. Оскільки момент, створений силою різання не реєструється жодним вимірювальним каналом приладу, то показання приладу не залежать від вильоту інструмента. Це спрощує роботу і робить динамометр універсальним.

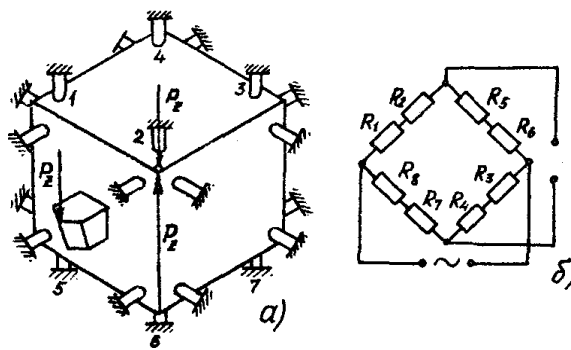


Рисунок 4.1 – Схема трьохкомпонентного динамометра

Рекомендується тарирувати динамометр перед кожною великою серією дослідів. При тарируванні динамометр і кріпиться на поперечному супорті 2 верстату (рис. 4.2), або на спеціальній плиті. У динамометр замість різця вставляють оправку 3, яка має три лунки. В ці лунки через еталонний динамометр 4 упирається рибка 5. Центри лунок повинні лежати в площині дії сил P_z , P_y і P_x .

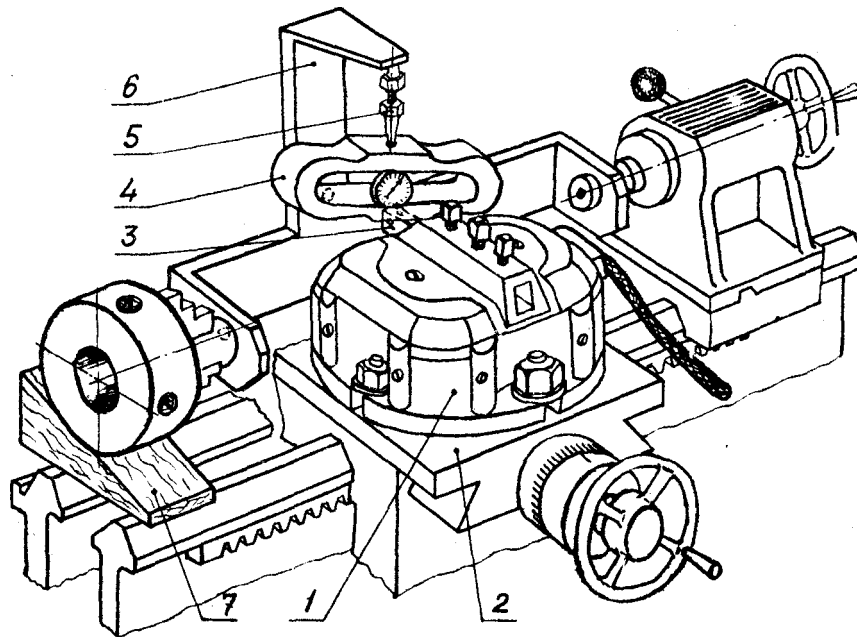


Рисунок 4.2 – Вплив глибини різання, подачі і швидкості різання на сили P_z , P_y і P_x

Протилежний кінець рибки 5 упирається в одну з лунок спеціального важеля 6, який закріплений в патроні верстата і підтримується заднім центром. Для запобігання обертання патрона його гальмують клином 7, а коробку швидкостей включають на мінімальне число обертів.

Процес тарировки динамометра полягає в наступному (на рис. 4.8 зображений випадок тарировки по силі P_z): при включеному в електричну мережу динамометрі гайковими ключами розсовують гвинт - "рибку" 5, створюючи навантаження, яке фіксується еталонним динамометром 4.

Показання гальванометра, що відповідають еталонному навантаженню заносять до протоколу № 1 (табл. 4.1). Потім навантаження збільшують через визначені інтервали (250, 500 чи 1000 Н) до максимально припустимого для даного динамометра, записуючи відповідні показання гальванометра. По отриманим даним будують точки навантаження (рису. 4.3) і розвантаження, а остаточний тарувальний графік представляє середню лінію I. Маючи такий графік, можна легко визначити силу діючу на різець при різанні.

При таруванні динамометра по силі P_y чи P_x вісь "рибки" розташовують у відповідному напрямку і використовують відповідний навантаженню канал підсилювача і гальванометр.

Таблиця 4.1 – Протокол № 1

Сила P_z		Сила P_y		Сила P_x	
Навантаження	Розвантаження	Навантаження	Розвантаження	Навантаження	Розвантаження
Н	ца	Н	ца	Н	ца

Дослідження розбивається на три серії дослідів. Спочатку виконується різання і вимірювання сил P_z , P_y і P_x при змінній глибині різання (наприклад: 1,2,3,4...10 мм) та інших постійних факторах (матеріал заготовки, швидкість, подача, геометрія інструмента). В другій серії дослідів змінною призначається подача (наприклад: 0,1; 0,15; 0,24; 0,30; 0,48; 0,75; 1 мм/об), при незмінних інших факторах. У третій серії дослідів змінною призначається швидкість різання (наприклад, 50, 100, 200, 300 та 400 м/хв) при постійних величинах інших факторів.

Дані дослідів заносяться до протоколу (дивись додаток Б).

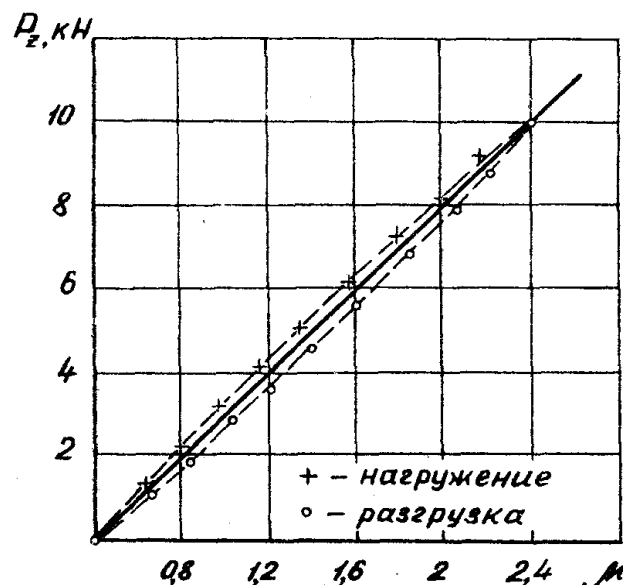


Рисунок 4.3 – Вигляд тарувального графіка

Залежність сили P_z від t , S і V , виражається функцією у вигляді:

$$P_y = C_{P_z} \cdot t^{X_{P_z}} \cdot S^{Y_{P_z}} \cdot V^{n_{P_z}}, \quad (4.2)$$

де C_{Pz} – коефіцієнт, який характеризує фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, геометрію різальної частини інструмента, умови змащення та ін.

Для визначення значень C_{Pz} , x_{Pz} , y_{Pz} , n_{Pz} використовується графоаналітичний метод.

За результатами серій дослідів у логарифмічних координатах будують наступні залежності $Pz = f(t)$ (рис.к 4.4, а); $Pz = f(S)$ (рис. 4.4, б) і $Pz = f(V)$ (рис. 4.4, в).

Показники ступеня при глибині різання, подачі та швидкості різання визначають з рис. 4.4

$$\begin{aligned} X_z &= \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}; \\ y_z &= \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{a_1}{b_1}; \\ n_z &= -\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{a_2}{b_2}. \end{aligned} \quad (4.3-4.5)$$

Коефіцієнт C_{Pz} визначають з протоколу дослідів (додаток 2) за будь-яким значенням Pz . Нехай, наприклад, сила $Pz=420$ Н при $t=3$ мм, $S=0,5$ мм/об і $V=1,5$ м/с. Підставивши всі дані у формулу (4.2) зі врахуванням раніше отриманих значень x_{Pz} , y_{Pz} та n_{Pz} (наприклад, $X_z=1$, $Y_z=0,75$ $n_z=-0,15$), маємо $420 = C_{Pz} \cdot 3 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1,5^{-0,15}$, звідки і визначають C_{Pz} .

Формули для розрахунку сил P_y і P_x знаходять аналогічно.

4.3 Методика виконання роботи

Устаткування, прилади, інструменти

1. Токарно-гвинторізний верстат моделі ІК620, оснащений приводом ТПЧ-І.
2. Універсальний динамометр УДМ-І для вимірювання сил різання конструкції ВНИИ.
3. Еталонний динамометр ДОС-І.

4. Тахометр.
5. Штангенциркуль.
6. Важіль спеціальний.
7. Розсувні “рибки”.
8. Клин дерев'яний.
9. Оброблювана заготовка.
10. Різець.
11. Ключі гайкові.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і роботу динамометра. Замалювати схему динамометра.
2. Виконати тарування динамометру і побудувати графіки.
3. Виконати експериментальні дослідження згідно варіанту завдання, запропонованого викладачем (додаток А), впливу режиму різання на складові сили різання при поздовжньому точінні, для чого провести досліди: а) при змінній глибині різання (не менш п'яти значень t) і постійних значеннях швидкості і подачі; б) при змінній подачі (п'ять значень S) і постійних значеннях глибини і швидкості різання; в) при змінній швидкості різання (п'ять значень V) і постійних t і S .
4. Для кожного дослідів зняти показання з гальванометрів, перевести їх за допомогою графіків тарировки у H и занести до протоколу досліджень (згідно додатка І).
5. Побудувати графіки залежності: P_z , P_y , $P_x=f(V, S, t)$.
6. Вивести емпіричні залежності $P_z =f_1(V,S,t)$, $P_y=f_2(V, S, t)$ і $P_x=f_3(V, S, t)$.
7. Використовуючи отримані залежності, лекційний і літературний матеріал, пояснити письмово (у висновках) фізичну сутність експериментально отриманих залежностей.

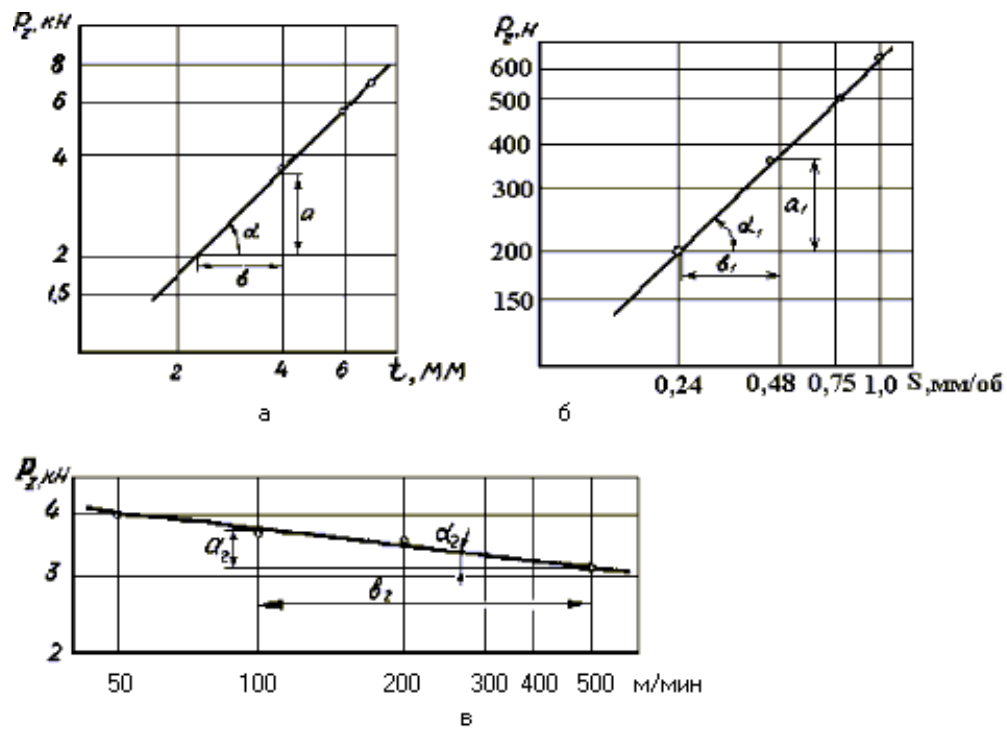


Рисунок 4.4 – Визначення показників ступеня при глибині різання (а), подачі (б) та швидкості різання (в)

Зміст звіту

У звіті в короткій формі дається письмовий висновок про виконану роботу, мету роботи, перелік устаткування, приводять схему динамометра, тарувальні графіки, протокол досліджень, експериментальні залежності у вигляді графіків і формул та висновки.

4.4 Контрольні запитання

1. Пристрій і принцип роботи універсального динамометра УДМ-1.
2. Порядок тарування динамометру.
3. Який з технологічних факторів (подача або глибина різання) впливає більше на величину P_z ?
4. Яку форму перерізу зрізу (співвідношення t і S) вигідно брати для одержання найменшої сили P_z при постійному розмірі перерізу зрізу $F=t \cdot S$ мм²?
5. Пояснити причину зміни величини P_z , P_y і P_x при збільшенні швидкості різання V .
6. Складові сили різання, їх напрямок та взаємозв'язок між ними.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №5

ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ

5.1 Мета заняття

Вивчення теплових явищ при різанні металів і методів вимірювання температури різання. Дослідження впливу елементів режиму різання на температуру різання.

5.2 Короткі теоретичні відомості

Теплові явища в процесі різання грають виключно важливу роль. Саме вони визначають температуру в зоні різання, яка впливає на характер утворення стружки, наріст, усадку стружки, величину сил різання і мікроструктуру поверхневого шару. Ще більш істотний вплив має температура різання на інтенсивність затуплення інструмента і його стійкість, а отже, продуктивність процесу різання.

Утворення і розподіл тепла

Дослідженнями встановлено, що більш 99.5% механічної роботи різання переходить у тепло і лише невелика частина її перетворюється в потенційну енергію перекрученої кристалічної ґратки. Тому можна вважати, що в теплоту переходить практично вся робота різання, тобто кількість тепла Q , що виділяється, еквівалентно механічній роботі A . Оскільки робота в одиницю часу $A = Pz V$, то кількість виникаючого за одиницю часу тепла

$$Q = Pz V \text{ Дж/с}, \quad (5.1)$$

де Pz - складова сили різання, яка діє в напрямку головного руху, Н; V – швидкість різання, м/с.

Джерелами утворення тепла при різанні є (рис. 5.1):

Q_d - тепло, яке виділяється внаслідок пластичної деформації в зоні стружкоутворення; $Q_{тп}$ – тепло від тертя на передній поверхні інструмента; $Q_{тз}$ – тепло від тертя на задній поверхні.

Теплота кожного з цих трьох джерел у результаті теплообміну в зоні різання передається стружці – Q_c , оброблюваній деталі – $Q_{дет}$, інструменту –

$Q_{И}$ і навколишньому середовищу – $Q_{СР}$ (дивись рису. 5.1). Таким чином, рівняння теплового балансу при різанні має вид:

$$Q = Q_{Д} + Q_{ТП} + Q_{ТЗ} = Q_{С} + Q_{ДЕТ} + Q_{И} + Q_{СР} \quad (5.2)$$

Кількість тепла, яке утворюється в процесі різання, і співвідношення доданків з рівняння (5.2) залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів, геометрії різального інструмента і режиму різання.

Експерименти показують, що при роботі різцями з невеликою швидкістю різання ($V < 40$ м/хв) відносна частка теплоти складає:

$$Q_{С} = 60-70\%, \quad Q_{ДЕТ} = 30-40\%; \quad Q_{И} = 3\%; \quad Q_{СР} = 1-2\%.$$

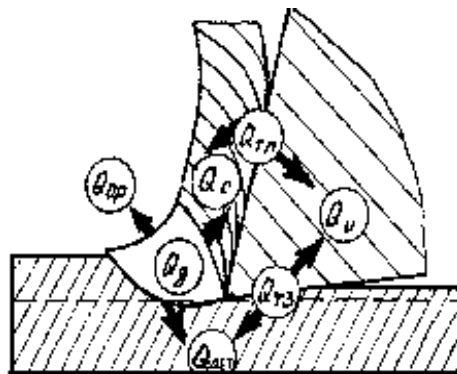


Рисунок 5.1 – Схема утворення і розподілу тепла

На розподіл тепла між стружкою, деталлю та інструментом істотно впливає збільшення швидкості різання: при цьому $Q_{С}$ зростає, а $Q_{И}$ і $Q_{ДЕТ}$ зменшуються. Крім того, чим нижче теплопровідність оброблюваного матеріалу, тим більше тепла йде до інструменту. Як видно, $Q_{И}$ дуже маленьке і при різанні будь-яких матеріалів з будь-яким режимом обробки набагато менше ніж $Q_{С}$ і $Q_{ДЕТ}$. Основною причиною низької інтенсивності тепловіддачі до інструменту є більш низька теплопровідність інструментального матеріалу в порівнянні з оброблюваним.

Температура різання і методи її вимірювання

На рис.у 5.2 представлена картина зміни температури вздовж площадки контакту на передній поверхні інструмента. Максимальна температура виникає приблизно на половині ширини площадки контакту. До леза і до кінця

площини температура убиває. По площадці контакту задньої поверхні інструмента з поверхнею різання температура розподіляється також нерівномірно. Тому в загальному випадку під температурою різання розуміють середню температуру на поверхні контакту інструмента зі стружкою і поверхнею різання.

Слід зазначити, що поняття „температура різання” також тісно пов'язано зі способами її вимірювання. Розрізняють непрямі і безпосередні способи вимірювання температури різання.

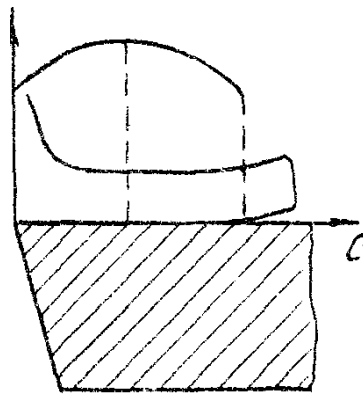


Рисунок 5.2 – Розподіл температури вздовж площадки контакту стружки з різцем

До непрямих способів відносяться: калориметричний, спостереження за кольорами мінливості, термофарб, мікроструктурного аналізу; оптичний і радіаційний. Відзначимо, що ці способи не точні і тому використовуються рідко.

Великий інтерес представляє безпосередній вимір температур у зоні різання, тому що дозволяє одержати результат, близький до дійсного. Для цієї мети застосовують спосіб термопар, вперше запропонований Я.Г.Усачевим.

Розрізняють наступні різновиди способу термопар: штучної; напівштучної; природної; метод двох різців і біжучої термопари.

На рис. 5.2,а зображений метод штучної термопари. До корпуса різця притиснута різальна пластинка 1. В корпусі зроблено отвір, в який вставлена ізоляційна трубка 2. Стандартна термопара 3 (мідь – константан, хромель – алюмель і ін.) з гальванометром 4, підключеним до її кінців, вставлена в тру-

бку 2 так, що її спай торкається нижньої площини пластинки I. Спай термопару реєструє температуру опорної площини пластинки. Розташовуючи отвір у різних точках опорної площини, можна вивчити розподіл температури по передній поверхні різця.

Перевагою методу є можливість використання стандартної термопару, а тому відпадає необхідність спеціального її тарирування. Однак, вимірювана термопарою температура нижче температури на контактних поверхнях інструмента і різниця температур залежить від відстані спаю термопару від зазначених поверхонь, збільшуючись зі збільшенням товщини різальної пластинки. Практично не вдається мати товщину пластинки менш 1,5-2 мм, а тому через великий градієнт температур вимірювана температура на 50-80°C нижче дійсної.

Напівштучна термопара (рис. 5.3,б) складна у виготовленні, допускає малу кількість переточувань інструмента і вимагає спеціального тарирування в порівнянні зі штучною, а тому набула обмеженого застосування.

Більш простим є метод природно утвореної термопару (рис. 5.3,г). Елементами природної термопару є різець I і оброблювана деталь 2, спаєм термопару служить поверхня контакту різця зі стружкою і деталлю. Якщо деталь і різець включити в замкнений електричний ланцюг, то величина термоелектрорушійної сили (т.е.р.с.). виникаючої в термоелементі, буде пропорційна температурі ковзного спаю утвореної термопару. Цим методом вимірюють не максимальну, а деяку середню контактну температуру на передній і задній поверхнях різця.

Перевагою методу є те, що його легко здійснити при будь-якому виді обробки (точінні, свердлінні, струганні, фрезеруванні, протягуванні і т.д). Для перекладу показань гальванометра в градуси Цельсія ця термопара повинна бути попередньо протарована.

Відзначимо, що тарирування термопар є трудомістким процесом. При використанні ж методу природної термопару необхідно робити кожен раз нове тарирування при зміні матеріалів різця або деталі, що є недоліком методу.

Вплив матеріалу оброблюваної деталі на вид тарувального графіка можна виключити, застосовуючи дводріцевий метод (рис. 5.3,д).

При цьому методі точіння деталі 2 роблять двома однаковими різцями І (виготовленими з різних інструментальних матеріалів) і підключеними до гальванометра. Елементами природно утвореної термопари є матеріали різців, величина т.е.р.с. залежить від їхніх властивостей і температури нагрівання контактних поверхонь різців.

Оброблюваний матеріал тут служить тільки електричним провідником і на показання гальванометра не впливає. Якщо один раз такий прилад протарувати, то можна оцінювати температуру різання при обробці різних металів.

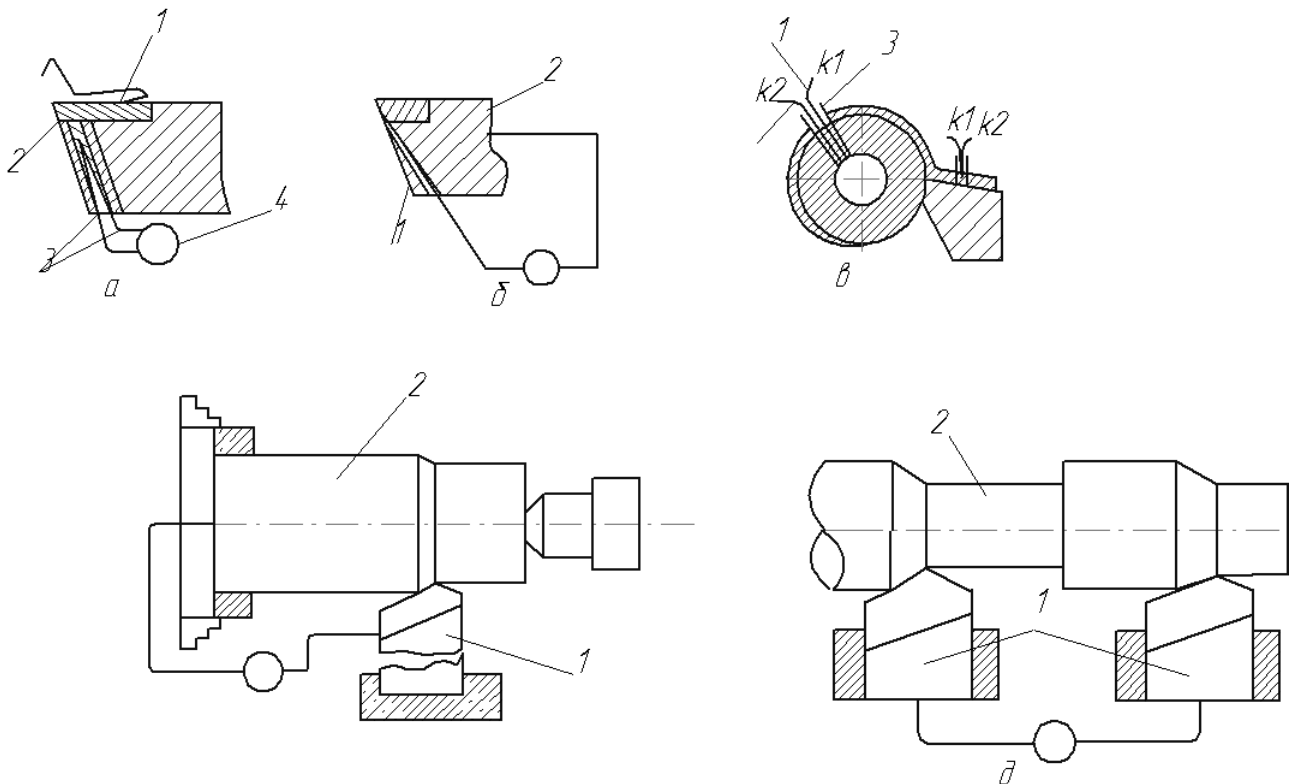


Рисунок 5.3 - Вимірювання температури термопарами: а – штучною; б – напівштучною; в – біжучою; г – природною; д – методом двох різців

По точності метод уступає одноріцевому, тому що припускає строго однакові температури контактних поверхонь обох різців. Однак внаслідок різних сил різання і різної теплопровідності матеріалів двох різців температури на контактних поверхнях різців не можуть бути однаковими.

Найбільш точним є методи, які використовують термопари, що біжать або зрізаються (рис. 5.3, в,г).

Штучна незамкнута термопара (рис. 5.3, в), розташована в захисній трубці 3, вставляється в отвір діаметром 0.5-0,7 мм в деталі. Трубка 3 виготовляється з матеріалу деталі. Елементами 1 і 2 термопари є тонкі дротики діаметром 0,1 мм із міді і константану, ізольовані емаллю. Кінці термопар К1 та К2, К3 та К4 через струмознімачі підключені до осцилографу. При перерізанні різцем захисної трубки і незамкненої штучної термопари елементи останньої замикаються на контактній поверхні стружки і поверхні різання. Таким чином, утворюється дві термопари: одна з них, рухаючись зі швидкістю стружки, через контакти К1 та К2 фіксує на осцилографі температуру вздовж контактної площадки на передній поверхні різця, а інша, рухаючи зі швидкістю різання, через контакти К3 та К4 фіксує температуру вздовж контактної площадки на задній поверхні різця.

Метод біжучих термопар відрізняється складністю і великою трудомісткістю, однак, найбільш точний і дозволяє вивчити закон розподілу температур на контактних поверхнях інструмента (рис. 5.2).

Вплив різних факторів на температуру різання

На температуру різання θ впливають ті ж фактори, що і на зміну балансу тепла (властивості інструментального й оброблюваного матеріалів, елементи режиму різання, геометрія інструмента й ін.).

Фізико-механічні властивості інструментального й оброблюваного матеріалів впливають на температуру різання θ так же як і на усадку стружки чи сили різання, тобто мається тенденція до збільшення θ з підвищенням міцності, жорсткості і пластичності оброблюваного матеріалу. Крім того на θ дуже впливає теплопровідність оброблюваного та інструментального матеріалів: чим вище теплопровідність цих матеріалів, тим нижче θ , тому що відвід тепла від місця його виділення в стружку, деталь і в інструмент більш інтенсивний.

З елементів режиму різання найбільш впливає на θ швидкість різання V , менше - подача S і найменш - глибина різання t , причому з їх збільшенням температура різання підвищується. Це підвищення θ не пропорційне збільшенню V , S та t тобто зростання температури різання відстає від росту V , S та t . Це відставання особливо підсилюється в зоні високих V , S та t .

Вплив V , S та t на температуру різання пояснюється наступним,

1) зі збільшенням V росте робота різання ($A=PzV$) і, отже, кількість виділеної теплоти, але безпосередньо в різець і деталь доля відведеної теплоти знижується, а основна кількість її забирається стружкою, тому хоча зі збільшенням V температура різання росте, це зростання увесь час сповільнюється; крім того, припущення про те, що $A=PzV$ змінюється пропорційно V , не зовсім вірне, тому що в міру збільшення V сила різання Pz зменшується;

2) зі збільшенням S збільшується сила Pz , а отже, збільшується робота різання і кількість виділеної теплоти; одночасно зростає площа контакту стружки з передньою поверхнею різця; це поліпшує умови відводу теплоти, тому збільшення θ відстає від росту S ;

3) зі збільшенням t прямо пропорційно росте Pz робота різання і кількість виділеного тепла, але в стільки ж раз збільшується і площа контакту стружки з передньою і задньою поверхнями різця, а отже, поліпшується відвід теплоти; тому зі збільшенням t температура різання незначно змінюється.

Так як площа контакту стружки з передньою і задньою поверхнями інструмента збільшується з підвищенням S в значно меншій мірі, ніж із підвищенням t , то відвід тепла зі збільшенням t поліпшується в більшій мері, ніж зі збільшенням S . Тому S в більшій мері впливає на температуру різання, ніж t .

Неоднаковий вплив t і S на температуру різання дозволяє зробити важливий висновок: для зниження θ при заданій площі перерізу зрізаного шару необхідно працювати з можливо більшим відношенням t/S тобто із широкими і тонкими стружками.

З геометричних параметрів інструмента найбільш впливає на θ передній кут γ и головний кут u у плані ϕ .

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 5.4) дозволяє вимірювати температуру різання методом природної термопари. Установка змонтована на базі верстату ТВ-4 і складається з: експериментальної заготовки 1 і різця 3, струмознімача 7, сполучних проводів і мілівольтметра 5.

На заготовці 1 з метою ізоляції її від верстата насаджені текстолітові втулка і пробка 2. Різець 3 також ізолюють від верстата текстолітовими прокладками 4. Струмознімач 7 представляє собою металеву пластинку, що притиснута під дією власної ваги до токопровідної шпильки, яка виготовлена з матеріалу деталі. Вільний кінець шпильки 6 ізолювано від корпусних деталей верстата за допомогою текстолітової втулки 8. Мілівольтметр 5 сполученими проводами 4 підключається одним кінцем до ртутного струмознімача через наконечник 14, а іншим – до різця.

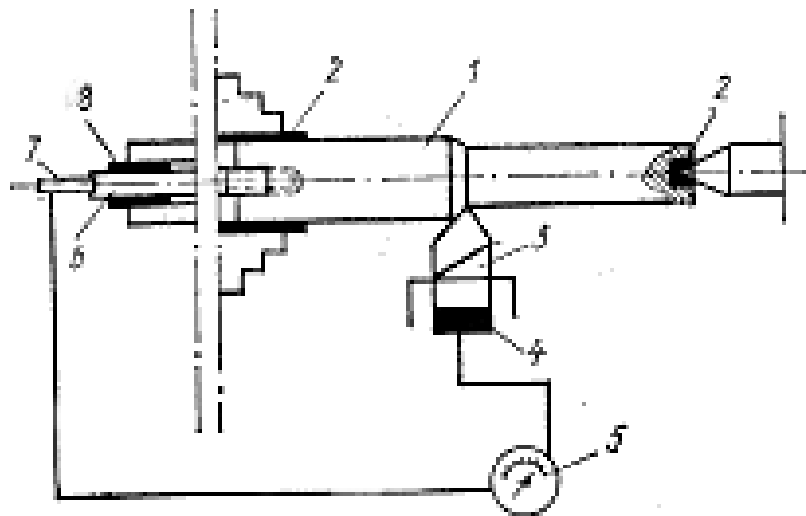


Рисунок 5.4 - Схема лабораторної установки

В процесі різання утворюється замкнутий електричний ланцюг:

„заготовка – струмознімач – мілівольтметр – різець – заготовка”.

Як видно, всі елементи цього ланцюга ізолювані від верстата. Останнє зв'язано з усуненням впливу на показання мілівольтметра різних паразитних термопар, що можуть виникнути між елементами електричного ланцюга і верстатом.

При визначеному режимі різання виконується обробка заготовки. При цьому т.е.р.с., що виникає в природній термопарі деталь-різець, фіксується мілівольтметром. Чим більше температура різання θ , тим більше виникаюча т.е.р.с., тим більше відхилення стрілки мілівольтметра.

Для переведення показань мілівольтметра в градуси Цельсію необхідно провести спеціальну тарування природної термопарі "матеріал заготовки - матеріал різця". У навчальних цілях при проведенні лабораторної роботи можна користуватися графіками тарування термопар для сталі 40 і різних твердих сплавів, зображених на рисунку 5.5.

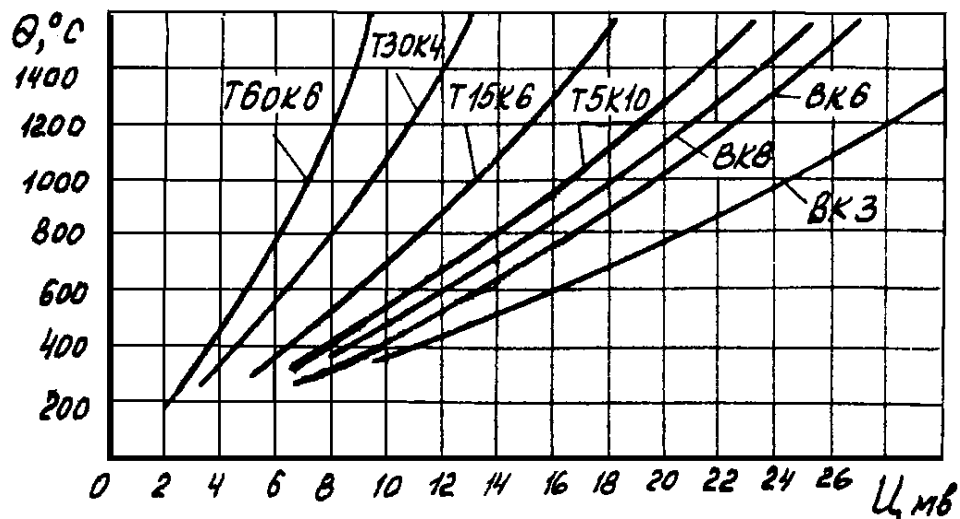


Рисунок 5.5 – Криві тарування термопар сталь 40 – твердий сплав

5.3 Методика виконання роботи

Устаткування, прилади, інструменти, принадлежности

1. Токарно-гвинторізний верстат моделі ТВ-4.
2. Експериментальна заготовка.
3. Токарний прохідний різець.
4. Штангенциркуль.
5. Струмознімач.
6. Мілівольтметр.
7. Комплект ключів.
8. Набір з'єднувальних проводів.

Порядок виконання роботи

1. Студент одержує завдання.
2. На лабораторній установці виконується (відповідно до отриманого завдання) дослідження впливу елементів режиму різання на температуру різання за методикою описаної вище. Дані дослідження заносяться до протоколу.
3. Показання мілівольметра переводяться за допомогою тарировального графіка (рис. 5.5) в градуси Цельсія і заносяться до протоколу лабораторної роботи.
4. За даними протоколу будуються в логарифмічній системі координат графіки залежностей температури різання від елементів режиму різання $\theta = f_1(V)$, $\theta = f_2(S)$ і $\theta = f_3(t)$. Рекомендується всі три графіка сполучити на одному рисунку.
5. За методикою описаною в лабораторній роботі № 4 виводиться емпірична залежність температури різання від елементів режиму різання у вигляді:

$$\theta = C_{\theta} \cdot V^x \cdot S^y \cdot t^z \quad (5.3)$$

Величини показників X , Y та Z неоднакові і при будь-яких видах обробки: $X > Y > Z$. Слід також зазначити, що рівняння (5.3) не є фізичною залежністю, бо воно було отримано статистичними засобами і тому не має фізичної розмірності. Такі залежності можна використовувати тільки для того інтервалу зміни елементів режиму різання, для якого вони були отримані. Будь-яка екстраполяція рівняння (5.3) за зазначені межі може призвести до істотних помилок.

6. Використовуючи рівняння (5.3) і графіки, робляться висновки про вплив V , S і t на температуру різання з поясненням фізичної сутності цього явища.

Зміст звіту

Мета роботи.

Короткий опис джерел тепловиділення і теплового балансу при різанні.

Схема і короткий опис лабораторної установки для виміру температури різання. Перелік устаткування і приладів.

Протокол досліджень лабораторної роботи (додаток Б).

Графіки $\theta=f_1(V)$, $\theta=f_2(S)$ і $\theta=f_3(t)$.

Необхідні розрахунки про визначення чисельного значення коефіцієнта C_P і показників ступенів x , y і z для отримання емпіричної залежності

$$\theta = C_{\theta} \cdot V^x \cdot S^y \cdot t^z$$

Висновки.

5.4 Контрольні запитання

1. Джерела тепловиділення і тепловий баланс при різанні.
2. Що таке температура різання?
3. Способи виміру температури різання (непрямі і безпосередні).
4. Вплив різних факторів (властивостей інструментального й оброблюваного матеріалів, елементів режиму різання і геометрії інструмента) на температуру різання.

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTІ СТАЛІ

6.1 Мета заняття

Закріплення знань про основні поверхні і геометричні параметри різців різних типів; ознайомлення з методами виміру геометричних параметрів різців і приладами, які застосовують для цієї мети; придбання навичок розробки ескізів різців.

6.2 Короткі теоретичні відомості

Зростання продуктивності праці і підвищення якості продукції, що випускається, багато в чому залежать від того, наскільки правильно визначені умови обробки деталі. Серед безлічі факторів, що впливають на ці умови, важливе місце займає здатність матеріалу деталі піддаватися обробці різальними інструментами, що звичайно називають оброблюваністю.

Оброблюваність матеріалу є сукупністю багатьох його технологічних властивостей, що впливають на різні сторони процесу різання. З практичної точки зору найбільший інтерес представляють наступні показники оброблюваності:

- інтенсивність зношування робочих поверхонь інструмента при обробці даного металу, що визначає рівень швидкості різання, з яким доцільно працювати, і, що знаходиться в тісному зв'язку з продуктивністю і собівартістю обробки;
- якість остаточно обробленої поверхні деталі, що характеризується шорсткістю поверхні, точністю розмірів і форми деталі, залишковими напруженнями в поверхневому шарі деталі і т.д.;
- величина сили різання, по якій можна визначити міцність і твердість окремих деталей верстата, деформації інструмента і деталі, потужність, що витрачається на різання;

– характер утворення, форма і легкість відводу стружки, що грають важливу роль при таких операціях, як глибоке свердління, нарізування різьблення в глухих отворах, робота на токарних автоматах і т.д.

У залежності від особливостей операції вибирається найбільш важлива характеристика оброблюваності, але у всіх випадках, прямо або побічно, ці характеристики зв'язані з інтенсивністю затуплення інструмента, що визначається рівнем швидкості різання.

Таким чином, у більшості випадків оброблюваність металу визначається шляхом знаходження залежності $T=f(v)$ при інших параметрах процесу різання, близьких до оптимальних, які забезпечать вимоги якості і вартості деталі.

Уперше вивчення залежності $T=f(v)$ було проведено в 1905 р. Тейлором. На основі експериментальних досліджень він установив, що при великих перетинах зрізу залежність стійкості від швидкості з достатнім наближенням можна охарактеризувати рівнянням

$$T=C_T / v^\mu, \quad v = C_V / T^m, \quad (6.1)$$

де C_T , C_V – коефіцієнти, що залежать від властивостей оброблюваного матеріалу, матеріалу і геометричних параметрів інструмента, параметрів перетину зрізу, умов охолодження і т.д.; μ – показник ступеня, що відповідає інтенсивності впливу v на T .

Однак надалі було встановлено, що формула (6.1) придатна для опису залежності $T=f(v)$ далеко не у всіх випадках, тому що в залежності від сполучення параметрів різання величина μ змінюється в значних межах. До середини 50-х років у зв'язку з удосконалюванням технологічних процесів механічної обробки, широким впровадженням у виробництво агрегатних верстатів і автоматичних ліній, появою машинних методів розрахунку режимів виникла необхідність одержати рівняння, що описує $T=f(v)$ у широкому діапазоні умов різання. Були отримані досить складні залежності, жодна з яких не має фізичного обґрунтування на основі сучасних теорій зносу і стійкості різальних інструментів. Тому при виборі рівняння необхідно враховувати обсяг

експериментальних досліджень і виробничого досвіду, що лежить у їхній основі.

В останні роки в зв'язку з розширенням кола оброблюваних і інструментальних матеріалів, установлено, що в широкому діапазоні режимів різання залежності $T=f(v)$ практично завжди мають складний характер. Г. И. Темчин приводить схеми типових залежностей $T=f(v)$ у подвійній логарифмічній сітці координат (рисунок 6.1).

Тут лінія T відповідає ступеневій залежності у формулі (6.1). Лінії $D1$ і $D2$ відповідають залежностям, коли зі зменшенням швидкості стійкість наближається до граничного значення. Лінії $Ж1$ і $Ж2$ мають одну або дві екстремальні стійкості. У літературі маються дані, що дозволяють дати пояснення складному характерові залежностей $T=f(v)$ як з фізичної, так і з організаційної точки зору.

Серед факторів, що впливають на функцію $T=f(v)$, можна виділити такі:

- зміна фізичної природи зношування в міру зростання швидкості різання;
- зміна жорсткості і міцності інструментального матеріалу в міру зростання швидкості різання; виникнення вібрацій у визначених діапазонах умов різання;
- утворення наросту, що відбувається найбільш бурхливо при малих швидкостях різання і різко знижує стійкість інструмента;
- зниження величин зносу, що допускаються, при багатоінструментальній обробці і зниження в зв'язку з цим показника ступеня;
- передчасне зняття працездатних інструментів одночасно зі зношеними (організаційно-технічна причина).

Аналіз залежностей $T=f(v)$ приводить до висновку, що для кожного виду обробки оброблюваного й інструментального матеріалу існує максимально досяжне, граничне значення стійкості $T_{пр}$. Орієнтовані значення $T_{пр}$, за даними автомобільної промисловості приведені в таблиці 6.1.

При обробці більшості конструкційних матеріалів залежність $T=f(v)$ описується лінією типу D_1 , В умовах обробки одним інструментом оптимальні значення періодів стійкості знаходяться на ділянці правої спадаючої гілки і залежність $T=f(v)$ описується рівнянням (6.1). Такі рівняння одержали широке поширення і прийняті для розрахунків у всіх виданнях загально машинобудівних нормативів по режимах різання.

Існують різні методи визначення оброблюваності.

Класичний метод полягає у визначенні залежностей $v=f(T)$ для різних матеріалів. Шляхом виміру зносу різця через невеликі проміжки часу, задавши визначеним періодом стійкості T , можна знайти відповідні йому швидкості різання V_{T1}, V_{T2} . і визначити коефіцієнт оброблюваності:

$$K_0 = V_{T1}/V_{T2} \quad (6.2)$$

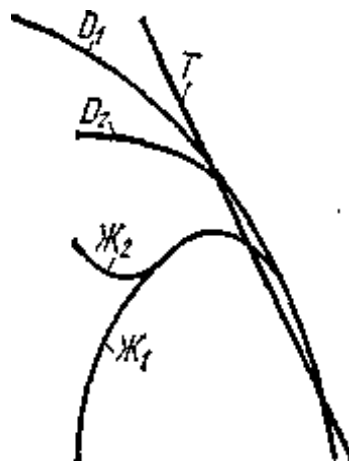


Рисунок 6.1. – Види залежностей «стійкість-швидкість»

Класичний метод найбільше точно й об'єктивно відбиває вплив оброблюваного матеріалу на інтенсивність зносу інструмента, однак він дуже трудомісткий і вимагає великих витрат оброблюваного матеріалу й інструмента. Тому в даний час розроблені прискорені методи визначення оброблюваності. Розглянемо деякі з них.

Метод торцевого обточування полягає в тому, що диск, виготовлений з випробуваного матеріалу, обточують на токарному верстаті по торці від центра до периферії з постійною частотою обертання (рисунок 6.2). При цьо-

му швидкість різання постійно зростає, і на якійсь швидкості настає затуплення різця. Параметри рівняння (6.1) знаходять таким способом:

$$T \cdot v^{\mu} = C_v^{\mu} \quad (6.3)$$

Таблиця 6.1 – Максимально припустимі значення $T_{пр}$

Інструмент	Оброблюваний матеріал	Інструментальний матеріал	$T_{пр}$, хв
Різці	Сталь	Швидкорізальна сталь	1500
	Чавун	»	1000
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	1500
Свердла	Сталь	Швидкорізальна сталь	700
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	1000
Зенкери	Сталь	Швидкорізальна сталь	700
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	500
	Чавун	»	1000
Фрези	Сталь	Швидкорізальна сталь	3000
	Чавун	»	1500
	Сталь	Тверді сплави	600
	Чавун	»	2000

При перемінній швидкості різання, що має місце в нашому випадку, одержимо:

$$T \cdot v_{ср}^{\mu} = C_v^{\mu} \quad (6.4)$$

У межах зміни швидкості різання від v_0 до $v_п$ маємо

$$v_{cp}^{\mu} = \frac{v_0}{v_n - v_0} \int_{v_0}^{v_n} v^{\mu} dv = \frac{v_n^{\mu+1} - v_0^{\mu+1}}{(\mu+1)(v_n - v_0)} \quad (6.5)$$

де v_0 і v_n – швидкості початку різання і моменту затуплення різця.

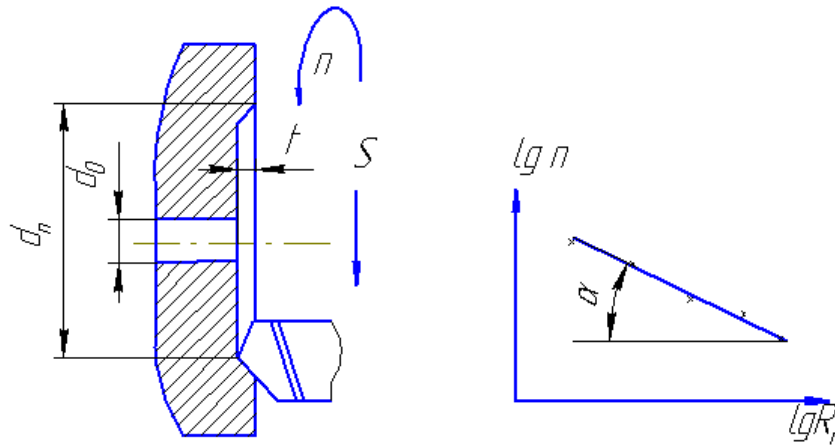


Рисунок 6.2 – Схема торцевого точіння

Час різання при торцевому точінні від початкового до кінцевого діаметру (стійкість різця) дорівнює:

$$T = \frac{d_n - d_0}{2nS} = \frac{1000(v_n - v_0)}{2\pi \cdot n^2 \cdot S} \quad (6.6)$$

тоді

$$\frac{1000(v_n - v_0)}{2\pi \cdot n^2 \cdot S} \cdot \frac{v_n^{\mu+1} - v_0^{\mu+1}}{(\mu+1)(v_n - v_0)} = C_v^{\mu}$$

За умови, що $v_n^{\mu+1} \geq v_0^{\mu+1}$ отримаємо

$$1000 \cdot v_n^{\mu+1} \approx 2\pi \cdot n^2 S (\mu+1) \cdot C_v^{\mu} \quad (6.7)$$

У рівнянні (6.7) – два невідомих (C_v і μ), які можна знайти, зробивши проточку торця до затуплення різця при двох різних частотах обертання n_1 і n_2 . Вирішивши систему рівнянь, одержимо:

$$\mu = \frac{2 \lg \frac{n_1}{n_2}}{\lg \frac{v_{n_1}}{v_{n_2}}}$$

$$C_v = \mu \sqrt{\frac{1000 \cdot v_n^{\mu+1}}{2\pi \cdot n^2 S(\mu+1)}} \quad (6.8, 6.9)$$

Значення μ , може бути легко отримане графічним шляхом. Якщо в подвійній логарифмічній системі координат розташувати по осі абсцис значення радіусів R_n , на яких відбулося затуплення різця, а по осі ординат — відповідні частоти обертання n , то лінія, проведена через експериментальні крапки, буде прямою з кутом нахилу α , причому

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu + 1}{\mu - 1} \quad (6.10)$$

Дійсно з рівняння (6.7) одержуємо

$$\begin{aligned} \frac{\mu + 1}{2} &= \frac{\lg n_1 - \lg n_2}{\lg v_{n_1} - \lg v_{n_2}} = \frac{\lg n_1 - \lg n_2}{\lg 2\pi + \lg r_1 n_1 - \lg 2\pi - \lg r_2 n_2} = \\ &= \frac{\lg n_1 - \lg n_2}{(\lg n_1 - \lg n_2) + (\lg r_1 - \lg r_2)}; \\ \frac{2}{\mu + 1} &= 1 + \frac{\lg r_1 - \lg r_2}{\lg n_1 - \lg n_2}; \\ \frac{2 - \mu - 1}{\mu + 1} &= \frac{\lg r_1 - \lg r_2}{\lg n_1 - \lg n_2}; \quad \frac{\mu + 1}{\mu - 1} = -\frac{\lg n_1 - \lg n_2}{\lg r_1 - \lg r_2} = \operatorname{tg} \alpha \end{aligned}$$

Остаточно

$$\mu = \frac{1 + \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - 1} \quad (6.11)$$

Викладена вище методика дозволяє графічно обробити сукупність точок, отриманих при великій кількості частот обертання шпинделя, що зменшує імовірність випадкових помилок.

Підставивши величини, отримані з рівняння (6.9) і (6.11), у рівняння (6.1), можна визначити швидкість різання для даного перетину стружки, що відповідає економічно вигідній для даних умов, стійкості інструмента

$$v_T = v_n \cdot \mu \sqrt{\frac{D \cdot n}{2S \cdot n(\mu + 1)T}}, \quad (6.12)$$

де D – діаметр, на якому затупився різець.

Другий із прискорених методів визначення оброблюваності - метод А.С.Кондратова – заснований на положенні, що інтенсивність зносу різця практично не залежить від величини зносу. Сутність методу полягає в тім, що заготовку з досліджуваного матеріалу обточують при постійних подачі і глибині різання одним різцем з різними швидкостями різання. Для кожного значення швидкості v_1, v_2, \dots, v_n визначають приріст лінійного зносу задньої поверхні різця $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$, що відповідає часу роботи різця $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ після чого визначають інтенсивність зносу $u_1 = \Delta_1 / \tau_1$; $u_2 = \Delta_2 / \tau_2$; ...; $u_n = \Delta_n / \tau_n$... Потім у подвійній логарифмічній сітці координат будують залежність $i = f(v)$, що представляє собою пряму лінію, тангенс кута нахилу якої до осі i дорівнює показникові відносної стійкості m у формулі $v = C / T_T$ (рис. 6.3).

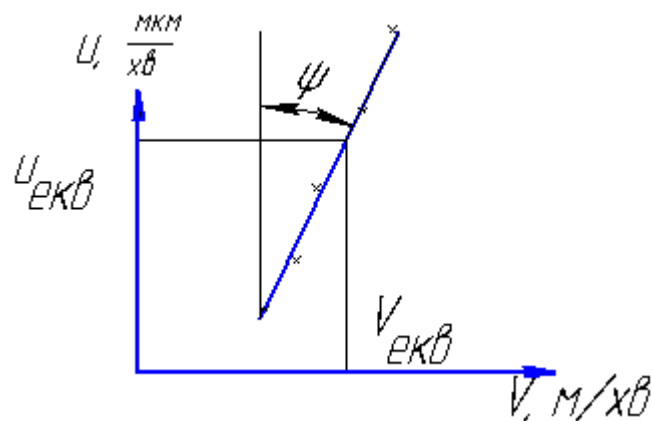


Рисунок 6.3 – Зв'язок між швидкістю різання та інтенсивністю зносу

Далі визначають еквівалентну за весь період часу роботи різця інтенсивність зносу

$$v_{екв} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i} \quad (6.13)$$

і за графіком $i = f(v)$ знаходять швидкість різання векв, що відповідає векв. Тоді величина

$$C_v = v_{екв} \left(\sum_{i=1}^n \tau_i \right) \cdot \operatorname{tg} \phi$$

Даний метод знижує трудомісткість експерименту в 6...10 разів.

Положення про сталість інтенсивності зносу на ділянці рівномірного зносу лежить в основі методу А. Д. Макарова. Він полягає в побудові кривих зносу тільки на початковій ділянці з наступною їхньою екстраполяцією до величини $h_3.KP$ (рис.6.4).

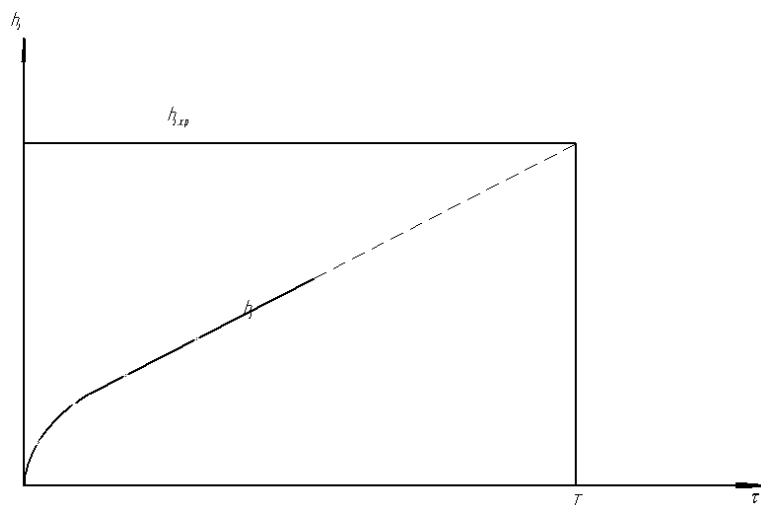


Рисунок 6.4 - Екстраполяція кривої зносу (метод А. Д. Макарова)

Оброблюваність матеріалу можна прискорено оцінити також по величині деяких фізичних характеристик процесу різання, таких як сила різання, температура, коефіцієнт усадки стружки і т.д. У цьому випадку експериментальним шляхом визначають вплив окремо швидкості різання, глибини і подачі на розглянутий параметр. Потім при обробці експериментальних даних цей параметр виключають і знаходять взаємозв'язок між v , δ і I для досліджу-

ваного матеріалу. Після цього проводять незначна кількість звичайних стійкісних іспитів, визначають взаємозв'язок величини стійкості з досліджуваним параметром і залежність стійкості від рівня режиму різання.

6.3 Методика виконання роботи

Лабораторне устаткування: токарно-гвинторізний верстат; заготовки (диск) зі сталі; різці токарні прохідні— 5; кутомір; тахометр; штангенциркуль.

Експерименти проводяться або при торцевому точінні диска при постійній поперечній подачі і глибині різання, або по методу А.С.Кондратова.

При роботі за першим методом штангенциркулем заміряти діаметр, на якому відбулося затуплення і побудувати графік в координатах $\lg n - \lg R_n$. При роботі за методом А.С.Кондратова заміряти знос різця та побудувати залежність між швидкістю різання та інтенсивністю зносу різця.

За графіком і по формулах визначають величини μ , C_v , v .

Вимоги до оформлення роботи

У звіті необхідно відбити умови, у яких виконувалися досвіди; результати експериментів; побудувати графіки; розрахувати величини μ , C_v , v ; зробити висновки.

6.4 Контрольні запитання

1. Що таке оброблюваність?
2. Назвіть основні показники оброблюваності.
3. Якими методами визначається оброблюваність?
4. У чому полягають прискорені методи визначення оброблюваності?
5. У чому сутність методу торцевого обточування?
6. Як впливають на показники оброблюваності фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу?
7. Як впливає на показники оброблюваності структура оброблюваного матеріалу?

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №7

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОРМАТИВНО ДОВІДКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

7.1 Мета заняття

Придбання практичних навичок визначення режимів різання по нормативно-довідковій літературі; ознайомлення зі структурою довідників.

7.2 Короткі теоретичні відомості

Однією з задач оптимізації технологічного процесу виготовлення деталі є вибір найвигідніших режимів механічної обробки для кожної операції, тобто процесу обробки заготовки на одному робочому місці відповідно до технічних умов на деталь: точністю розмірів і геометричної форми, шорсткістю обробленої поверхні і т.д.

Кожна технологічна операція має свої особливості в залежності від параметрів заготовки, верстата й інструмента. До параметрів заготовки відносяться її габарити, припуск, що знімається, властивості оброблюваного матеріалу і т.д.

Серед параметрів, що характеризують верстат, виділяються параметри безпосередньо верстата, режимів різання і допоміжних рухів верстата. Під параметрами безпосередньо верстата розуміють його елементи, що впливають на припустимі розміри оброблюваної деталі (висота центрів токарного верстата; площа столу фрезерного верстата і т.д.); діапазон зміни режимів різання, обумовлений кінематикою верстата (частотою обертання шпинделя і подачі); зусилля різання, які допускаються міцністю робочих механізмів верстата; твердість і вібростійкість верстата; ефективна потужність електродвигунів. Параметри допоміжних рухів верстата визначають час холостих ходів на верстаті.

До параметрів режиму різання відносять такі, котрі визначають час обробки деталі: робоча подача верстата; частота обертання шпинделя верстата і

швидкість різання; довжина робочого ходу, якщо вона визначається кінематикою верстата; число проходів, за яке обробляється деталь.

До параметрів інструмента відносять: інструментальний матеріал; конструктивні і геометричні параметри інструмента (габарити різця, твердосплавної пластинки і кути заточення різальної частини; діаметр і довжина робочої частини свердла; діаметр і число зубів фрези і т.д.); припустима кількість переточувань.

Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі полягає в раціональному виборі всіх перерахованих параметрів. При цьому заздалегідь відомі, такі фактори, як: спосіб одержання заготовки і її твердість; припуск на обробку; конструкція інструмента; характеристики верстата, що використовується для виконання операції, і ряд інших.

Визначення параметрів процесу обробки можливо проводити або з використанням методів оптимізації за різними критеріями, або на основі наближених розрахунків із застосуванням нормативів (довідників). В останньому випадку прийнята така **послідовність розрахунків**.

1. Вибір матеріалу різальної частини інструмента.
2. Визначення оптимальної геометрії інструмента в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу й умов обробки.

3. Призначення глибини різання з урахуванням величини припуску на обробку. При чорновій обробці бажано призначати глибину різання, яка відповідає зрізанню припуску за один прохід. Кількість проходів більше одного при чорновій обробці варто допускати у виняткових випадках при знятті підвищених припусків. Напівчистову обробку часто проводять за два проходи. Перший, чорновий, прохід здійснюють з глибиною різання $t = (0,6 \div 0,75)h$. а другий, остаточний, з $t = (0,3 \div 0,25)h$. Обробка в два проходи в цьому випадку диктується тим, що при знятті шару товщиною понад 2 мм за один прохід якість обробленої поверхні виходить низькою, а точність її розмірів недостатня. При чистовій обробці глибини різання призначають у залежності від точності

і шорсткості поверхні в межах 0,5-2,0 мм на діаметр, а при обробці із шорсткістю поверхні менш Ra 1,25 - у межах 0,1-0,4 мм.

Глибина є першим із призначуваних елементів режиму різання, наступним є вибір подачі і швидкості різання, що забезпечує необхідну стійкість. Така послідовність обумовлена впливом елементів режиму різання на температуру в зоні різання й інтенсивністю зношування робочих поверхонь інструмента.

4. Вибір подачі (при точінні і свердленні вибирається подача S_0 , мм/об; при фрезеруванні – S_z , мм/зуб). При чорновій обробці подачу встановлюють з урахуванням жорсткості системи „верстат - інструмент – деталь”; міцності деталі, способу її кріплення (у патроні, у центрах і т.д.), міцності і жорсткості різального інструмента, міцності механізму подачі верстата, а також установлені глибини різання. Після, вибору нормативної величини подачі роблять перевірочні розрахунки.

Наприклад, подачу, обрану для чорнового точіння з заданою глибиною різання, перевіряють по осьовій силі різання і по міцності механізму подачі верстата. При цьому визначають для даного оброблюваного матеріалу глибину різання і подачу, осьову силу і зіставляють її з силою, що допускається механізмом подачі верстата, яка вказується в його паспорті. Осьова сила різання повинна бути менше або, у крайньому випадку, дорівнювати силі, що допускається механізмом подачі.

При роботі з великими перетинами зрізу або з великим вильотом різця обрану подачу перевіряють також по міцності його державки і пластинки твердого сплаву. Якщо обрана подача не задовольняє даним умовам, то необхідно понизити неї до припустимої величини. Зменшення величини подачі знижує силу різання, але глибина різання впливає на силу більш значно. Проте, зменшують саме подачу, тому що при зменшенні глибини відразу з'являється необхідність у другому проході і зростає час обробки. Крім того, глибина різання тільки в малому ступені впливає на зміну періоду стійкості інструмента і величини V_T , тоді як при зменшенні подачі V_T зростає.

При чистовому точінні призначення подачі необхідно погоджувати з заданою величиною шорсткості обробленої поверхні і квалітетом точності, з огляду на можливу величину прогину деталі під дією сил різання і погрішності геометричної форми обробленої поверхні.

Для розрахунку сил різання застосовуються ступеневі залежності виду

$$\begin{aligned} P_z &= C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot v^{z_{P_z}} \cdot k_{P_z} \\ P_y &= C_{P_y} \cdot t^{x_{P_y}} \cdot S^{y_{P_y}} \cdot v^{z_{P_y}} \cdot k_{P_y} \\ P_x &= C_{P_x} \cdot t^{x_{P_x}} \cdot S^{y_{P_x}} \cdot v^{z_{P_x}} \cdot k_{P_x} \end{aligned} \quad (7.1-7.3)$$

Показники ступенів x , y , z і коефіцієнти C_p , k_p враховують конкретні умови роботи різця.

Прийнята величина подачі уточнюється по паспорту верстата. При цьому приймають найближчу з наявних на верстаті подач. Допускається приймати найближчу більшу, якщо вона перевищує нормативну не більше ніж на 10 %.

Для перевірочних розрахунків можна використовувати наступні формули:

подача, що допускається твердістю оброблюваної деталі:

$$S_{ж.д} = u_{P_y} \sqrt{\frac{f_d \cdot E_d \cdot \mu \cdot J}{1,1 \cdot C_{P_y} \cdot t^{x_{P_y}} \cdot l^3 \cdot k_{P_y}}} \quad (7.4)$$

де f_d – припустима стріла прогину деталі, рівна 20 % від поля допуску на деталь при чистовій обробці і 0,2-0,4 мм при чорновій обробці; E_d – модуль пружності матеріалу деталі; μ - коефіцієнт, що враховує особливості закріплення деталі (у патроні, у центрах, патроні і центрі); J -момент інерції перетину деталі (для круглого профілю $J=0,05 D^4$); l – довжина деталі; k_{P_y} – коефіцієнт, що враховує змінені умови роботи різця;

подача, що допускається твердістю різця:

$$S_{ж.р} = y_{P_z} \sqrt{\frac{f_p \cdot E_p \cdot B \cdot H^3}{4 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot l_p^3 \cdot k_{P_z}}} \quad (7.5)$$

де f_p – стріла прогину різця, рівна при чорновому і чистовому точінні відповідно 0,1 і 0,05 мм; $E_p = 200$ ГПа – модуль пружності державки різця; B – ширина державки різця; H – висота державки різця; l_p – довжина вильоту різця;

подача, що допускається міцністю державки різця:

$$S_{н.р} = y_{P_z} \sqrt{\frac{B \cdot H^2 \cdot [\sigma_p]}{6 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot l_p \cdot k_{P_z}}} \quad (7.6)$$

де $[\sigma_p] = 200$ МПа – напруження, що допускається, на вигин державки різця (незагатованої);

подача, що допускається міцністю пластинки твердого сплаву:

$$S_{н.н} = y_{P_z} \sqrt{\frac{34 \cdot c^{1,25} \cdot \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi}\right)^{0,8}}{C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z} - 0,77} \cdot k_{P_z}}} \quad (7.7)$$

де c – товщина твердосплавної пластинки; φ – головний кут у плані;

подача, що допускається міцністю механізму подачі верстата:

$$S_{н.ст} = y_{P_z} \sqrt{\frac{P_{ст}}{C_{P_x} \cdot t^{x_{P_x}} \cdot k_{P_x}}} \quad (7.8)$$

де $P_{ст}$ – сила, що допускається міцністю механізму подачі верстата (визначається по паспорту верстата).

При свердленні обрану величину подачі перевіряють по міцності і стійкості свердла під дією сил різання і міцності механізму подач верстата.

Крутний момент і осьову силу в цьому випадку визначають по формулах

$$\begin{aligned}
 M_{\kappa} &= C_M \cdot D^{x_M} \cdot S^{y_M} \cdot k_M, \\
 P_o &= C_P \cdot D^{x_P} \cdot S^{y_P} \cdot k_P
 \end{aligned}
 \tag{7.10}$$

– подача, що допускається міцністю свердла на крутіння:

$$S_{n.\kappa} = y_M \sqrt{\frac{0,0206 \cdot 10^{1,4m+0,2n'} \cdot \tau \cdot q^2}{C_M \cdot D^{x_M} \cdot k_{3.n} \cdot k_M}}
 \tag{7.11}$$

де C_M, C_P, k_M, k_P – коефіцієнти, що враховують конкретні умови роботи свердла; x, y – показники ступеня. Для перевірочних розрахунків можна використовувати наступні формули:

де $t = K/D$; $p' = B'/D$; K – товщина серцевини свердла;

B' – ширина пера в перетині, перпендикулярному до гвинтової лінії свердла; D – діаметр свердла; $\tau = 1650$ МПа – межа міцності матеріалу свердла на крутіння; q – діаметр спинки свердла; $k_{3.n}$ – коефіцієнт запасу міцності;

– подача, що допускається міцністю свердла на стиск:

$$S_{n.c} = y_P \sqrt{\frac{k \cdot F \cdot [\sigma_S]}{C_P \cdot D^{x_P} \cdot k_{3.n} \cdot k_P}}
 \tag{7.12}$$

де $k = (0,22-0,25)$ – коефіцієнт, що враховує завитість свердла; $F=0,314D^2$ – площа поперечного перерізу робочої частини свердла; $\sigma_S = 3-3,2$ ГПа – границя текучості при стиску матеріалу свердла; $k_{3.п.}$ – коефіцієнт запасу міцності;

– подача, що допускається подовжньою стійкістю свердла:

$$S_{n.y} = y_P \sqrt{\frac{\eta \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J_{\min}}{C_P \cdot l_{\phi} \cdot D^{x_P} \cdot k_P}},
 \tag{7.13}$$

де $\eta = 1,67$ – коефіцієнт, що враховує завитість свердла; $E = 225$ МПа – модуль пружності матеріалу свердла; $J_{\min} = 0,0054 D^4$ – мінімальний момент інерції свердла; l_{ϕ} – виліт свердла;

– подача, що допускається міцністю механізму подачі верстата:

$$S_{n.cm} = y_P \sqrt{\frac{P_{cm}}{C_P \cdot D^{x_P} \cdot k_P}} \quad (7.14)$$

Необхідно відзначити, що на практиці перевірочні розрахунки по формулах (7.4)-(7.8), (7.11)-(7.14) виконуються рідко через їхню відносну складність. У разі потреби використовуються таблиці гранично припустимих подач, що приводяться в ряді довідників.

5. Визначення швидкості різання. Швидкість різання, що допускається різальним інструментом при визначеному періоді його стійкості, залежить від глибини різання і подачі, матеріалу різальної частини, і його геометричних параметрів, від оброблюваного матеріалу, виду обробки, охолодження й інших факторів.

При даних значеннях глибини різання, подачі і періоду стійкості можна розрахувати швидкість різання, що забезпечує задану стійкість:

при точінні

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot k_v \quad (7.15)$$

при свердлінні

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot D^x \cdot S^{y_v}} \cdot k_v \quad (7.16)$$

при фрезеруванні

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot B^{n_v} \cdot z^{q_v}} \cdot k_v \quad (7.17)$$

де C_v – коефіцієнт, що враховує умови роботи інструмента, прийняті в довіднику за основу; коефіцієнт, що враховує відмінність конкретних умов роботи інструмента від прийнятих за основу; x_v, y_v, n_v – показники ступеню.

Величини нормативних періодів стійкості приймаються з урахуванням економічних факторів і виробничого досвіду експлуатації інструментів. Ви-

значальними тут можуть бути вимоги до продуктивності обробки, її економічності, витрат на експлуатацію інструмента й інші. У конкретних умовах роботи інструмента періоди стійкості можуть бути різними.

Їхнє значне збільшення, однак, вимагає зниження швидкості різання, а звідси, і продуктивності обробки, що економічно не вигідно. Зменшень періоду стійкості в порівнянні з нормативним на 25% збільшує вартість обробки усього на 2%.

У довідниках швидкості різання звичайно приводять в таблицях з урахуванням визначених умов роботи. Якщо конкретні умови відрізняються від тих, для яких складена дана нормативна таблиця, то при виборі швидкості різання табличні значення збільшуються на поправочні коефіцієнти.

По розрахунковій швидкості різання підраховують потрібну частоту обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000v}{\pi D} \quad (7.18)$$

6. Коректування елементів режиму різання. Отриману частоту обертання шпинделя уточнюють по паспорту верстата і приймають найближче менше з наявних на верстаті. Перевищувати розрахункову частоту допускається не більше ніж на 10 %.

По дійсній частоті обертання шпинделя визначають фактичну швидкість різання $V_d = \pi D n_d / 1000$, а при фрезеруванні – дійсну хвилину подачу $S_m = S_z \cdot z \cdot n_d$

Якщо виявляється, що потужності електродвигуна верстата, на якому повинна проводитись обробка, не вистачає, треба вибрати більш потужний верстат. Якщо ж це неможливо, то необхідно зменшити обрану частоту обертання або подачу, перейшовши на найближчі менші. При цьому треба зупинитися на такому остаточному рішенні, при якому добуток nS буде найбільшим, тому що в цьому випадку буде найменшим машинний час обробки.

7. Перевірка обраного режиму різання по потужності верстата здійснюється при чорновій обробці. У цьому випадку повинне дотримуватися спів-

відношення $N_{\text{різ}} \leq 1.3\eta N_{\text{см}}$, де η — коефіцієнт корисної дії приводу головного руху, $N_{\text{см}}$ — потужність електродвигуна; $N_{\text{різ}}$ — потужність різання, обумовлена по таблицях або формулам, шляхом використання величин Pz і v або Mk і η .

8. Визначають машинний час кожного проходу по формулі

$$t_{\text{м}} = \frac{l_1 + l + l_2}{nS} \quad (7.19)$$

де l — довжина оброблюваної поверхні; l_1, l_2 — довжини врізання і перебігу, що вибирають по таблицях; S — подача; n — частота обертання інструмента або деталі.

7.3 Методика виконання роботи

Розрахунок режиму різання виконується по одному з наступних довідників: [5 - 10].

У завдання входить розрахунок режимів різання при точінні і свердленні (фрезеруванні).

7.4 Контрольні запитання

1. Назвіть параметри, що характеризують верстат, заготовку й інструмент.
2. Яка послідовність призначення режимів різання?
3. З яких позицій вибирають інструментальний матеріал і геометрію інструмента?
4. Підхід до призначення глибини різання
5. Які перевірочні розрахунки необхідні при виборі подачі у випадку чорнової обробки? Числової обробки? Точіння? Свердління?
6. Який з елементів шару, що зрізується, подачу або глибину варто змінювати в разі потреби зменшення сили різання?
7. Як приймають нормативне значення стійкості інструмента?
8. Чим розрізняються нормативний і фактичний періоди стійкості?

9. Які вимоги варто пред'являти до точності розрахунків найвигіднішого періоду стійкості і його дотримань на виробництві?

10. Як розраховують швидкість різання, що забезпечує задану стійкість?

11. Як при призначенні режиму різання враховуються особливості умов обробки? паспортні дані верстата?

12. У яких випадках і як проводять перевірочний розрахунок по потужності різання?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн ЕЗ. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. - Минск: Выщ. шк., 1990. – 512 с.
2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М.: Машиностроение, 1975 г. – 344 с.
3. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание металлов: Термодинамический подход к системе взаимосвязей при резании: Учебн. для техн. вузов. – М.: Издательство МГТУ им. НЗ. Баумана, 2001. 448 с.
4. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М.: Высшая школа, 1985. 304с.
5. Крагельский И.В. Трение и износ. М.:Машиностроение, 1968г. 480с.
6. Кожевников Д.В, Кирсанов С.В. Резание металлов. М.: Машиностроение, 2007 г.303 с.
7. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент». – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.: ил.
8. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента М.: Машиностроение, 1982 г. 320 с.
9. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.: Машиностроение, 1966 г. 278 с.
10. Подураев В.Н., Камалов В.С. Физико-химические методы обработки. М.: Машиностроение, 1973 г. 346 с.
11. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов М.: Машиностроение, 1981 г. 279 с.
12. Розенберг Ю.А. Резание материалов. Учебник для техн. вузов. – Курган: Изд-во ОАО Полиграфический. Зауралье: 2007. – 294с.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №1 ГЕОМЕТРІЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ. 4	4
1.1 Мета заняття	4
1.2 Короткі теоретичні відомості	4
1.3 Методика виконання роботи.....	8
1.4 Контрольні запитання.....	17
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №2 ГЕОМЕТРІЯ РОБОЧОЇ ЧАСТИНИ ФРЕЗИ	18
.....	18
2.1 Мета заняття	18
2.2 Короткі теоретичні відомості	18
2.3 Методика виконання роботи.....	24
2.4 Контрольні запитання.....	29
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №3 УСАДКА СТРУЖКИ.....	30
3.1 Мета заняття	30
3.2 Короткі теоретичні відомості	30
3.3 Методика виконання роботи.....	38
3.4 Контрольні запитання.....	39
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №4 СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ	40
4.1 Мета заняття	40
4.2 Короткі теоретичні відомості	40
4.3 Методика виконання роботи.....	45
4.4 Контрольні запитання.....	47
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №5 ТЕМПЕРАТУРА РІЗАННЯ.....	48
5.1 Мета заняття	48
5.2 Короткі теоретичні відомості	48
5.3 Методика виконання роботи.....	56
5.4 Контрольні запитання.....	58

ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №6 ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБЛЮВАНOSTI СТАЛІ.....	59
6.1 Мета заняття	59
6.2 Короткі теоретичні відомості	59
6.3 Методика виконання роботи.....	68
6.4 Контрольні запитання.....	68
ЛАБОРАТОРНЕ ЗАНЯТТЯ №7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОРМАТИВНО ДОВІДКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	69
7.1 Мета заняття	69
7.2 Короткі теоретичні відомості	69
7.3 Методика виконання роботи.....	77
7.4 Контрольні запитання.....	77
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	79