

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Основи обробки матеріалів»
для студентів напряму підготовки
“Зварювання”
спеціальності “ Відновлення та підвищення
зносостійкості деталей і конструкцій”

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни “Основи обробки матеріалів”
для студентів напряму підготовки
“Зварювання”
спеціальності “Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій”

Вінниця
ВНТУ
2011

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 9 від 21.05. 2011 р.)

Рецензенти:

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Ж. П. Дусанюк, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Основи обробки матеріалів» для студентів напряму “Зварювання”, спеціальності “Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій” /Уклад. О. П. Шиліна. - Вінниця: ВНТУ, 2011. - 70 с./

В методичних вказівках наведено теоретичні відомості до лабораторних робіт, які допомагають студентам вивчати фізичні явища, що відбуваються в процесі різання металів. Подано порядок та організація виконання, контрольні питання, правила оформлення, зміст та порядок захисту лабораторних робіт з дисципліни «Основи обробки матеріалів»

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1. Обробка поверхонь на токарному верстаті.....	4
Лабораторна робота № 2. Геометричні параметри різців	15
Лабораторна робота № 3. Дослідження деформації у зрізаному шарі	25
Лабораторна робота № 4. Вплив елементів режиму різання та геометрії різця на сили різання при точінні.....	33
Лабораторна робота № 5. Вплив елементів режиму різання та геометрії різця на температуру різання при точінні.....	43
Лабораторна робота № 6. Обробка поверхонь на фрезерних верстатах	52
Лабораторна робота № 7. Налаштування ділильних головок	57
Лабораторна робота № 8. Обробка заготовок на шліфувальних верстатах.....	64
Література.....	69

Лабораторна робота №1

Обробка поверхонь на токарному верстаті

Мета роботи: ознайомитись з будовою, органами управління токарно-гвинторізного верстата; набути практичних навичок з налагодження, настроювання токарного верстата і обробки на ньому різних поверхонь.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Точінням називається високопродуктивний технологічний метод обробки поверхонь, головним чином поверхонь обертання різної форми (циліндричних, конічних, фасонних) - а також плоских (торцевих) токарними різцями на токарних верстатах.

1.1 Токарні верстати

Основними розмірними характеристиками токарних верстатів є висота центрів над напрямними станини і відстань між центрами. Висота центрів над станиною визначає найбільший діаметр заготовки, яку можна обробляти на верстаті, а відстань між центрами - найбільшу її довжину.

Токарно-гвинторізні верстати поділяються на дрібні з висотою центрів до 150 мм, середні з висотою центрів 150...300 мм і крупні з висотою центрів більше 300 мм.

На токарно-гвинторізних верстатах можна виконувати такі роботи:

- точіння зовнішніх і внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь;
- точіння торцевих поверхонь;
- свердління, зенкерування, розвертання і розточування отворів;
- нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб різцем, плашкою, гайкорізом;
- точіння фасонних і сферичних поверхонь;
- обкатування поверхонь роликками і накатування рифлень.

Незалежно від розмірів і конструктивних особливостей всі токарно-гвинторізні верстати мають загальні вузли і механізми (рис.1.1).

Станина 1 служить для з'єднання всіх основних вузлів і частин верстата. На ній встановлені передня бабка 3, коробка подач 2, задня бабка 11 і супорт. Передня бабка розташована зліва на станині. Вона має чавунний корпус, всередині якого розміщена коробка швидкостей 4 і пустотілий шпиндель 5. Коробка швидкостей надає обертання шпинделю і дозволяє змінювати частоту і напрям обертання. На правому кінці шпинделя встановлюється пристрій 6 для закріплення заготовки, яка оброблюється (патрон, планшайба тощо). Задня бабка 11 встановлюється на правому кінці станини і може пересуватися по її напрямних. Вона використовується для закріплення різального інструменту (свердел,

зенкерів, розверток) або заднього центра.

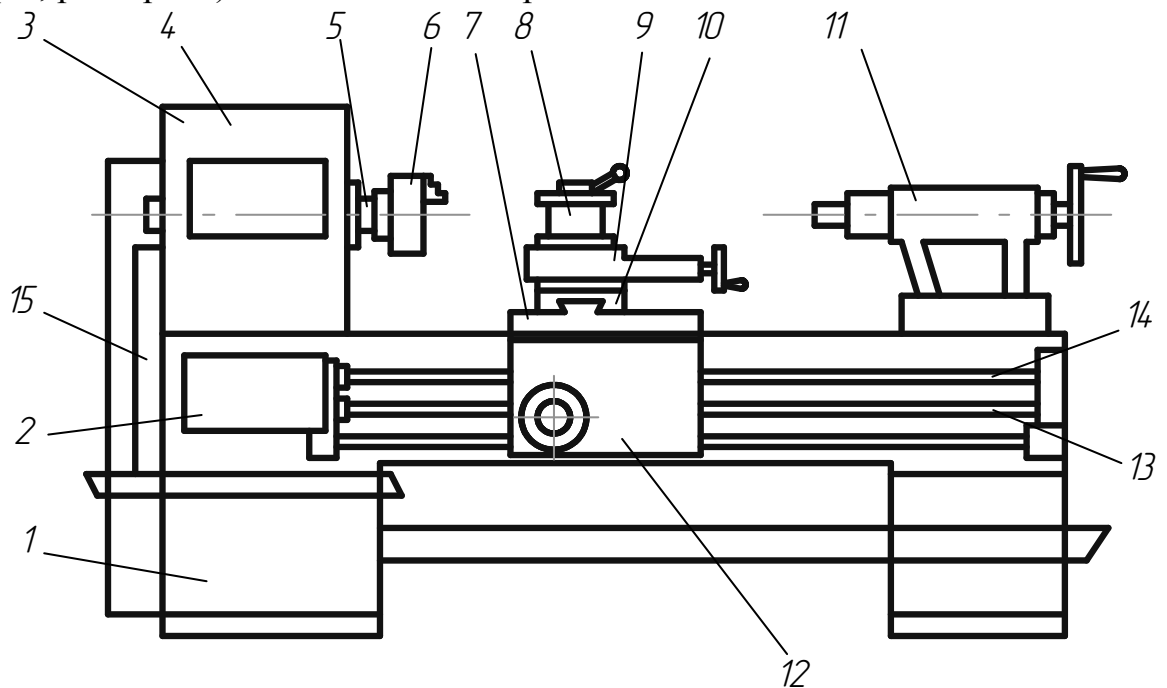


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата

Поздовжній супорт 7 пересувається по напрямних станини і забезпечує поздовжню подачу. Поперечний супорт 10 пересувається по напрямних поздовжнього супорта перпендикулярно до осі обертання шпинделя. На ньому змонтований верхній супорт 9 з різцетримачем 8.

Пересування супортів визначається за допомогою лімбів, які являють собою циліндричні барабани з нанесеними на них поділками. Ціна поділки лімба, тобто величина переміщення супорта при повороті рукоятки ручної подачі на одну поділку, характеризує точність верстата.

Коробка подач 2 дозволяє змінювати частоту обертання ходового вала 13 або ходового гвинта 14, отже і величину подачі. Коробка подач з'єднана зі шпинделем гітарою змінних зубчастих коліс 15.

Механізми, що розташовані у фартусі супорта 12, перетворюють обертальний рух ходового гвинта або ходового вала в прямолінійний поступальний рух поздовжнього або поперечного супортів. При нарізанні різьби використовується ходовий гвинт, а при всіх інших видах токарної обробки - тільки ходовий вал.

1.2 Рухи при токарній обробці

Рухи, які виконують інструмент і заготовка в процесі різання, називаються робочими. Для будь-якого металорізального верстата робочими рухами є рух різання (головний рух) і рух подачі.

Рух різання для токарного верстата - це обертання заготовки. Він забезпечує зняття стружки з заготовки.

Рух подачі забезпечує поздовжнє або поперечне переміщення різального інструмента відносно заготовки (рис. 1.2).

Рух різання визначається швидкістю різання, яка вимірюється в метрах за хвилину і може бути розрахована за формулою:

$$V = \pi Dn / 1000 ,$$

де D – діаметр оброблюваної заготовки в мм;

n – частота обертання заготовки в обертах за хвилину.

Рух подачі визначається шляхом, пройденим інструментом відносно заготовки за її один оберт, і вимірюється в мм/об.

1.3 Режим різання

Під режимом різання розуміють сукупність показників, які визначають продуктивність процесу різання та якість оброблених поверхонь. До основних показників режиму різання відносять швидкість різання V , подачу S та глибину різання (рис. 1.2). Глибиною різання називають відстань між оброблюваною і обробленою поверхнями за один робочий хід інструмента відносно поверхні, яка обробляється.

Призначення елементів режиму різання відбувається у такій послідовності: спочатку вибирається максимально можлива і доцільна глибина різання t , потім максимально можлива подача S , а потім вже підраховується з урахуванням оптимальної стійкості інструмента і інших конкретних умов обробки швидкість різання. Для призначення елементів режиму різання необхідно знати матеріал заготовки і його фізико-механічні властивості; розміри заготовки, розміри деталі і технічні умови на її оброблені поверхні; матеріал і геометричні елементи ріжучої частини інструмента, його розміри, максимально допустимий знос і стійкість; кінематичні і динамічні дані верстата, на якому будуть обробляти дану заготовку.

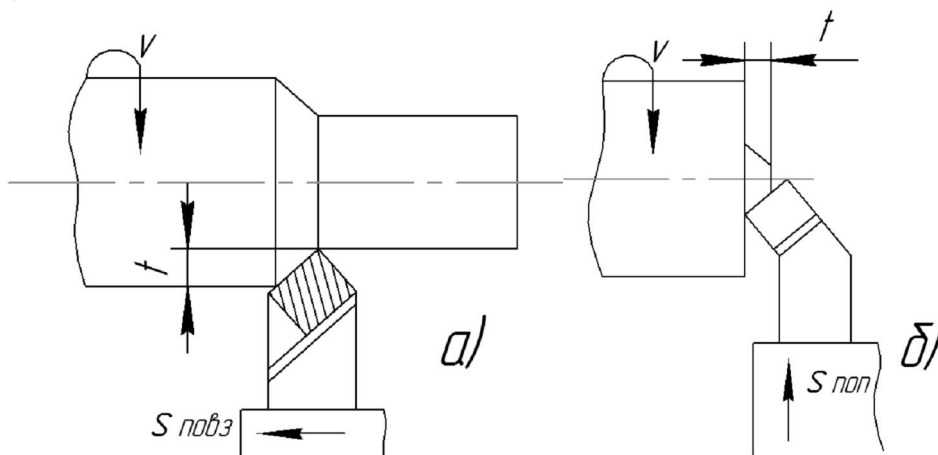


Рисунок 1.2 – Схеми робочих рухів при токарній обробці:
а – з поздовжньою подачею; б – з поперечною подачею

Глибина різання визначається величиною припуску на обробку. При чорновій обробці припуск доцільно видаляти за один прохід. В цьому випадку глибина різання дорівнює припуску на обробку. При зрізанні підвищених припусків або при роботі на малопотужних верстатах припуск інколи доводиться розбивати на частини, роблячи уже кілька проходів.

При напівчистовій обробці глибина різання призначається в межах 0,5...2,0 мм, а при чистовій - в межах 0,1...0,4 мм.

Подачу доцільно призначати максимально можливою з метою підвищення продуктивності праці з урахуванням всіх факторів, що впливають на її величину.

На практиці подача звичайно надається з таблиць довідників з режимів різання, складених на основі досвіду роботи передових машинобудівних заводів. При чорновій (грубій) обробці максимальну подачу можуть обмежувати міцність і жорсткість різального інструмента, заготовки, міцність деталей механізмів верстата.

При напівчистовій і чистовій обробці максимальну подачу обмежують вимоги до якості обробленої поверхні, тому що чим більша подача, тим шорсткіша оброблена поверхня.

Після визначення глибини різання і подачі при відомій стійкості інструмента визначається швидкість різання V за формулами, що наводяться у довідниках з режимів різання.

1.4 Токарні різці і їх застосування

Для обробки заготовки на токарно-гвинторізних верстатах застосовують різноманітні різці, які класифікують за різними ознаками.

За матеріалом різальної частини розрізняють різці з швидкорізальної сталі, твердосплавні (металокерамічні) і мінералокерамічні.

За конструкцією різці поділяють на суцільні і складені. У складених різців різальна частина являє собою пластинку із швидкорізальної сталі, твердого сплаву або іншого високоякісного інструментального матеріалу, яка з'єднана механічно, зварюванням або паянням з державкою різця, що виконана з вуглецевої сталі.

За розташуванням головної різальної кромки різці поділяють на праві і ліві. Правим називається різець 2 (рис. 1.3), у якого головна різальна кромка знаходиться з боку великого пальця правої руки, накладеної долонею зверху на різець таким чином, що пальці напрямлені до вершини різця. На верстаті такі різці (9, 10) працюють при подачі справа наліво (до передньої бабки). Лівим називають різець 1, у якого головна різальна кромка знаходиться з боку великого пальця лівої руки. На верстаті він працює при подачі зліва направо (різець 4).

За виглядом осі різця в плані розрізняють різці прямі 4 і відігнуті 9 (див. також рис. 1.3, відповідно *a* і *б*).

За характером обробки різці поділяють на обдирні (чорнові) і чистові.

За призначенням токарні різці поділяють на прохідні, підрізні, відрізні, розточні, різьбові, канавні, фасонні.

Прохідні різці призначені для обточування зовнішніх поверхонь тіл обертання і для підрізання торцевих поверхонь. Прохідні прямі різці використовують головним чином для обробки зовнішніх 4 (рис. 1.3, рис. 1.4, а) поверхонь.

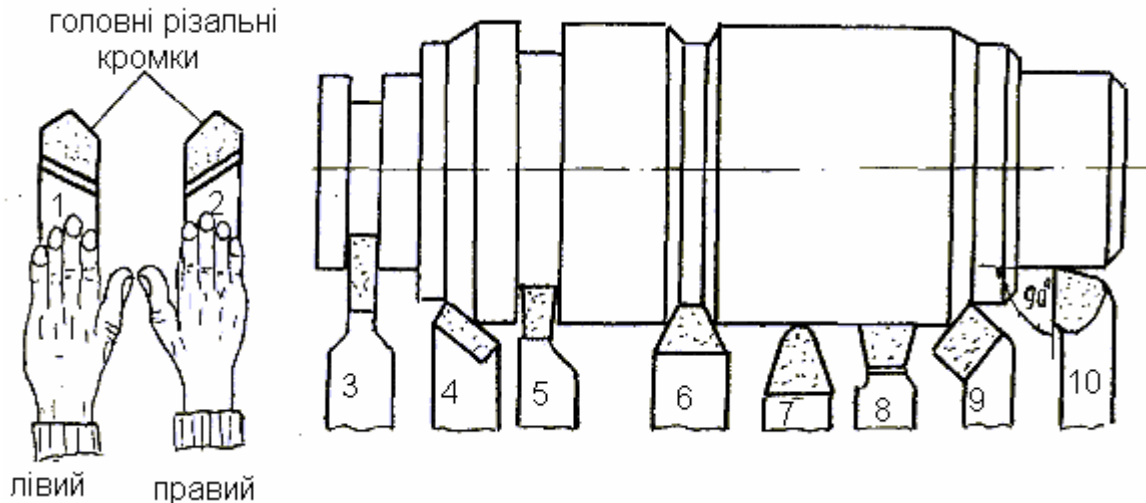


Рисунок 1.3 – Основні види різців

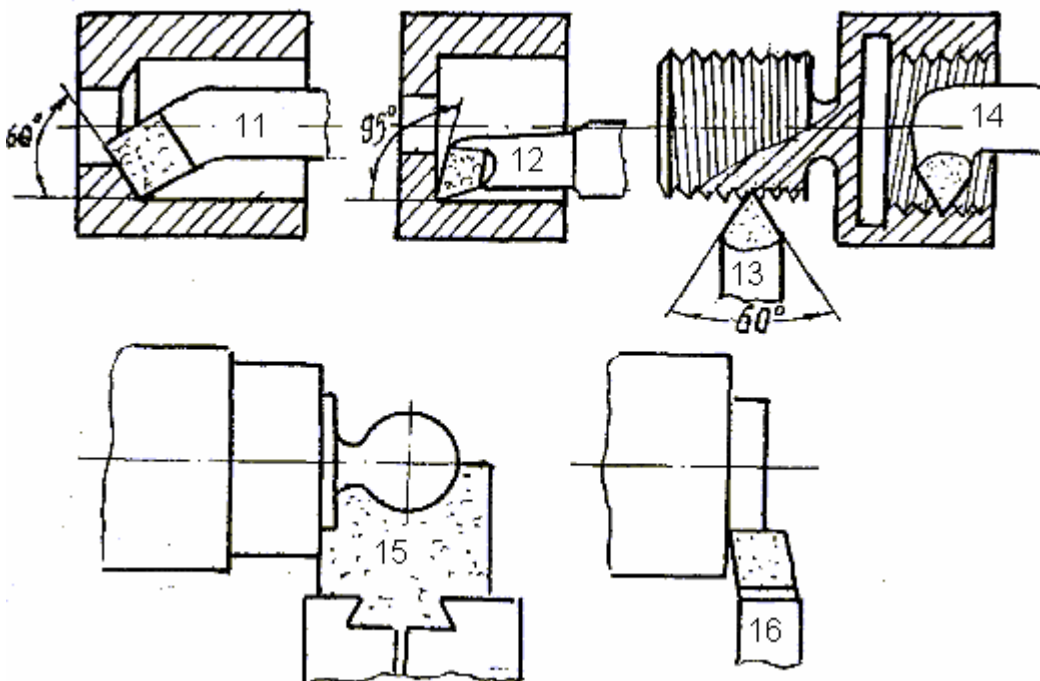


Рисунок 1.4 – Типи токарних різців

Прохідні відігнуті різці більш універсальні, тому що ними можна обробляти як зовнішні поверхні тіл обертання (9, рис.1.3), так і підрізати

торець (рис. 1.3, б).

Прохідні упорні різці 10 (рис. 1.3) з головним кутом у плані, що дорівнює 90° , застосовують для деталей, у яких обробка циліндричної поверхні повинна бути закінчена підрізкою невеликого уступу.

Для чистової обробки застосовують різці двох типів: з закругленою вершиною (7, рис. 1.3) і широкі чистові 8 з прямолінійною головною різальною кромкою. Перші застосовують при обробці невеликих деталей, другі - великих.

Підрізні торцеві різці 16 (рис. 1.4) застосовують для обробки торцевих площин.

Відрізні різці 3 застосовують для розрізання заготовки.

Розточувальні різці прохідні 11 та упорні 12 призначені для розточування відповідно наскрізних і глухих отворів.

Різьбові різці 13 та 14 застосовують для нарізання на заготовках відповідно зовнішніх і внутрішніх різьб. Форма різальної частини різця повинна відповідати формі профілю різьби (трикутна з кутами 60° і 55° , трапецеїдальна, прямокутна та ін.).

Фасонними різцями 15 обробляють фасонні поверхні.

Канавкові різці 5, 6 застосовують для прорізання канавок різного профілю.

2 ОСНОВНІ РОБОТИ, ЩО ВИКОНУЮТЬСЯ НА ТОКАРНО– ГВИНТОРІЗНИХ ВЕРСТАТАХ

Схеми обробки заготовок на токарно-гвинторізному верстаті показані на рис. 1.5:

- обточування зовнішніх циліндричних поверхонь прохідними різцями з поздовжньою подачею – рис. 1.5, а. Східчасті вали обточують за схемами поступового зрізання припуску на кожній частині вала (рис. 1.5, б) або зрізанням на кожній частині вала зразу всього припуску (рис. 1.5, в);
- підрізання торців заготовки підрізними різцями з поперечною подачею різця - рис. 1.5, г;
- обточування заокруглень між сходишками валів – рис. 1.5, д;
- проточування канавок прорізними різцями – рис. 1.5, е;
- свердління, зенкерування, розвертання отворів відповідними інструментами, які закріплюють у пінолі задньої бабки, з поздовжньою подачею пінолі вручну – рис. 1.5, ж;
- розточування наскрізних циліндричних отворів прохідними розточувальними різцями (рис. 1.5, и), а глухих або східчастих - упорними (рис. 1.5, к);
- відрізання оброблених деталей відрізними різцями з прямою головною різальною кромкою (рис. 1.5, л) або похилою різальною кромкою (рис. 1.5, м).

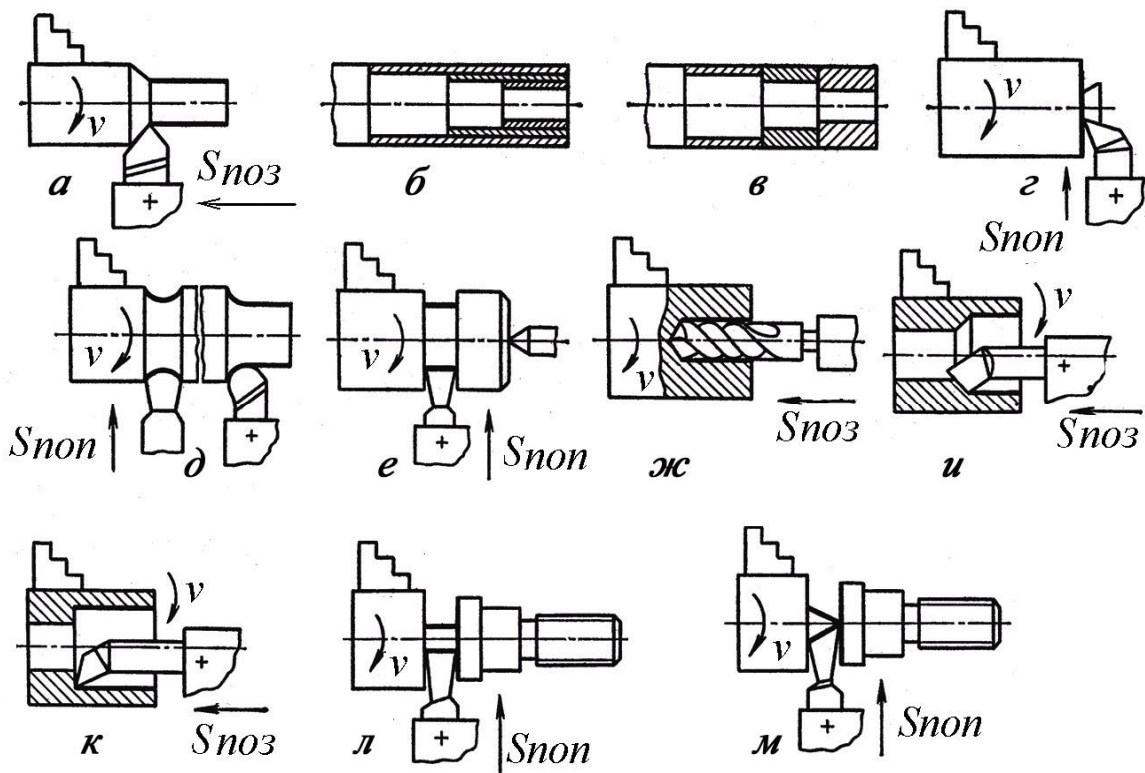


Рисунок 1.5 – Схеми обробки заготовок на токарних верстатах

2.1 Обробка циліндричних поверхонь

Циліндричні поверхні обробляють при поздовжньому переміщенні поздовжнього супорта або верхнього супорта. Зовнішні циліндричні поверхні обробляють звичайно прохідними різцями, а внутрішні розточувальними. Пристосування для закріплення заготовок вибирають залежно від їх форми і розмірів. Заготовку типу вал залежно від відношення її довжини до діаметра рекомендується закріплювати так:

- при $l / d < 4$ - в патроні;
- при $4 \leq l / d < 10$ - в центрах;
- при $l / d > 10 \dots 12$ - в центрах з додатковою опорою заготовки на кулачки рухомого або нерухомого люнета.

2.2 Обробка конічних поверхонь

Конічні поверхні на токарному верстаті можуть бути оброблені одним з таких методів:

- різцем з похило розташованою різальною кромкою;
- за допомогою повороту верхньої каретки супорта (верхнього супорта);
- зміщенням задньої бабки;

- за допомогою копіювальної лінійки.

Різцем з похило розташованою різальною кромкою обробляють зовнішні 1 і внутрішні 2 конічні поверхні (рис. 1.6, а, б), довжина яких не перевищує 20...25 мм.

За допомогою повороту верхнього супорта обробляють зовнішні і внутрішні конічні поверхні, довжина яких не перевищує довжини ходу верхнього супорта. Напрямні верхнього супорта встановлюють під кутом φ (рис. 1.6, б) до осі обертання заготовки, який дорівнює половині кута при вершині оброблюваного конуса. Подача різця здійснюється вручну.

Методом зміщення корпусу задньої бабки обробляють тільки зовнішні конічні поверхні, у яких довжина твірної порівняно велика, а кут при вершині конуса не перевищує $10...12^\circ$. Заготовку в цьому випадку закріплюють у центрах, а корпус задньої бабки зміщують в поперечному напрямі на величину h (рис. 1.6, в):

$$h = L \cdot \sin \varphi,$$

де L - довжина заготовки, мм;

φ - половина кута при вершині конуса.

За допомогою копіювальної лінійки можна обробляти зовнішні і внутрішні конічні поверхні великої довжини, кут при вершині у яких не перевищує 25° .

На рис. 1.6, г показано будову однієї з конструкцій конусної лінійки.

Основою конусної лінійки служить кронштейн 5, прикріплений болтами до поздовжніх полозків супорта; в кронштейні є поздовжні напрямні у вигляді ластівчиного хвоста для основи лінійки 7. В основу лінійки вкручений стержень 8, який другим кінцем входить в отвір кронштейна 10 і закріплюється в ньому болтом 9.

Кронштейн 10 за допомогою болтів 11 закріплюють на станині верстата. На верхній площині основи лінійки встановлена конусна лінійка 1, в якій зроблено прямокутний паз 6. В пазу знаходиться повзунок 2, з яким за допомогою болта 4 з'єднана тяга 3, другий кінець тяги гвинтами з'єднаний з поперечними полозками супорта.

При користуванні конусною лінійкою поперечні полозки відокремлюють від гвинта поперечної подачі, для чого звичайно гвинт поперечної подачі виймають із супорта. Конусну лінійку встановлюють по одній з шкал, нанесених на кінцях основи лінійки, на кут φ , який дорівнює половині кута при вершині конуса, що обробляється, і закріплюють болтами. При поздовжньому автоматичному або ручному переміщенні супорта повзунок 2 і різець переміщуються паралельно твірній оброблюваного конуса. Необхідну глибину різання встановлюють ручним переміщенням верхнього супорта.

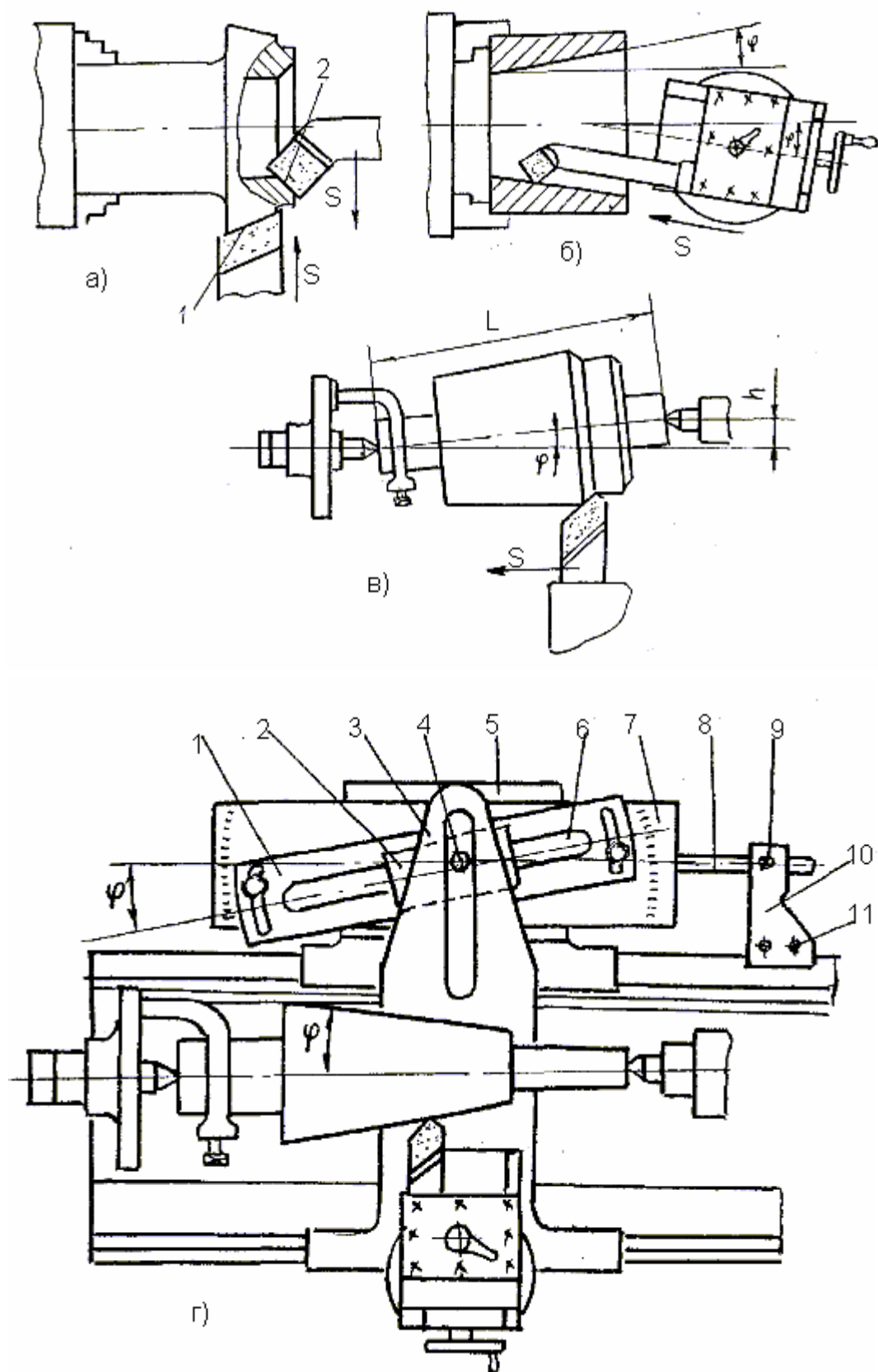


Рисунок 1.6 – Схеми обробки конічних поверхонь на токарних верстатах

2.3 Нарізання різьби

На токарно-гвинторізних верстатах можна нарізати різні типи різьби у великому діапазоні їх кроків за допомогою токарних різців. Перед нарізанням різьби механізм подачі верстата настроюють таким чином, щоб за кожний оберт шпинделя, а отже і заготовки, різець разом з супортом (який дістає в цьому випадку рух від ходового гвинта) переміщувався б на величину кроку різьби. Це досягається за допомогою коробки подач та гітари. При необхідності нарізання різьби підвищеної точності коробка подач відокремлюється від механізму подачі, а необхідний крок різьби забезпечується настройкою тільки однієї гітари змінних зубчастих коліс.

На рис. 1.4 показано схему нарізання зовнішньої і внутрішньої різьб відповідно різцями 13 і 14.

2.4 Обробка фасонних поверхонь

Фасонні поверхні 2 невеликої довжини на заготовці 1 обробляють фасонним різцем, застосовуючи тільки поперечну подачу (рис. 1.7, а).

Фасонні поверхні великої довжини обробляють за допомогою копіра. Призначення копіра: передати різцю за допомогою спеціальної слідкувальної системи поперечне переміщення, погоджене з його поздовжнім переміщенням. Застосовують різні слідкувальні системи: механічну, гідравлічну, електромеханічну та ін. Як приклад на рис. 1.6, б показано схему обробки фасонної поверхні 2 за допомогою копіра 5 з механічною слідкувальною системою. Копір 5 закріплений на кронштейні 6, який болтами прикріплений до станини верстата. В копірі зроблено криволінійний паз за формою твірної оброблюваної поверхні. В паз входить ролик 7, вільно насаджений на осі 4, яка закріплена в тязі 3, з'єднаній жорстко з поперечними полозками супорта. Гвинт поперечної подачі повинен бути відокремлений від поперечних полозків. При поздовжньому переміщенні супорта ролик котиться по криволінійному пазу і механічно через тягу переміщує в поперечному напрямі супорт разом з різцем 1, вершина якого при цьому переміщується еквідистантно криволінійній твірній оброблюваної поверхні. Встановлюють різець на глибину різання за допомогою верхніх полозків, для чого поворотний круг закріплюють так, щоб напрямні верхніх полозків були перпендикулярні до напрямних станини.

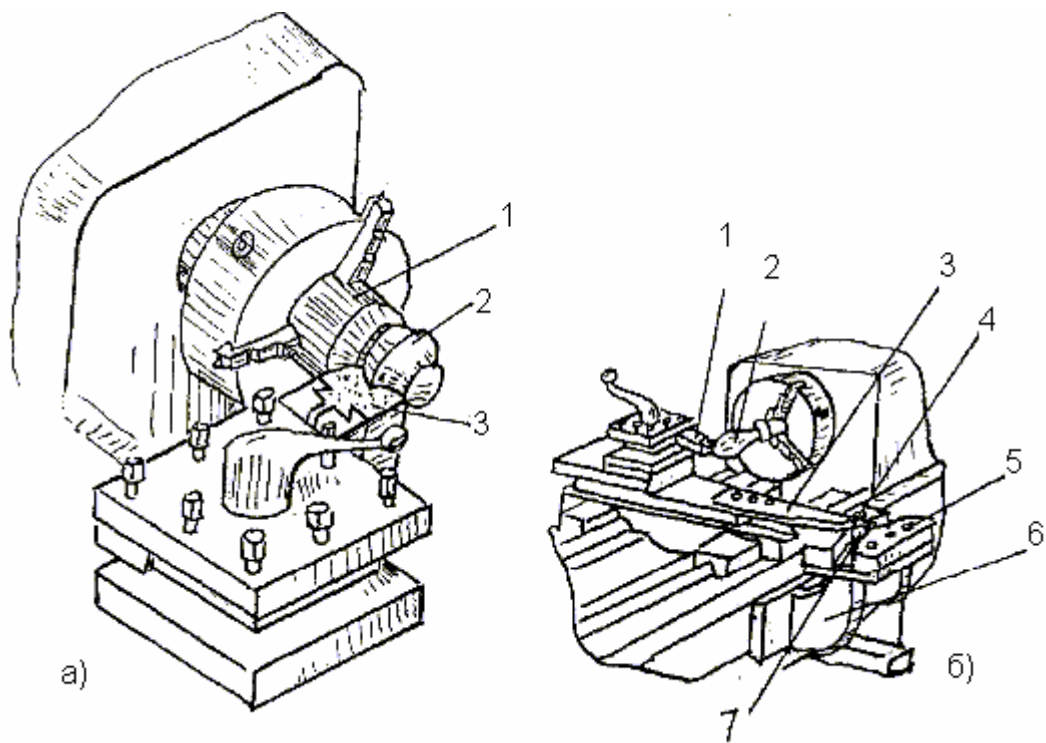


Рисунок 1.7 – Схеми обробки фасонних поверхонь на токарному верстаті різцем:

а - фасонним; б - прохідним за допомогою копіювальної лінійки

3 ХІД РОБОТИ

1. Вивчити принцип роботи та будову токарно-гвинторізного верстата: розташування та призначення головних вузлів та механізмів, рукояток управління.
2. Вивчити конструкцію та типи токарних різців, їх призначення.
3. Вивчити методи обробки різних поверхонь на токарних верстатах.
4. Виконати точіння заготовки діаметром D , розрахувавши за вказаною швидкістю різання необхідну частоту обертів шпинделя. За виміряним часом обробки знайти подачу.
5. Скласти звіт про роботу.

4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку на токарних верстатах.
2. Загальний вигляд токарно-гвинторізного верстата з вказанням його основних частин і рукояток керування.
3. Ескізи токарних різців і схеми обробки різних поверхонь .
4. Розрахунки частот обертання шпинделя, подачі (або швидкості

різання та часу обробки за вказаними частотою обертання і подачею).

5. Висновки.

5 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Призначення токарних верстатів.
2. Типи токарних верстатів.
3. Призначення основних вузлів і механізмів токарно-гвинторізного верстата.
4. Рухи при токарній обробці.
5. Режим різання при точінні.
6. Порядок розрахунку елементів режиму різання при точінні.
7. Методи обробки конічних поверхонь на токарних верстатах.
8. Методи нарізання різьби на токарно-гвинторізних верстатах.
9. Способи закріплення заготовок на токарних верстатах.
10. Методи обробки фасонних поверхонь на токарних верстатах.

Лабораторна робота № 2

Геометричні параметри різців

Мета роботи: ознайомитись з конструкціями різців, вивчити їх геометричні параметри.

1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Роботу виконує група студентів з 5-6 чоловік. Перед початком лабораторної роботи на робочому місці підготовлюють різці, вимірювальні прилади, плакати, інструкції та бланки звітів на кожного студента.

Практичну та експериментальну частини роботи виконують після вивчення теоретичної частини роботи.

Перед виконанням лабораторної роботи в лабораторії студенти повинні ознайомитись з інструкцією з техніки безпеки.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Частини та елементи токарного різця.

Найбільш розповсюдженим видом обробки різанням є точіння. Точінням отримують деталі з циліндричними, конічними, фасонними та

торцевими поверхнями, які утворюються в результаті обертання заготовки і переміщення різця.

Різець складається з робочої частини (головки) 3 і стержня (тіла) 4 (рис. 2.1, а). У головці різця розпізнають передню 2, головну задню 7 і допоміжну задню 9 поверхні, головну 6 та допоміжну 1 різальні кромки, вершину різця 8.

Передня поверхня різця - це поверхня, по якій сходять стружка.

Задні поверхні - поверхні, обернуті до заготовки. Головна різальна кромка 6 утворюється перетином передньої та головної задньої поверхонь. Вона виконує основну роботу різання. Допоміжна різальна кромка утворюється перетином передньої та допоміжної задньої поверхонь різця.

Вершина різця - місце сполучення головної і допоміжної різальних кромок.

Тіло різця має опорну поверхню, по якій різець встановлюється в різцеутримувач.

Висотою h головки різця називається найкоротша відстань від вершини до опорної поверхні різця. Довжиною головки різця називається найбільша відстань від вершини до кінця поверхні загострення головки, виміряна вздовж осі різця.

Поверхні та координатні площини

При точінні заготовка має (рис. 2.2): оброблювану поверхню, котра буде зрізана різцем; оброблену поверхню, отриману після зняття стружки; поверхню різання, яка утворюється на заготовці безпосередньо різальною кромкою.

Для визначення кутів різця прийняті такі координатні площини:

площина різання — площина, дотична до поверхні різання і проходить через головну різальну кромку різця;

основна площина — паралельна повздовжній і поперечній подачам (збігається з опорною поверхнею призматичного різця);

головна січна площина — площина, перпендикулярна до проекції головної різальної кромки на основну площину;

допоміжна січна площина — площина, перпендикулярна до проекції допоміжної різальної кромки на основну площину.

Кути різця

Розглянемо кути в статичному стані при встановленні різальної кромки різця на рівні центрів верстата (осі обертання заготовки).

Головні кути вимірюються в головній січній площині (рис. 2.2). Задній кут α - кут, розташований між головною задньою поверхнею і площиною різання. Передній кут γ - кут, розташований між передньою поверхнею різця і площиною, перпендикулярною до площини різання.

Кут загострення різця β - кут, розташований між передньою і головною задньою поверхнею різця. Кут різання σ розташований між передньою поверхнею і площиною різання.

Як видно з рисунка 2.2

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ, \text{ або } \delta = 90^\circ + \gamma.$$

Допоміжні кути вимірюються в допоміжній січній площині. До них належить допоміжний задній кут α_1 і допоміжний передній кут γ_1 .

Кути у плані вимірюються в основній площині. Головний кут у плані φ вимірюється між проекцією головної різальної кромки на основну площину і напрямом руху подачі. Допоміжний кут у плані φ_1 – кут, розташований між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і напрямком, зворотним руху подачі. Кут при вершині у плані ε - кут, розташований між проекціями головної та допоміжної різальних кромки на основну площину.

З рисунка 2.2 видно, що $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$

Кут нахилу різальної кромки λ вимірюється в площині, котра проходить через різальну кромку перпендикулярно до основної площини. В цій площині кут λ вимірюється між головною різальною кромкою і лінією, яка проходить через вершину різця паралельно основній площині (рис 2.1, б).

Кут λ може бути позитивним (додатним), нульовим та негативним (від'ємним);

Кут λ - позитивний - коли вершина різця є найнижчою точкою різальної кромки;

Кут λ - нульовий - якщо різальна кромка і лінія, паралельна основній площині, збігаються;

Кут λ - негативний, коли вершина різця є найвищою точкою різальної кромки.

До цього часу мова йшла про геометричні параметри різця в статиці, тобто про кути різця як геометричного тіла. Але в процесі різання (в динаміці) абсолютні величини кутів заточки різця (і перш за все γ і λ) можуть змінюватись.

Змінюються вони залежно від:

1. *Положення вершини різця відносно осі деталі* (вище чи нижче осі).

На рисунку 2.3 показані два положення одного і того ж різця: різець розташований по центру деталі (а) і вище нього (б).

В випадку б задній кут α_p в процесі різання $\alpha_p = \alpha_{ст} - \tau$;

$$\gamma_p = \gamma_{ст} + \tau.$$

Кут τ визначається як $\sin \tau = h/0.5D = 2h/D$.

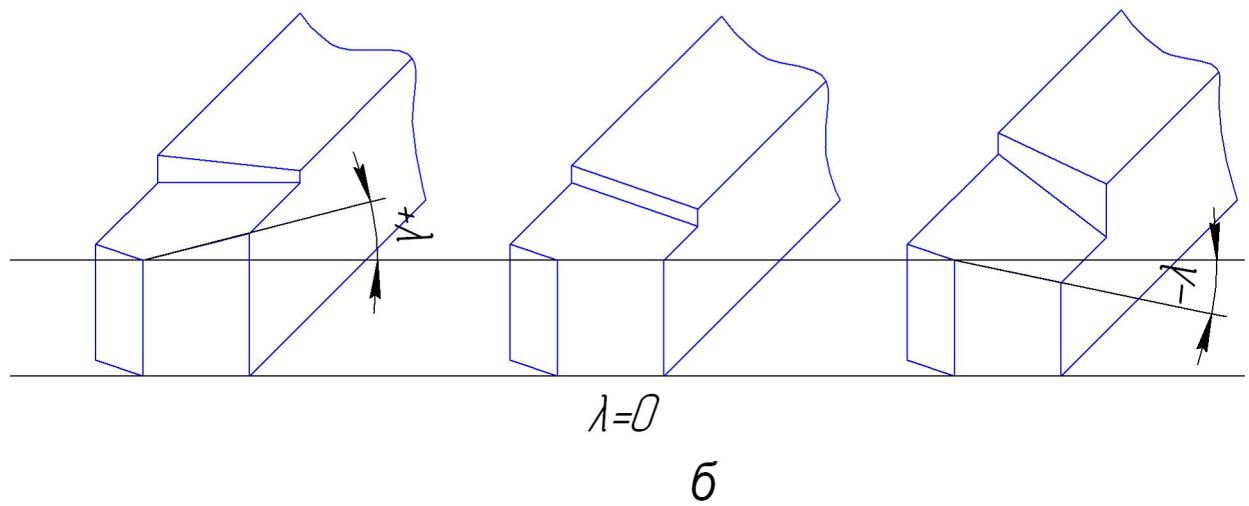
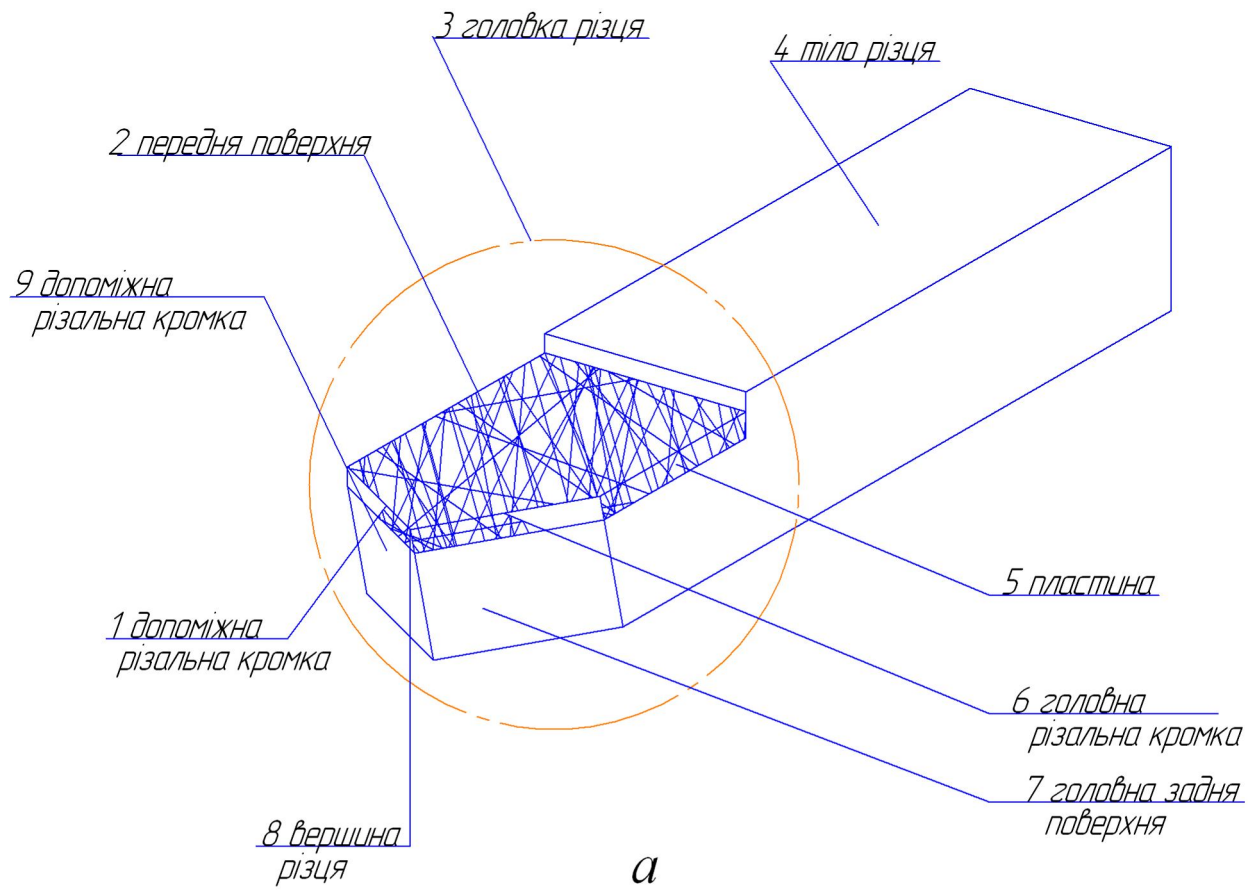


Рисунок 2.1 – Поверхні та координатні площини

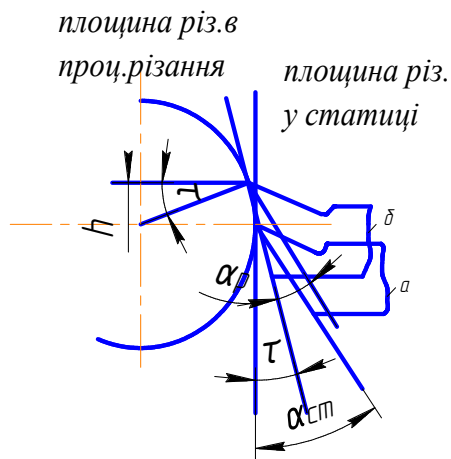


Рисунок 2.3 – Положення вершини рiзця вiдносно осi деталi

При положеннi рiзця нижче центра буде навпаки $\alpha_p = \alpha_{ct} + \tau$;
 $\gamma_p = \gamma_{ct} - \tau$.

2. Вiд величини подачi.

Кути γ i α змiнюють своє значення залежно вiд величини подачi з тiєї причини, що поверхню рiзання можна вважати колом, якщо є тiльки головний рух (обертання деталi), а рух подачi вiдсутнiй. На прикладi роботи вiдрiзного рiзця дослiдимо, як змiнюється поверхня рiзання та положення площини рiзання, якщо дiють одночасно головний рух i рух подачi (рис 2.4).

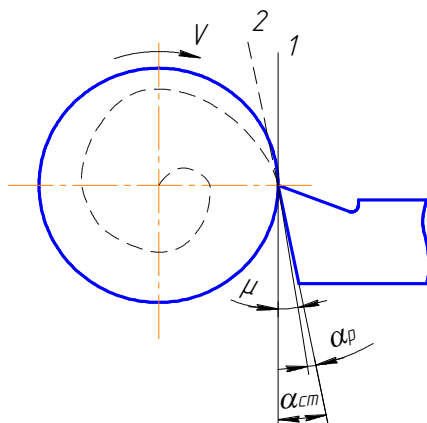


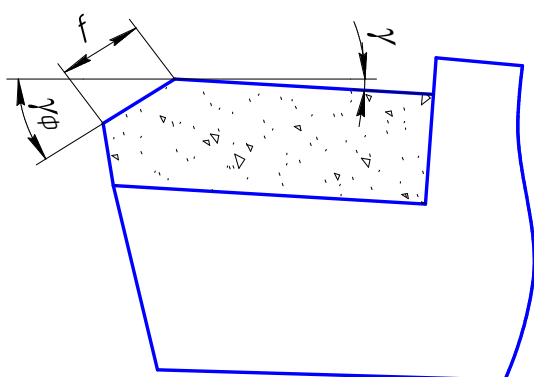
Рисунок 2.4 – Вплив величини подачi

Коли рух подачi вiдсутнiй, поверхня рiзання на рисунку зображена колом. Якщо дiють одночасно обидва рухи, то поверхня рiзання буде результатом складання руху обертання деталi та руху подачi - гвинтова поверхня.

Площина рiзання розташована вертикально в першому випадку, в другому змiнює своє положення пiд кутом до вертикалi. Кут μ - кут гвинтової спiралi. Його визначають як $\text{tg } \mu = S/\pi D$, за допомогою розгортки гвинтової лiнii. В цьому випадку:

$$\alpha_p = \alpha_{ct} - \mu; \quad \gamma_p = \gamma_{ct} + \mu.$$

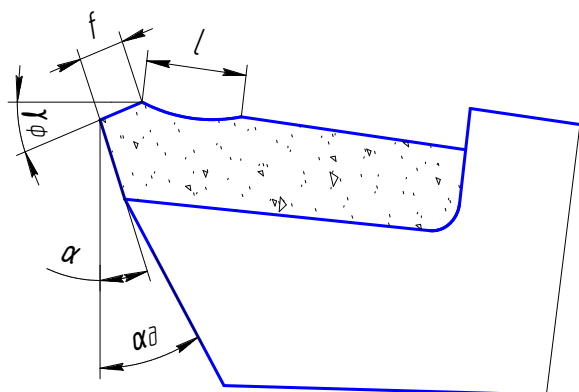
Форми робочих поверхонь різців з платівками
твердого сплаву



I. Плоска (плеската) з від'ємною фаскою застосовується при точінні сталі $\sigma_B \leq 800$ МПа, також $\sigma_B > 800$ МПа при нежорсткій системі верстат – пристосування – інструмент – деталь (ВПД). Цю ж форму застосовують при обробці чавуну сірого та ковкого.

Геометричні параметри: розмір фаски $f = 0,2 + 0,5$ мм, $\gamma_\phi = -5^\circ$, але в розрахунках бере участь передній кут $\gamma = 15^\circ$, розміри від'ємної фаски незначні.

Задній кут α при чорновій обробці сталі $\alpha = 8^\circ$, а чавуну $\alpha = 6^\circ$, при чистовій обробці сталі $\alpha = 12^\circ$, чавуну $\alpha = 10^\circ$.

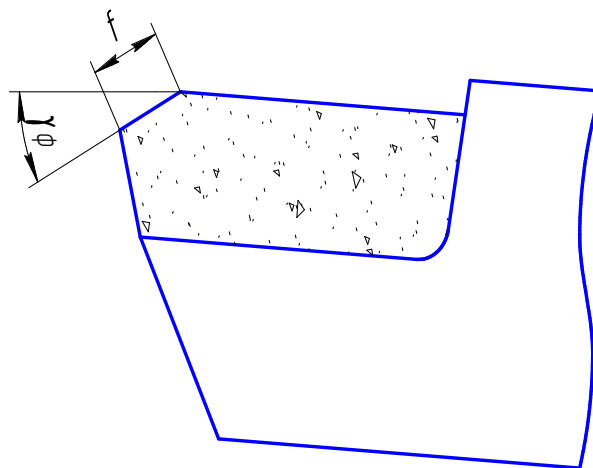


II. Радіусна з від'ємною фаскою.

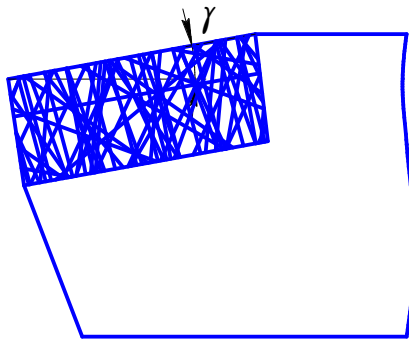
Застосовується при напівчистовому точінні сталі $\sigma_B \leq 800$ МПа при глибині різання 1 - 5 мм, подачі 0,3 мм/об. Геометричні параметри як у формі I.

Застосовується при обробці сталі $\sigma_B > 800$ МПа при достатній жорсткості системи ВПД з нерівномірним припуском, розмір фаски $f \geq 4$ мм, тому в розрахунок беруть передній кут на фасці; якщо $\sigma_B \leq 1100$ МПа, $\gamma_\phi = -5^\circ$, а $\sigma_B > 1100$ МПа $\gamma_\phi = -10^\circ$, та геометрія задньої поверхні як у формі I.

III. Плоска від'ємна подвійна.



IV. Плоска від'ємна.



Застосовується при обробці сталі з $\sigma_B > 800$ МПа при достатній жорсткості системи ВПД з нерівномірним припуском і ударами. Передній кут γ як у форми III; задній кут α як у форми I.

Типи різців, найбільш поширених при точінні

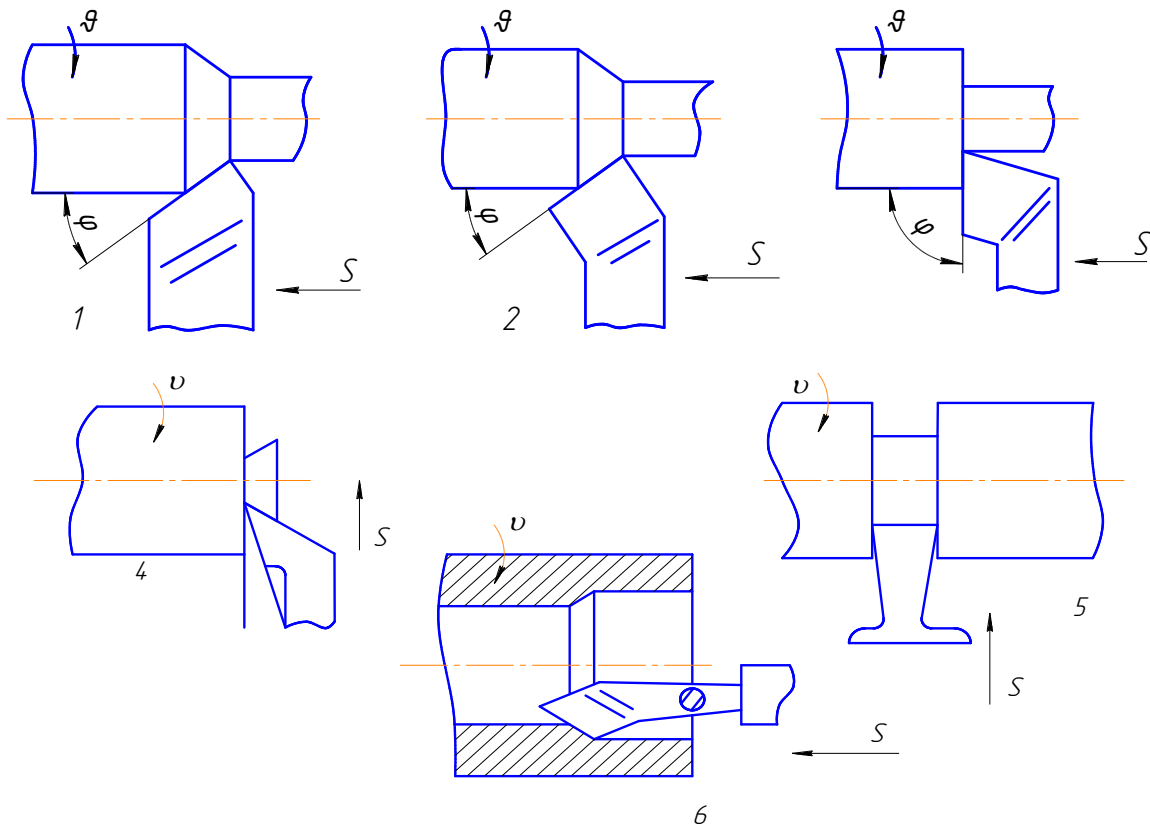


Рисунок 2.5 – Типи різців

1. Прокідний правий прямиий.
2. Прокідний правий відігнутий.
3. Прокідний упорний.
4. Підрізний.
5. Відрізний або канавковий.
6. Розточувальний.

Вимірювальні прилади та методика вимірювання кутів

Переріз тіла різця і довжина головки вимірюються штангенциркулем.

Кути в плані ϕ і ϕ_1 вимірюються універсальним кутоміром (рис. 2.6). При цьому одна планка кутоміра прикладається до ріжучої кромки, а друга

- до бокової сторони різця. Кут при вершині у плані ε визначається за формулою:

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

Головний та допоміжний кути α , γ і α_1 , γ_1 а також кут нахилу різальної кромки вимірюється настільним кутоміром. При вимірюванні заднього кута рухома планка кутоміра сполучається з задньою поверхнею, при вимірюванні переднього кута планка сполучається з передньою поверхнею різця. Кути вимірюються в головній та допоміжній січних площинах (рис. 2.7).

При вимірюванні кута λ рухома планка сполучається з головною різальною кромкою різця (рис. 2.7). Значення кута β підраховується за формулою

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

4 ЛАБОРАТОРНЕ ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ

1. Набір токарних різців.
2. Настільний кутомір (конструкції МІЗ).
3. Ноніусний настільний кутомір.
4. Штангенциркуль.
5. Лінійка металева.
6. Плакати:
 - а) типи різців; в) форми робочих поверхонь різців;
 - в) конструкція та застосування кутомірів; г) геометрія різців.

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію та геометричні параметри різців.
2. Вивчити вимірювальні прилади і оволодіти методикою вимірювання.
3. Ознайомитись з типовими і новими конструкціями різців.
4. Виміряти кути різця, вказаного викладачем. Результати вимірювань занести в таблицю звіту.
5. Скласти ескіз різця.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Таблиця результатів вимірювання геометрії різця.
2. Ескіз різця.

Таблиця 1 – Результати вимірювань

Назва різця	кути у плані			кути в головній січній площині				кути в дод. січній площині				λ
	φ	ε	φ_1	α	β	γ	δ	α_1	β_1	γ_1	δ	

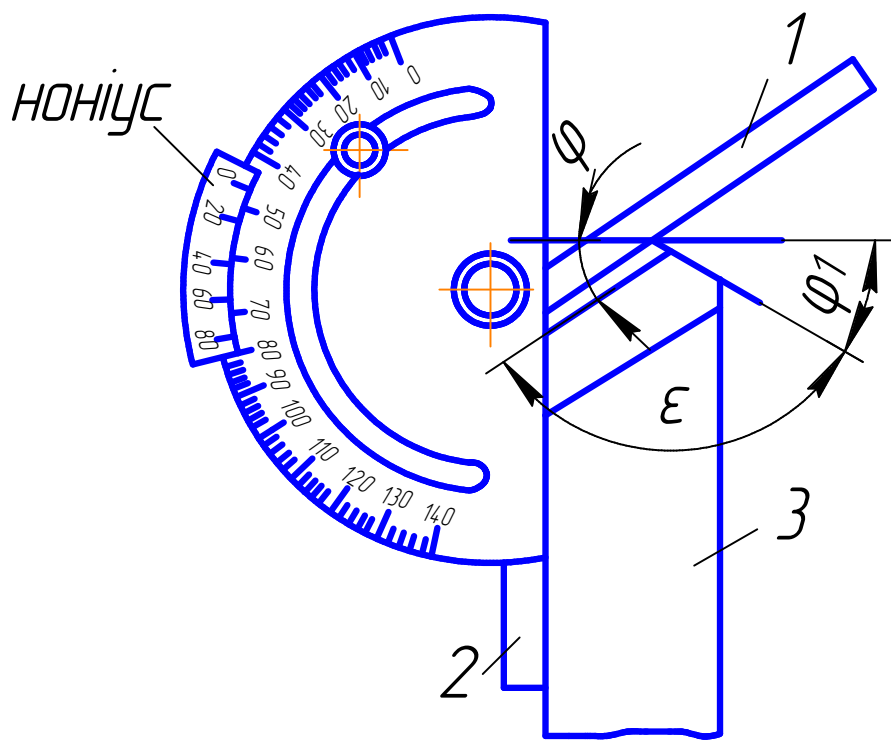


Рисунок 2.6 – Вимірювання кутів кутоміром

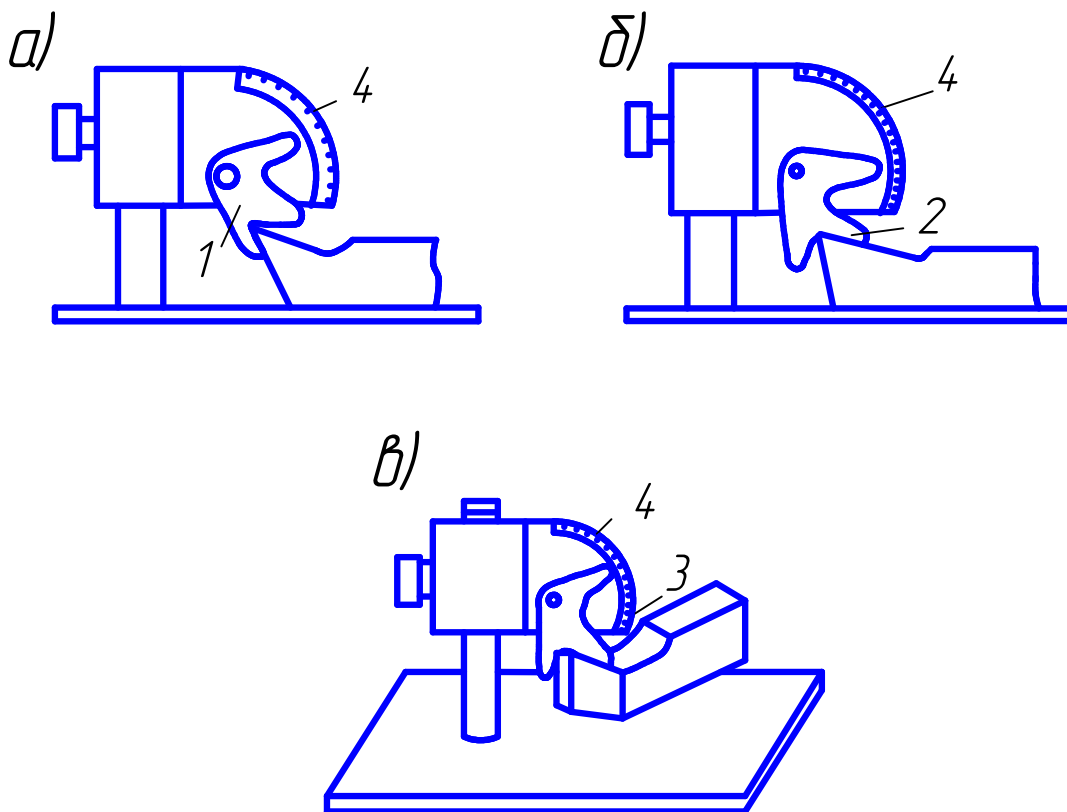


Рисунок 2.7 – Вимірювальні прилади та методика вимірювання кутів

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвати елементи токарного різця.
2. Визначення поверхонь та координатних площин при різанні.
3. Накреслити ескіз токарного прохідного різця з позначенням кутів.
4. Визначення головних і допоміжних кутів різця, накреслити кожен з них.
5. Призначення кутів різця.
6. Назвіть найбільш поширені форми передньої та задньої поверхонь різців.
7. Як вимірюють кути різців?
8. Як змінюються передній та задній кути різця при зовнішньому точінні і розточуванні залежно від установки різця відносно осі обертання та подачі.

Лабораторна робота № 3

Дослідження деформації у зрізуваному шарі

Мета роботи: дослідити залежність коефіцієнта усадки стружки від елементів процесу різання та геометричних параметрів різця.

1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.

Роботу виконує група студентів з 5-6 чоловік. Перед початком лабораторної роботи на робочому місці підготовляють інструкції і роботи виконують після вивчення студентами теоретичної частини роботи. Точіння зразків виконують тільки під наглядом майстра.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити характер деформації металу зрізуваного шару.
2. Виконати експеримент.
3. Замалювати зони деформації в металі при різанні.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

3.1 Деформація металу в зоні різання

Різання металів - це не чисте різання. Різання металів – це пружно-пластичне деформування зрізуваного шару. Різець своєю передньою поверхнею тисне на зрізуваний шар і викликає в ньому спочатку пружні, а потім пластичні деформації. Із просуванням різця напруження в зрізуваному шарі зростає і коли воно сягає межі міцності оброблюваного матеріалу, утворюється стружка (рис. 3.1)

Зерно зрізаного шару, що розташоване лівіше лінії ОКА (рис. 3.2), недеформоване. Воно переміщується відносно різця з швидкістю різання V і в точці P починає деформуватися. Проходячи траєкторію свого руху, воно одержує все більший ступінь деформації. Деформація закінчується в точці M , де зерно набуває швидкості V_c , яка дорівнює швидкості стругання. Досвід показує, що ширина стружки порівняно з шириною зрізаного шару майже не змінюється. З цієї причини можна прийняти, що деформований стан в зоні стружкоутворення є плоским і зрізаний шар в процесі різання набуває деформації зсуву. На основі цього зроблено висновок, що лінія ОКА фізично є поверхнею зсуву, на котрій напруження зсуву τ дорівнюють границі текучості τ_{s0} матеріалу на зсув: $\tau = \tau_{s0}$. Вся зона I складена з подібних поверхонь, на кожній з котрих напруження зсуву дорівнюють границі текучості матеріалу, вже набувшого деякого ступеня зміцнення в результаті попередньої деформації.

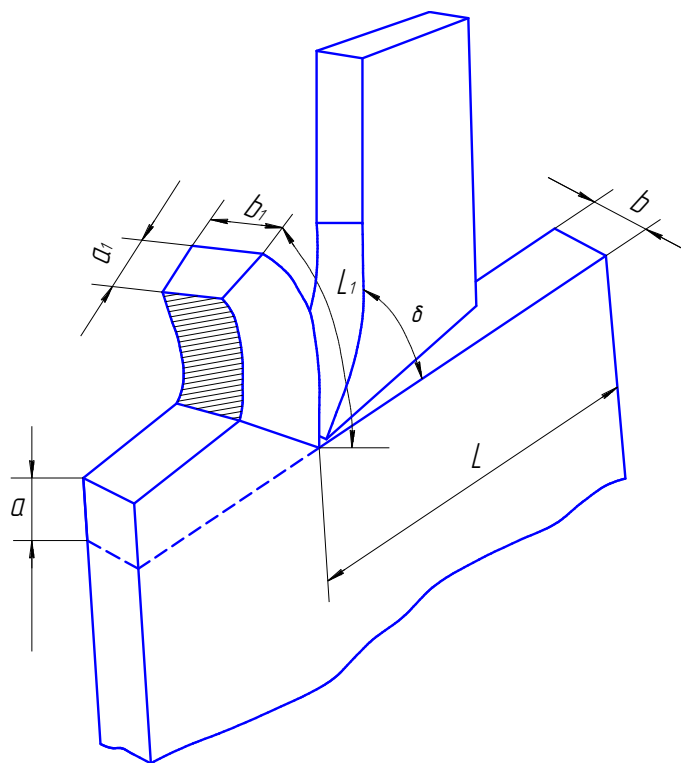


Рисунок 3.1 – Деформація в зоні різання

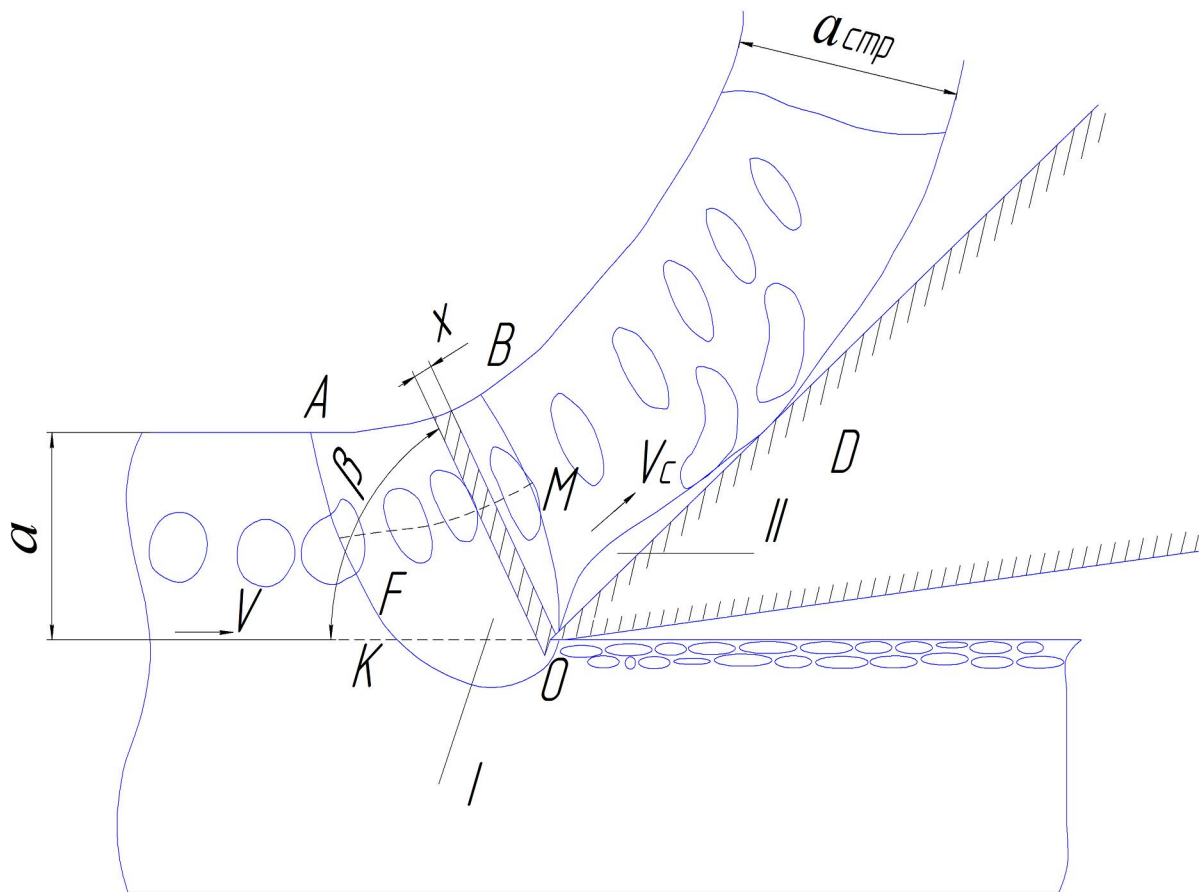


Рисунок 3.2 – Механізм утворення зливної стружки
 I – зона первинної деформації;
 II – зона вторинної деформації.

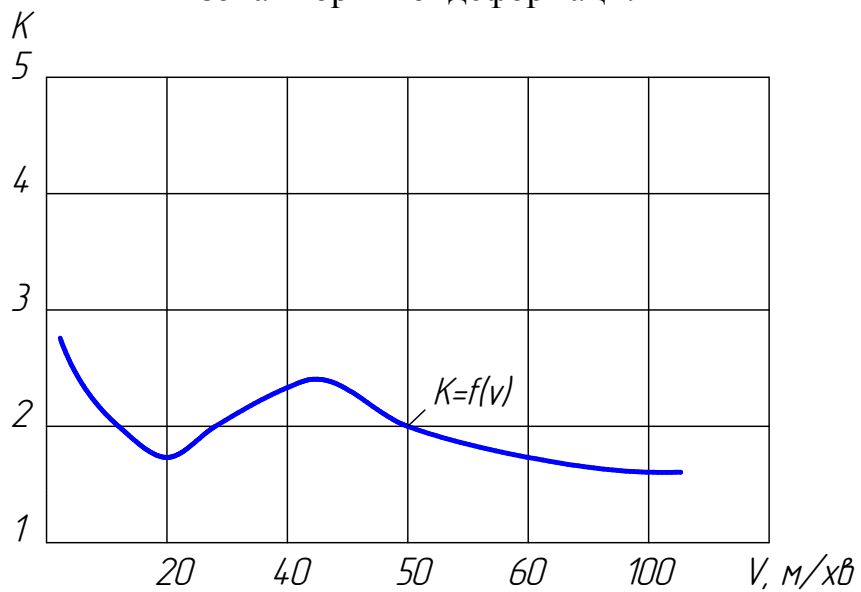


Рисунок 3.3 – Залежність коефіцієнта усадки від швидкості різання

Лінія ОМВ окреслює поверхню, на якій мала місце залишкова деформація зсуву, на ній напруження зсуву T дорівнюють границі текучості T_s на зсув остаточно зміцненого в результаті перетворення зрізаного шару матеріалу: $T = T_s$; якби між передньою поверхнею різця і контактною поверхнею стружки було відсутнє тертя, то на цьому деформація зерен і закінчилась би. Але між нами завжди є тертя. З цієї причини зерна стружки, які контактують з різцем, додатково деформуються в зоні вторинної деформації II, окресленої ОД.

В лабораторній роботі будемо визначати величину деформації металу стружки за усадкою стружки. Усадкою стружки є зміна розмірів зрізаного шару при переході його в стружку.

Усадка стружки характеризується коефіцієнтом повздовжньої усадки:

$$K = \frac{L_0}{L_{cmp}},$$

де L_0 - довжина поверхні, з якої зрізана стружка;

L_{cmp} - довжина стружки.

Оскільки об'єм деформованого металу при переході у стружку не змінюється, то:

$$abL_0 = a_1b_1L_{\tilde{n}\delta\delta};$$

$$\frac{L_0}{L_{cmp}} = K = \frac{a_1b_1}{ab},$$

де a – товщина зрізаного шару;

b – ширина зрізаного шару;

a_1 – товщина стружки;

b_1 – ширина стружки.

При обробці конструкційних металів ширина зрізаного шару майже не відрізняється від ширини стружки $b = b_1$, тому коефіцієнт повздовжньої усадки дорівнює коефіцієнту поперечної усадки:

$$K = \frac{L_0}{L_{cmp}} = \frac{a_{cmp}}{a}.$$

Коефіцієнт усадки може досягати 6-8 залежно від механічних властивостей оброблюваного матеріалу, геометрії інструмента, елементів режиму різання.

Треба відзначити, що усадка є тільки якісною мірою пластичної деформації зрізаного шару. Кількісною мірою ступеня деформації є

відносний зсув. Зв'язок між відносним зсувом і усадкою за даними професора А. М. Розинберга має вигляд:

$$\varepsilon = \frac{K^2 - 2K \sin \gamma + 1}{K \cos \gamma};$$

де γ – передній кут різця.

Величина усадки залежить від ступеня пластичності оброблюваного матеріалу, режимів різання, геометрії інструмента та інше. Із зміною усадки стружки змінюються сили різання, потужність різання, ступінь деформації обробленої поверхні і ряд інших факторів. Тому вивчення процесу стружкоутворення, а саме ступеня деформації зрізаного шару, має велике значення в різанні металу.

Методи визначення коефіцієнта усадки стружки

Коефіцієнт усадки стружки має бути визначений такими способами:

1. Вимірюванням довжини обробленої поверхні L_0 , з якого знімалась стружка, і довжини утвореної при цьому стружки $L_{стр}$

$$K = \frac{L_0}{L_{стр}}.$$

В цьому випадку довжина стружки визначається за допомогою сталевого дроту діаметром 0,1; 0,15 мм, а довжина шару, з якого знято стружку - безпосереднім вимірюванням лінійкою або штангенциркулем.

В лабораторних умовах беруть деталь певного діаметра $\varnothing D$, прорізають паз розміром 3 мм,

$$K = \frac{L_0}{L_{стр}} = \frac{\pi D - 3}{L_{стр}};$$

2. Вимірюванням товщини стружки $a_{стр}$ і товщини зрізаного шару a

$$K = \frac{a_{стр}}{a}.$$

В цьому випадку товщина стружки $a_{стр}$ визначиться вимірюванням штангенциркулем або під мікроскопом, а товщина зрізаного шару a визначається за формулою:

$$a = S \sin \varphi,$$

де S – подача, мм/об;
 φ – головний кут у плані.

Даний метод застосовується у випадку зливної стружки та прямолінійного різання;

4. Вимірюванням фактичної площі поперечного перерізу стружки.

$$K_F = \frac{F_{cmp}}{F_0} = \frac{F_{cmp}}{t \cdot S};$$

де t – глибина різання, мм;
 S – подача, мм/об;

Виміряти площу поперечного перерізу стружки F_{cmp} можна планіметром, але цей метод кропіткий і трудомісткий. Значно простіше і зручніше визначити площу поперечного перерізу стружки методом зважування.

Методика роботи при використанні цього метода така: від досліджуваної стружки відламують шматок довжиною l (50 -100 мм) і зважують. Маса стружки пов'язана з її довжиною l і може бути виражена формулою:

$$Q = F_{cmp} \cdot l \cdot \rho,$$

де l – довжина стружки, мм;
 ρ – густина матеріалу заготовки (для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$),
звідки:

$$E_{cmp} = \frac{100 \cdot Q}{l \cdot \rho}.$$

Коефіцієнт усадки стружки може бути визначений за формулою:

$$K = \frac{F_{cmp}}{F_0} = \frac{100 \cdot Q}{l \cdot \rho \cdot t \cdot S}.$$

Вплив швидкості різання, подачі і кута різання на коефіцієнт усадки стружки досліджують при різанні сталі або іншого пластичного матеріалу.

Для дослідження впливу швидкості різання заготовку обробляють різцем стандартної форми з постійною подачею і глибиною зрізаного шару при різних швидкостях різання.

Вплив подачі досліджують при точінні заготовки різцями стандартної геометричної форми з постійною швидкістю і глибиною різання при чотирьох різних значеннях подачі.

Для визначення кута різання заготовку обробляють різцями, заточеними з різними передніми кутами. Швидкість різання, подача, глибина різання при цих дослідженнях зберігаються постійними.

Визначивши значення K для всіх проведених дослідів, в протоколі лабораторної роботи будують графіки залежності коефіцієнта усадки стружки від швидкості різання $K = f(v)$, кута різання $K = f(\delta)$, подачі $K = f(S)$

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвати зони деформації металу при різанні.
2. Розкажіть про зони деформації і методи оцінки деформації металу в зоні різання.
3. Вплив кутів різання на деформацію і коефіцієнт усадки стружки.
4. Вплив властивостей оброблюваного матеріалу на деформацію і коефіцієнт усадки стружки.

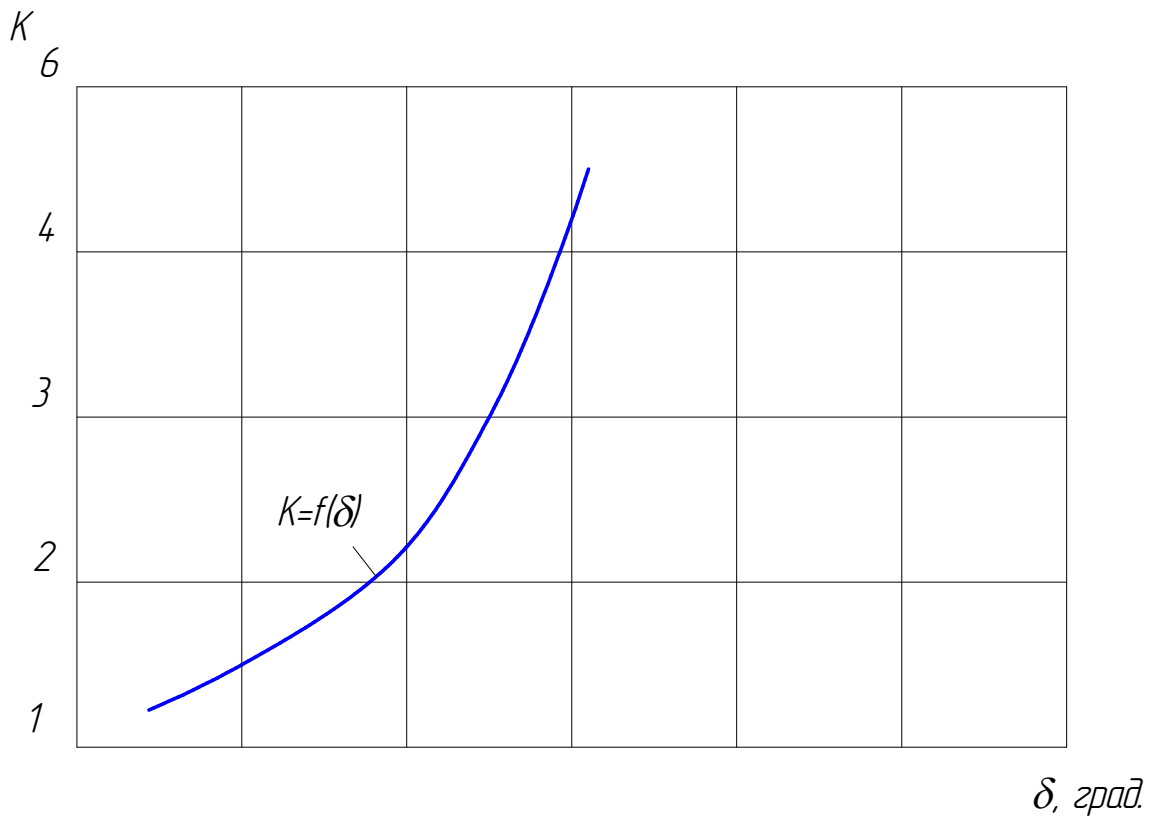
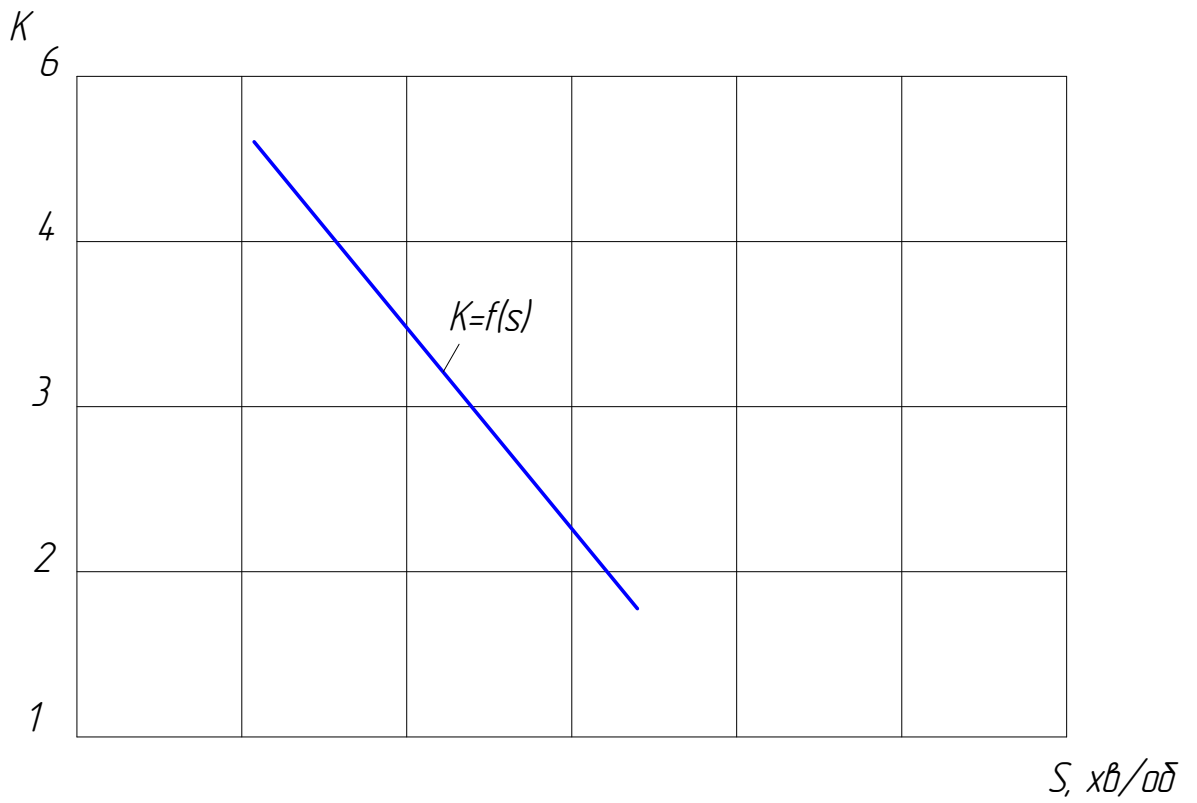


Рисунок 3.4 – Залежність коефіцієнта усадки від подачі та кута різання

Лабораторна робота № 4

Вплив елементів режиму різання та геометрії різця на сили різання при точінні

Мета роботи: дослідити вплив елементів режиму різання і глибини різання, подачі, швидкості різання, геометрії різця на сили різання при точінні.

2. Ознайомлення з методикою вимірювання сил різання.

2 ОБЛАДНАННЯ, ІНСТРУМЕНТ ТА ОБРОБЛЮВАНІ МАТЕРІАЛИ

Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62, токарний дво-компонентний динамометр, підсилювач УТЧ - I, мікроамперметр М266М, набір різців з платівками твердого сплаву ТІ5К6. Геометрія різців γ від $+10^\circ$ до -10° ; головний кут у плані $\varphi=30^\circ; 45^\circ; 75^\circ$; набір різців з радіусами закруглення при вершині $r = 2, 4, 6, 8$; заготовка - сталь 45.

3 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Сили при точінні

Рівнодійна всіх сил опору, діючих на різець з боку зрізуваного шару, називається силою опору різанню. На практиці застосовують її складові:

P_z - силу різання або тангенційну силу, яка дотична до поверхні різання і збігається з напрямком головного руху, її необхідно знати для перевірки на міцність різального інструмента і для розрахунку деталі механізму головного руху; за нею визначають момент крутний та потужність різання;

P_y - радіальну силу, діючу в горизонтальній площині перпендикулярно до обробленої поверхні, вона відштовхує різець від заготовки, обумовлює прогин та вібрацію заготовки і тому впливає на точність обробки, за нею ведуть розрахунки на довговічність підшипників шпинделя верстата;

P_x - осьову силу подачі, направлену паралельно осі заготовки в бік, протилежний руху подачі, вона використовується для розрахунків механізму подачі верстата і різального інструмента, а також підшипників шпинделя в осьовому напрямку.

Рівнодійна усіх трьох сил:

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

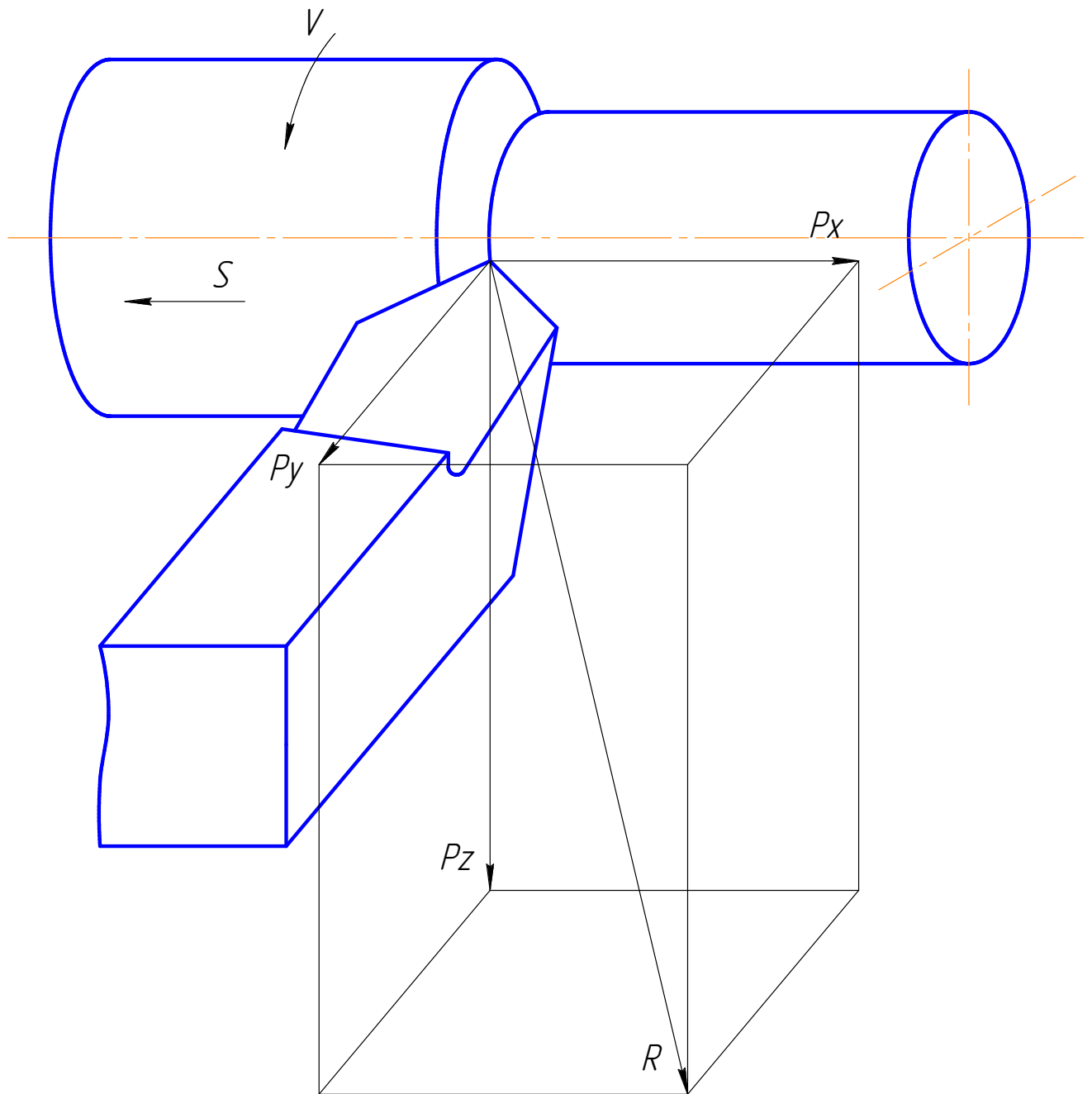


Рисунок 4.1 – Сили, що діють на різець

При точінні різцем $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\gamma = 15^\circ$ співвідношення між силами R , P_z , P_y , P_x такі:

$$R = (1,1\dots1,18) \cdot P_z;$$

$$P_y = (0,4\dots0,5) \cdot P_z;$$

$$P_x = (0,3\dots0,4) P_z$$

На співвідношення між силами впливають елементи режиму різання, геометрія інструмента, фізико-механічні властивості матеріалу заготовки та ін.

Метод вимірювання сил різання

Відомі такі методи вимірювання зусиль при різанні: зрівноваження; гальмування, визначання зусиль за витратою потужності, пластичної деформації, пружної деформації. За міру сили при використанні методу пружної деформації береться величина викликаної пружної деформації. Цей метод дозволяє, на відміну від інших, фіксувати зміни зразу декількох сил одночасно, в широких межах регулювати чутливість вимірювання.

Прилади, призначені для вимірювання сил різання, називають динамометрами. Важливою конструктивною деталлю будь-якого динамометра є датчик. Призначення датчика - перетворювати переміщення пружного робочого елемента в величину, зручну для підрахунку. Датчик може вимірювати переміщення (механічні, гідравлічні, оптичні датчики), величину зазору між рухомою і нерухомою частинами (пневматичні, ємнісні, індуктивні датчики) або безпосередньо пружну деформацію робочого елемента (дротяні тензодатчики).

Будова двокомпонентного токарного динамометра

Схема динамометра, який використовується в лабораторній роботі для вимірювання зусиль різання, показана на рис. 4.2. За допомогою даного динамометра можна виміряти зразу дві складові P_z та P_y . Прилад складається з корпусу 2, в передній частині якого закріплений різець 1. Під дією сил різання внаслідок того, що переріз корпусу динамометра в декількох місцях послаблено вікнами 3 та 4, має місце пружне переміщення корпусу у напрямку діючих сил. Це переміщення передається через гвинти 5, 8 на пружні вимірювальні елементи 6, 7. Пружний вимірювальний елемент 9 являє собою рамку, де на внутрішньому боці однієї з пластин наклеєні дротові тензодатчики. Дротовий датчик являє собою решітку з тонкого дроту з високим питомим опором, наклеєну на тонкий папір. Датчик приклеєний до поверхні пружного тіла, завдяки цьому він буде зазнавати тих же деформацій, що і поверхня пружного тіла. Розтяг та стискання дротів решітки приводять до зміни електричного опору датчика. Датчики включені в схему "півміст" і

підключені до підсилювача УТЧ - І. Зміна опору датчиків під дією сил різання призводить до зміни в діагоналі моста струму, який вимірюється мікроамперметром М266М. Покази мікроамперметра переводять за допомогою тарувального графіка (рис. 4.3 та 4.4) в значення сил P_z і P_y (Н).

Вплив глибини різання, подачі та швидкості різання на сили різання

Експериментальними дослідженнями встановлено залежність сил різання від параметрів процесу різання

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot s^{y_{Pz}} \cdot v^n,$$

де P_z - сила різання, Н;

C_{Pz} - коефіцієнт, який враховує властивості оброблюваного матеріалу і інструментального матеріалу та умови різання;

t, s, v - відповідно глибина, подача та швидкість різання;

x_{Pz}, y_{Pz}, n - показники степеня відповідно при глибині, подачі і швидкості різання.

Наприклад, при точінні сталі твердосплавним різцем з $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $r = 2$ без охолодження формула сили різання має вигляд:

$$P_z = 3000 \cdot t^1 \cdot s^{0,75} \cdot v^{-0,15}.$$

Формули складових сили різання P_x, P_y ідентичні.

Найбільше впливає на силу різання глибина різання.

Сила різання залежить від того ступеня деформації, що одержав зрізуваний шар. Зі зростанням глибини різання зростає площа зрізуваного шару, а отже і об'єм металу, який підлягає деформуванню. Але це зростання площини походить від зростання ширини зрізуваного шару b . Товщина зрізуваного шару a не змінюється, отже не змінюється і ступінь деформації. Зростання ширини b призводить також до зростання контакту різця з поверхнею різання і збільшує площу тертя та силу тертя. В зв'язку з цими явищами сила P_z залежить від глибини різання прямо пропорційно, ступінь впливу 1,0.

Зі зростанням подачі також зростає площа зрізуваного шару і об'єм деформованого металу, але це збільшення відбувається за рахунок збільшення товщини зрізуваного шару a . Зі зростанням товщини a зменшується ступінь деформації, оскільки деформація має затухаючий характер по товщині зрізуваного шару: найбільш інтенсивно деформуються шари стружки, які розташовані ближче до поверхні різання і менш інтенсивно ті, які розташовані далі від поверхні різання. Отже зі зростанням S зростає й a , зменшується ступінь деформації, майже ніяких змін з причин, які впливають на тертя. З цих причин подача впливає на силу P_z не прямо пропорційно, а меншою мірою - 0,75.

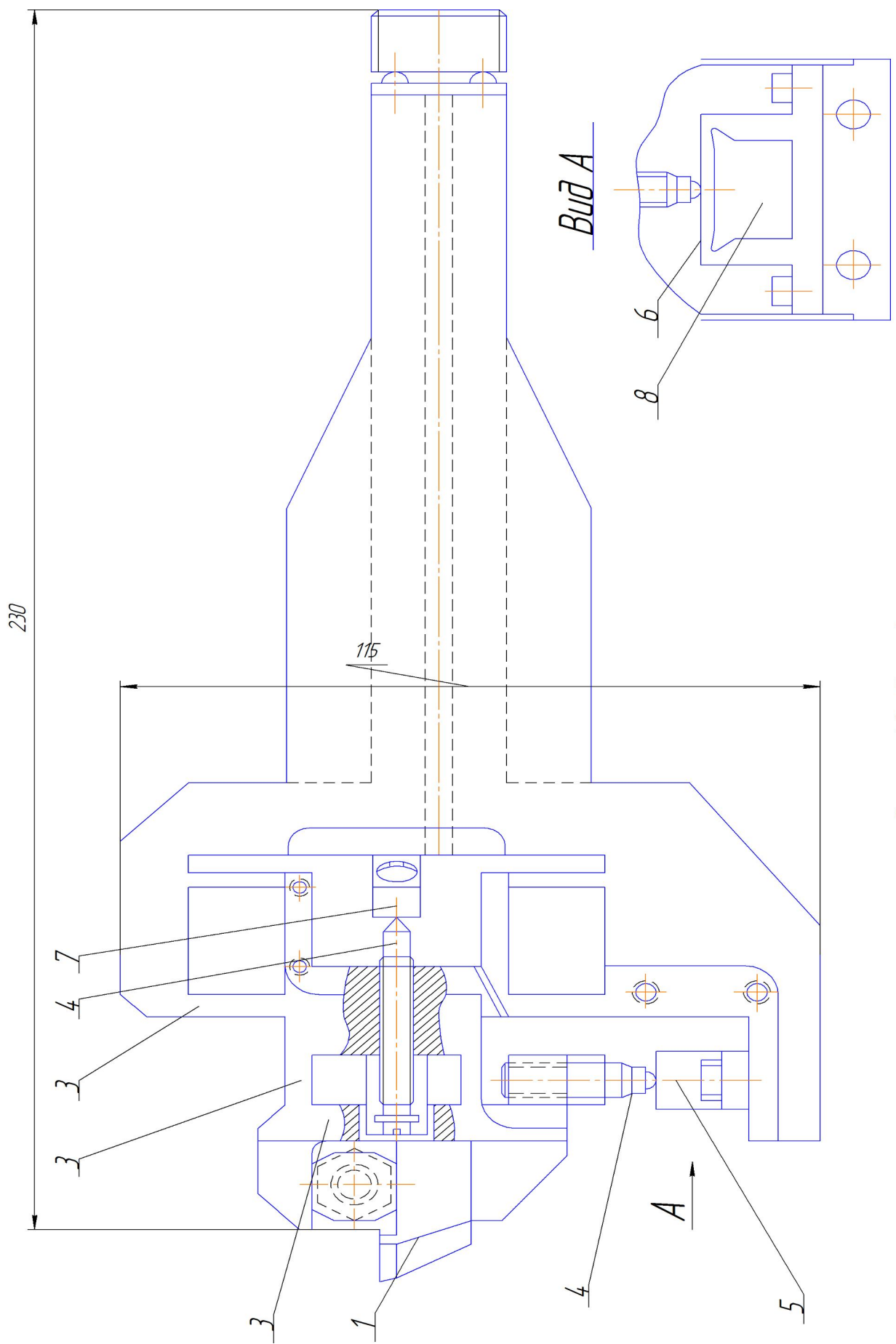


Рисунок 4.2 - Схема динамометра

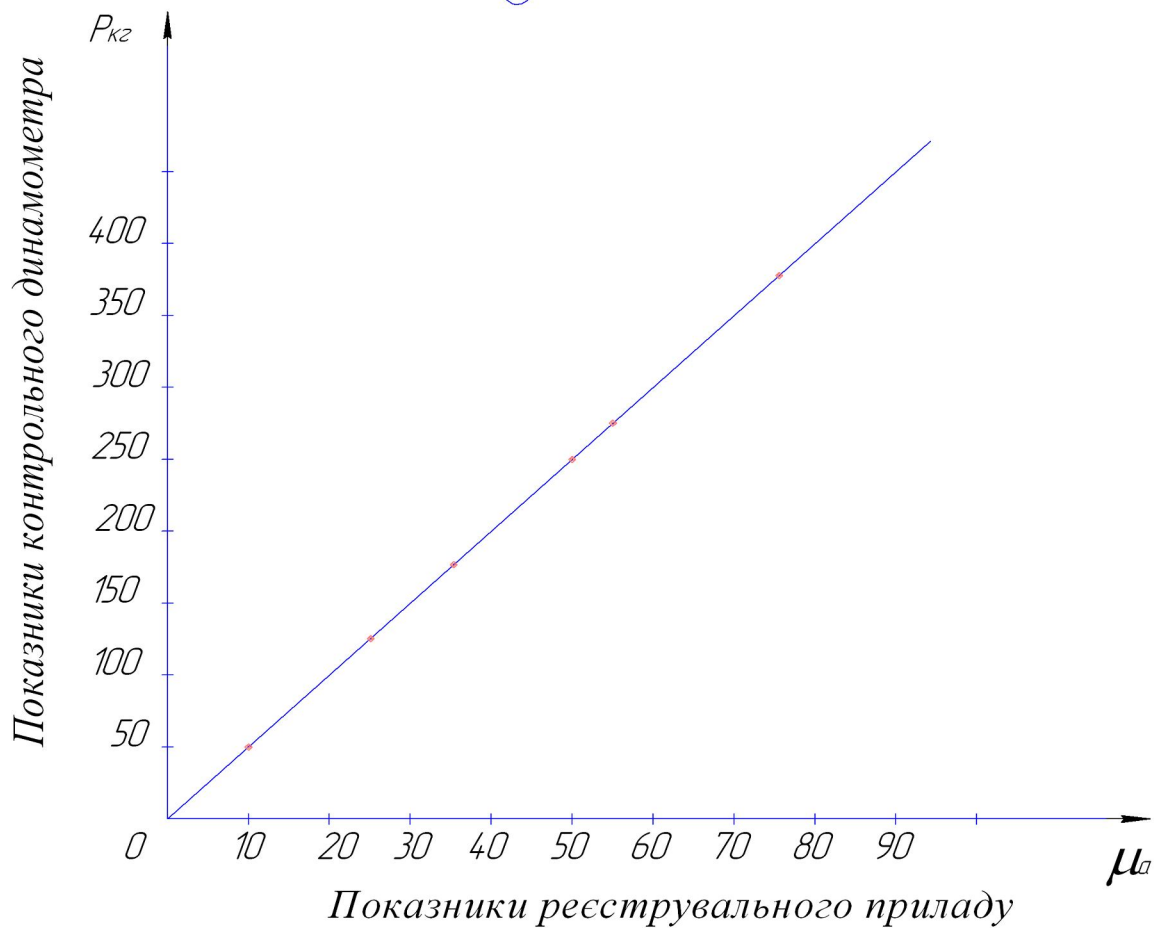
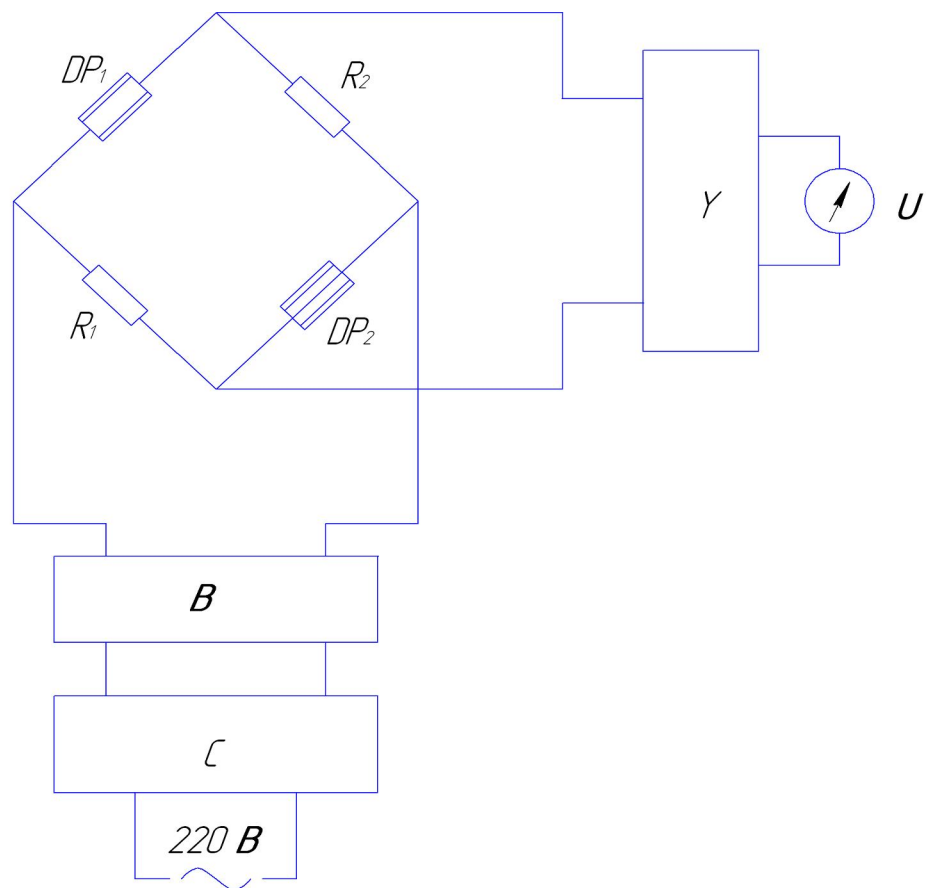


Рисунок 4.3 – Схема приєднання та графік тарування динамометра

Вплив швидкості різання на сили різання пов'язаний з тими фізичними явищами, які супроводжують процес різання. Так, в зоні малих та середніх швидкостей сила різання залежить від швидкості через наростоутворення. В зоні швидкостей, які перевищують зону наростоутворення, з зростанням V сила різання зменшується, оскільки підвищення температури різання призводить до зменшення коефіцієнта тертя.

Вплив геометричних елементів різця на силу різання

Найбільший вплив на силу різання чинять: передній кут, головний кут в плані та радіус закруглення при вершині різця.

Чим менший передній кут (більший кут різання, кут загострення), тим більший опір чинить зрізуваний шар заглибленню різця, більша деформація в зонах первинної та вторинної деформації, більше тертя по передній поверхні, більші і всі складові сили різання.

Зростання φ провокує зменшення сил P_z та P_y і збільшення складової сили P_x ; слід відмітити, що збільшення φ в зоні кутів від 0° до 60° викликає більш-менш різке зниження сил P_z, P_y , коли $r = 0$, а в зоні $\varphi = 60^\circ - 90^\circ$ ледь помітне. Це пов'язано з більш різким зростанням товщини a і зменшенням ширини b при зростанні φ в зоні кутів до 60° та незначною їх зміною в зоні, де $\varphi = 60^\circ \dots 90^\circ$.

Відомо, що від того, як себе поведуть товщина a і ширина b , залежить ступінь деформації і тертя, що в свою чергу, впливають на силу різання.

Проведення експериментів

Дослідні дані одержують при точінні заготовки: на токарно-гвинторізному верстаті ІК62. Сили P_z і P_y вимірюють двокомпонентним динамометром (рис. 4.2.)

Покази міліамперметра, що входить у схему вимірювання сил, переводять за допомогою тарувального графіка.

Досліди проводяться в 6 серій, I - встановлення сил різання від глибини різання (при проведенні дослідів цієї серії змінюється тільки глибина різання, решта факторів залишається постійними); II - встановлення залежності сил різання від подачі, решта факторів - постійні, змінюється тільки величина подачі; III - встановлення залежності сил різання від швидкості різання, решта факторів - постійна; IV - встановлення залежності сил різання від переднього кута γ (застосовуються різці з різними кутами γ), решта факторів - постійні; V - встановлення залежності сил різання від кута у плані φ (беремо різці з

різними кутами φ), решта факторів - постійні; VI - встановлення залежності сил різання від радіуса r закруглення різця при вершині (беремо різці з різними радіусами закруглення при вершині), решта факторів – постійна.

Для кожного із параметрів потрібно визначити не менше трьох значень сили при різних значеннях параметра. Результати експериментів занести в журнал спостережень.

4 ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

1. Побудувати графіки

$$P_z = f(s); \quad P_z = f(t); \quad P_z = f(v); \quad P_z = f(\gamma); \quad P_z = f(\varphi); \quad P_z = f(r); \quad P_y = f(t); \\ P_y = f(s); \quad P_y = f(v).$$

Графіки $P_z = f(v); \quad P_z = f(\gamma); \quad P_z = f(\varphi);$ будувати в декартових координатах, а графіки $P_z = f(s); \quad P_z = f(t); \quad P_z = f(v)$ в подвійній логарифмічній системі.

2. Визначити параметри x, y, z, C_p у емпіричних формулах:

$$P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^z, \quad P_y = C_{Py} \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^z.$$

В подвійних логарифмічних координатах степеневі залежності $P_z = f(t, s, v); \quad P_y = f(t, s, v)$ перетворюються в прямолінійні і зображуються прямими лініями, розташованим під різними кутами до осей координат. Тангенси кутів нахилу графіків до осей координат чисельно дорівнюють показникам степенів

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = x; \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = y; \quad \operatorname{tg} \alpha_3 = z.$$

Значення коефіцієнта C_{pz} визначається за загальним рівнянням:

$$C_{Pz} = \frac{P_z}{t^x \cdot s^y \cdot v^z}.$$

Спочатку визначаються три значення з залежності від глибини різання за даними першої серії дослідів

$$C_{Pz1} = \frac{P_{z1}}{t^x \cdot s^y \cdot v^z},$$

де P_{z1} – значення трьох сил, взятих з графіка $P_z = f(t)$ для трьох значень t ;

$Z_{Sn}; V_n$ - сталі, беруться з таблиць дослідних даних;

x, y, z - показники степенів, визначених з графіків, побудованих в подвійній логарифмічній системі.

Аналогічно визначаємо $C_{Pz2}; C_{Pz3} \dots$ для другої і третьої серії дослідів і обчислюємо середнє значення:

$$C_{Pzcp} = \frac{C_{Pz1} + C_{Pz2} + \dots + C_{Pz9}}{9}.$$

Аналогічно визначається коефіцієнт C_{Px} та C_{Py} для інших складових сил різання. Формули з числовими значеннями розрахованих коефіцієнтів, одержаних за даними дослідів, дозволяють зробити висновки про ступінь впливу параметрів t, s, v на сили P_y і P_x .

5 ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт про лабораторну роботу виконують на бланку встановленої форми. Він повинен містити:

1. Схему сил, діючих на різець;
2. Структурну електричну схему включення динамометра для вимірювання зусиль;
3. Таблицю результатів дослідів;
4. Графік впливу глибини, подачі, швидкості різання на сили P_z , P_y і P_x ;
5. Розрахунки коефіцієнтів C_{Pz} , C_{Px} , C_{Py} та підсумкові, показників степенів x, y, z і остаточну формулу;
6. Висновки, які пояснюють вплив того чи іншого фактора на сили різання.

6 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Накреслити схему сил, діючих на різець.
2. Навести методи вимірювання сил різання при точінні.
3. Накреслити схему і пояснити роботу двокомпонентного токарного динамометра.
4. Пояснити вплив x, y, z на сили P_z, P_y і P_x при різанні.
5. Пояснити вплив геометрії різця (кути γ, φ, δ) на сили різання.
6. Як знайти формулу зв'язку $P_z = f(t, s, v)$ за отриманими дослідними даними?

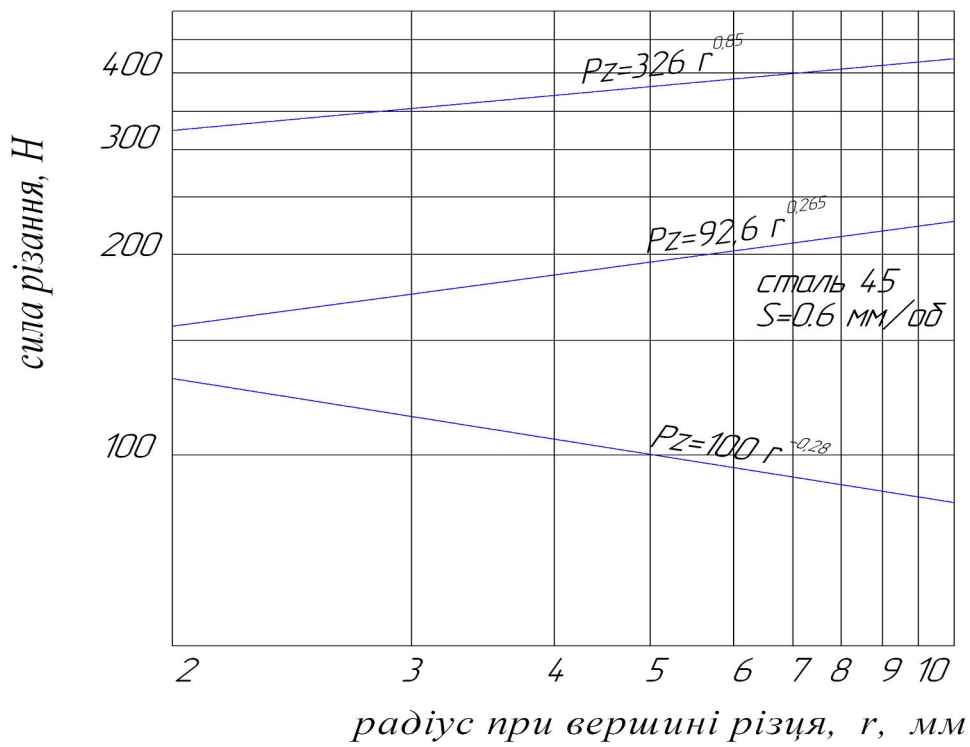
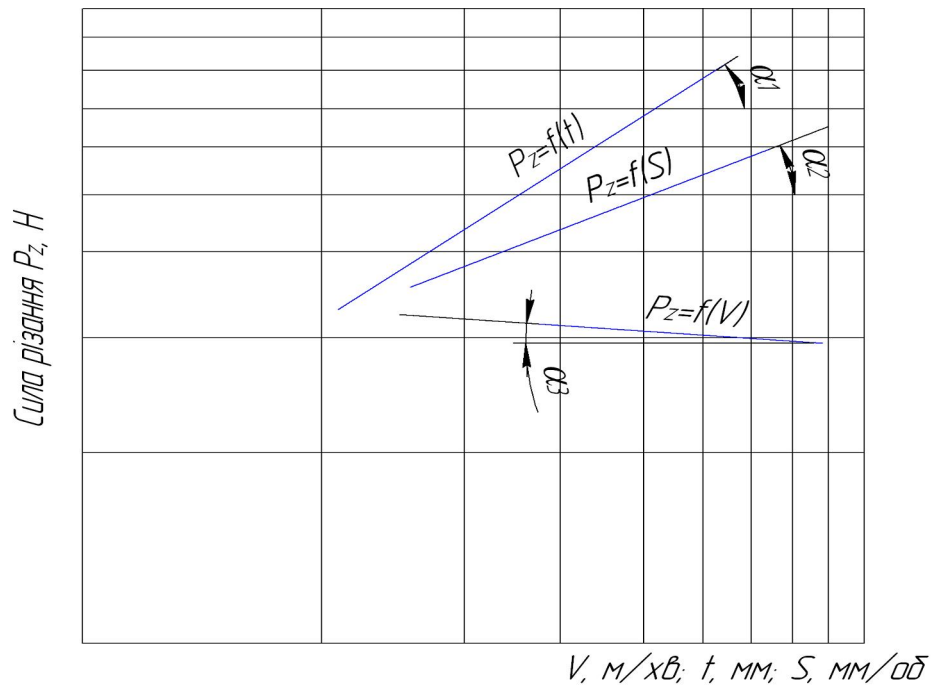


Рисунок 4.4 – Залежність сили різання від швидкості різання, глибини, подачі та радіуса при вершині (закруглення) різця

Лабораторна робота № 5

Вплив елементів режиму різання та геометрії різця на температуру різання при точінні

Мета роботи: дослідити вплив елементів режиму різання t , s , v та геометрії різця на температуру різання при токарній обробці.

1 ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ ТА ІНСТРУМЕНТ

Токарно-гвинторізний верстат, термомпари, мілівольтметр, набір різців - матеріал Т15К6 з переднім кутом $\gamma = 15^\circ, 10^\circ, 5^\circ, -10^\circ$, головними кутами в плані $\varphi = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$, радіусами закруглення при вершині $r = 2, 4, 6, 8$ мм, матеріал заготовки - сталь 45.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Теплові явища при різанні металів

В процесі різання металів виділяється теплота, яка розповсюджується в різальний інструмент, деталь, стружку та навколишнє середовище. Загальна кількість теплоти, що виділяється за одиницю часу, може бути визначена за енергією, витраченою на процес різання, оскільки майже вся енергія деформації і тертя (95%) переходить в теплоту і тільки 5% енергії витрачається на внутрішньокристалічні перетворення

$$Q = \frac{P_z \cdot V}{427} \cdot \alpha,$$

де Q - загальна кількість теплоти (ккал/хв), яка виділяється;

P_z - сила різання, Н;

V - швидкість різання, м/хв;

$\alpha = 0,9 \dots 0,99$ – коефіцієнт, враховуючий частку енергії, яка переходить в теплоту.

Тепловиділення має вирішальний вплив на процес різання, оскільки нагрів інструменту викликає зміну його твердості та зносостійкості.

Рівняння теплового балансу при різанні має вигляд:

$$Q_{\text{деф}} + Q_{\text{тр.н}} + Q_{\text{тр.з}} = Q_{\text{стр.}} + Q_{\text{д.}} + Q_{\text{р}} + Q_{\text{н.с}},$$

де $Q_{\text{деф}}$ кількість теплоти, що виділяється в результаті точної деформації;

$Q_{mp.n}$ - кількість теплоти, яка виділяється при терті стяжки об передню поверхню різця;

$Q_{mp.z}$ - кількість теплоти, яка виділяється при терті заготовок об задню поверхню різця;

Q_{cmp} - теплота, яка забирається стружкою;

Q_d - теплота, яка іде на нагрів деталі;

Q_p - теплота, що йде на різець;

$Q_{n.c}$ - теплота, що виходить в навколишнє середовище.

Кількісні значення складових рівняння балансу теплоти не сталі і залежать від режиму різання, фізико-механічних властивостей матеріалів заготовки та різця.

Так, наприклад, при точінні сталі 40Х із швидкістю 20-50 м/хв в стружку переходить у середньому 45% тепла, а в деталі і інструмент відповідно 47 і 4...5; при швидкості різання 100-300 м/хв в стружку іде 75 % , а в деталь і інструмент відповідно 22 і 1...5 % ,

Зменшення частки тепла, яке іде в деталь при зростанні швидкості різання, викликано зміною співвідношення між швидкістю різання і швидкістю поширення тепла із зони деформації. Якщо швидкість, з якою різальний клин інструмента перерізає тепловий потік (тобто швидкість різання), мала, то тепло від умовної площини зсуву встигає перейти в деталь (як в найбільш металоємкий об'єкт, що бере участь у різанні). При збільшенні швидкості різальний клин все скоріше перерізає тепловий потік і внаслідок цього все більше тепла залишається в стружці і все менше його встигає перейти у деталь. Не дивлячись на те, що у відсотковому відношенні зменшується кількість тепла, яке переходить в інструмент, але збільшується абсолютна його величина і температура інструменту все-таки зростає.

Температури різця і деталі в різних точках неоднакова. Сукупність миттєвих значень температури для всіх точок в межах об'єму різця або деталі називається температурним полем.

2.2 Методи вимірювання температури при різанні

1. Середню температуру стружки можна визначити такими методами:

Калориметричний метод. Стружка збирається в калориметрі, знаючи масу стружки Q_{cmp} , початкову θ_n і θ_k кінцеву температури води, теплоємність стружки C_p , визначають середню температуру стружки θ_{cp} за формулою:

$$\theta_{cp} = \frac{\theta_k - Q_v(\theta_n - \theta_k)}{\theta_{cp} \cdot C_p}.$$

Метод кольорів мінливості. При нагріванні на поверхні стружки утворюються плівки оксидів, які при різних температурах мають різний колір. Так, при $Q_{стр.} = 200$ °С – світло-жовтий; $Q_{стр.} = 240$ °С – темно-жовтий; $Q_{стр.} = 300$ °С – темно-синій; $Q_{стр.} = 400$ °С – білий. Таким чином, за кольором поверхні стружки визначають температуру, при якій вона була зрізана.

Метод термочутливих фарб: термочутливі фарби – це хімічні сполуки, які мають властивість змінювати колір при досягненні певної температури. Вони застосовуються для вимірювання температури від 45 до 740 °С з похибкою вимірювання ± 10 °С. Фарбу розбавляють етиловим спиртом, наносять на поверхню інструменту і дають деякий час для висихання. Колір фарби змінюється через кілька секунд після дії тепла і зберігається після остигання поверхні, на яку її нанесено.

2. Температура зони різання різця і стружки вимірюється такими способами (рис. 5.1):

1. Природної термопари;
2. Штучної термопари;
3. Напівштучної термопари;
4. Двох різців;
5. Термопари, що рухається (біжучої);
6. Оптичним засобом;
7. Ковзаної термопари;
8. Мікроструктурного аналізу.

Методи 5, 7, 6 дозволяють визначити температуру в окремих точках. Тривимірне температурне поле в різальному інструменті можна отримати тільки методом мікроструктурного аналізу. Методи 1, 2, 3, 4 дозволяють визначити середню температуру в зоні різання.

В лабораторній роботі температура в зоні різання вимірюється за допомогою природної термопари. Схема експериментальної установки показана на рис. 5. 2. Термоелектродами є різець і деталь, матеріал котрих різнорідний за хімічним складом. Спаєм термопари є місце контакту різця зі стружкою і заготовкою. В процесі різання місце контакту нагрівається і виникає термоелектрорушійна сила, яка реєструється мілівольтметром.

Для визначення температури за величиною терморушійної сили термопара тарується. Кінці термоелектродів різець-деталь поміщують разом з протарованою контрольною термопарою в пісочну або сурикову ємкість, або в муфельну піч.

Потім змінюють температуру ємкості (або печі), фіксують a і ступінь деформації не змінюється, а зростає ширина b і провокує зростання площини тертя між різцем і заготовкою, що дещо збільшує теплоутворення з причин тертя. З цих причин кількість утвореного тепла зі зростанням

глибини різання дещо більша, ніж зі зростанням подачі, але зі зростанням глибини різання різкіша, ніж зі зростанням подачі. Пожвавлюється тепловідвід від різальної частини в деталь і тіло інструмента. Останнє і дає той результат, що температура від глибини різання зростає меншою мірою (0,1), ніж від подачі (0,13...0,45).

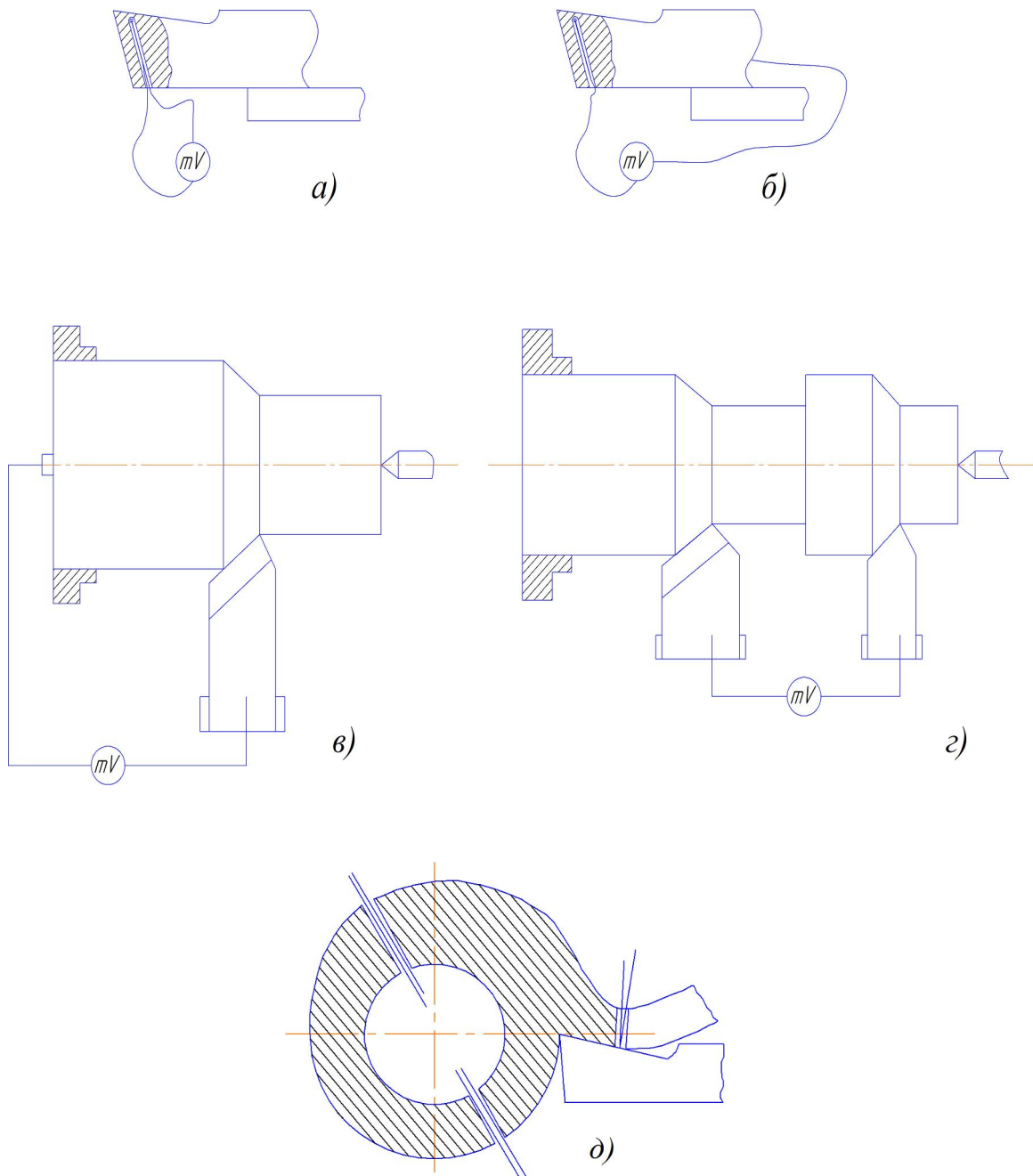


Рисунок 5.1 – Вимірювання температури різними термопарами

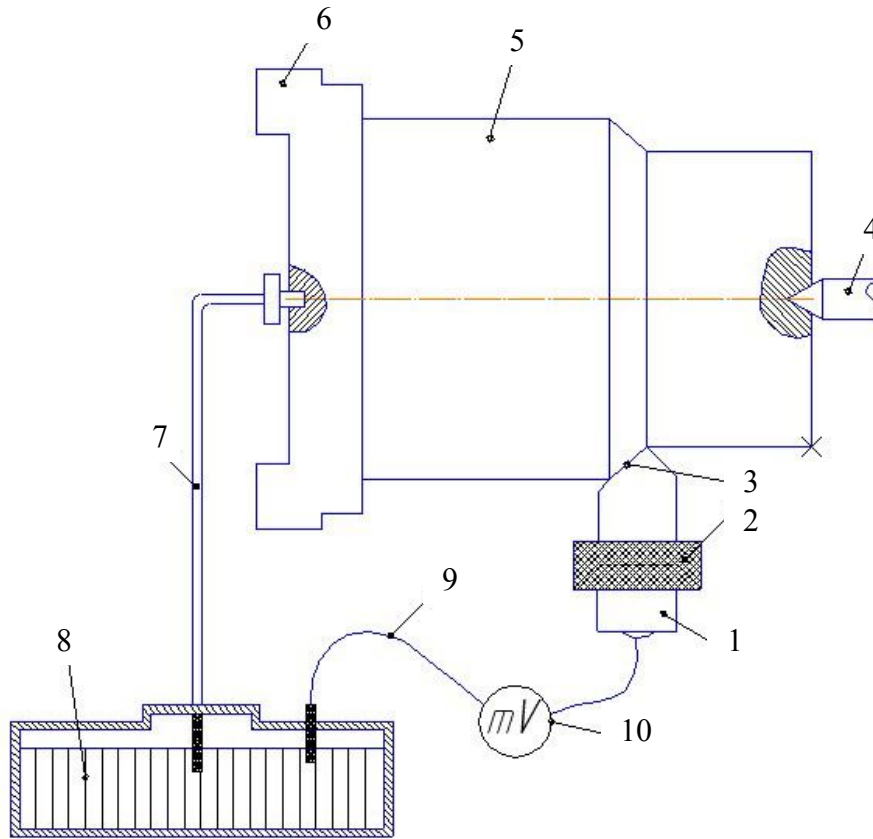


Рисунок 5.2 – Схема устаткування для вимірювання температури за методом природної термопари

- 1 – різець; 2 – ізоляція; 3 – спай термопари; 4 – задній центр;
 5 – деталь; 6 – кулачки патрона; 7 – гнучкий вал; 8 – ртутний струмоз'ємник; 9 – дріт; 10 – мілівольтметр

2.3 Вплив геометричних параметрів різця на температуру різання

З геометричних параметрів різця найбільш впливовими є: передній кут різця, головний кут у плані і радіус закруглення при вершині різця.

Передній кут має складний вплив на температуру різання. Це пояснюється тим, що, з одного боку, при зменшенні переднього кута (збільшенні кута різання) збільшуються деформація і робота різання, котрі приводять до збільшення теплоутворення. З іншого боку, збільшення кута різання робить головку різця більш масивною, що підсилює тепловідведення в тіло різця.

Вплив головного кута у плані φ тісно пов'язаний зі співвідношенням товщини і ширини зрізуваного шару. Так зі зростанням φ зростає товщина a , що призводить до зменшення ступеня деформації, зменшується ширина b , що зменшує площину тертя між різцем і заготовкою, а отже і роботу з

причини тертя. Все це зменшує кількість утвореного тепла. Але різко зменшуються і можливості тепловідведення з двох причин:

1. Зменшення b зменшує контакт різця з заготовкою, що зменшує тепловідведення в заготовку і в тіло різця від різальної кромки.

2. Зменшується кут ε , тобто зменшується масивність вершини різця, що утруднює тепловідведення в тіло різця. В результаті збільшення φ призводить до зростання температури різання.

Радіус при вершині у плані r різця. З зростанням r збільшується деформація зрізуваного шару і площа контакту (площина тертя) різця з заготовкою. Все це провокує більш-менш різке зростання теплоутворення, але збільшення контакту з заготовкою, збільшення масивності вершини різця призводять до різкого поживавлення тепловідведення як в заготовку, так і в тіло різця від різальної частини. Це останнє стає вирішальним: з зростанням r температура різання зменшується.

3 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з тепловими явищами, які мають місце в процесі різання.
2. Ознайомитись з експериментальними методами вимірювання температури при різанні.
3. Вивчити характер впливу глибини різання, подачі та швидкості різання на температуру різання.
4. Вивчити характер впливу геометричних параметрів різця переднього кута, головного кута у плані і радіуса закруглення при вершині на температуру різання.
5. Провести експериментальні дослідження.
6. Обробити отримані дослідні дані.
7. Оформити звіт.

4 ОТРИМАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Дослідні дані отримуються при точінні заготовки на токарно-гвинторізному верстаті ІК62. Температуру в зоні різання вимірюють методом природної термопари.

Досліди проводять у шість серій:

1-а - встановлення залежності температури різання від глибини різання. При проведенні цих дослідів змінюється тільки глибина різання, решта факторів залишається постійною.

2-а - встановлення залежності температури різання від подачі. При цьому змінюється величина подачі, решта факторів постійна.

3-я - встановлення залежності температури різання від швидкості різання. При проведенні дослідів цієї серії змінюється частота обертання (швидкість різання), решта факторів постійна.

4-а - встановлення залежності температури різання від переднього кута γ ; при проведенні експериментів цієї серії беруть різці з різними передніми кутами, решта факторів постійна.

5-а - встановлення залежності температури різання від головного кута у плані φ . При проведенні дослідів цієї серії беруть різці з різним кутами φ , решта факторів постійна.

6-а - встановлення залежності температури різання від радіуса закруглення різця при вершині. При проведенні дослідів цієї серії застосовуються різці з різними радіусами закруглення при вершині, решта факторів постійна.

Для кожного із параметрів потрібно визначити не менше чотирьох значень температури різання. Результати дослідів заносять у журнал спостережень.

5 ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

1. Побудувати графіки залежності $\theta = f(t)$; $\theta = f(s)$; $\theta = f(v)$; $\theta = f(\gamma)$; $\theta = f(\varphi)$; в подвійній логарифмічній системі.

2. Встановити параметри x, y, z, C_θ емпіричної формули

$$\theta^0 = C_\theta \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^z$$

за результатами дослідів.

В подвійних логарифмічних координатах залежності $\theta = f(t, s, v)$ перетворюються в прямолінійні і зображаються під різними кутами до осей координат. Тангенси кутів нахилу лінії до осі ординат дослідженого параметра чисельно рівні показникам степенів x, y, z : $\operatorname{tg}\alpha_1 = x$; $\operatorname{tg}\alpha_2 = y$; $\operatorname{tg}\alpha_3 = z$.

Коефіцієнт C_θ визначають за загальним рівнянням:

$$C_\theta = \frac{\theta}{t^x \cdot s^y \cdot v^z}.$$

Спочатку визначають значення

$$C_{\theta 1} = \frac{\theta_i}{t_i^x \cdot s_n^y \cdot v_n^z},$$

за даними першої серії дослідів, де θ_i - температура, взята з графіка: $\theta^0 = f(t)$ для будь-якого значення t_i ; s_n ; v_n ; x, y, z - показники степеня,

визначені за графіками. Аналогічно знаходимо C_{θ_2} і C_{θ_3} за даними з 2-ї і 3-ї серії дослідів.

Обчислюємо:

$$C_{\theta_{cp}} = \frac{C_{\theta_1} + C_{\theta_2} + C_{\theta_3}}{3}.$$

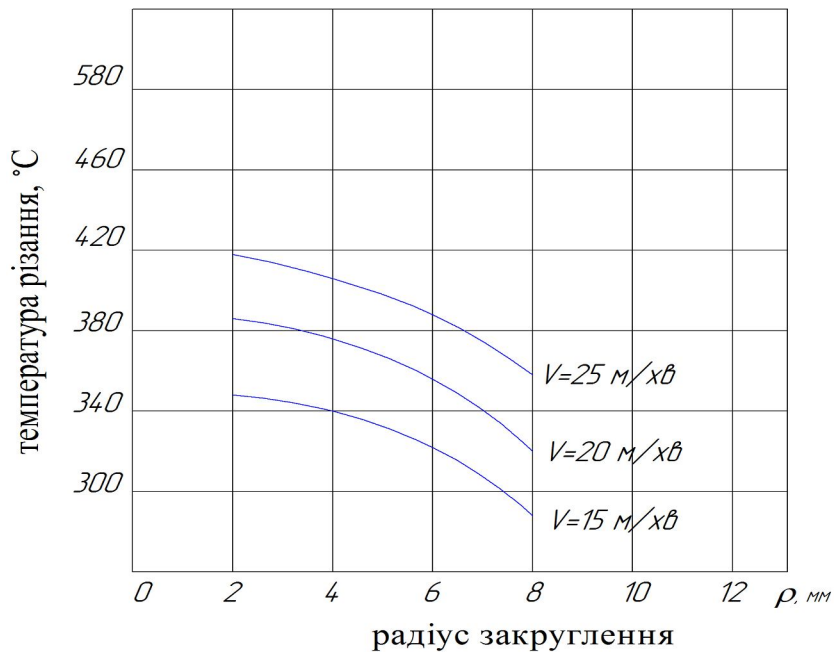
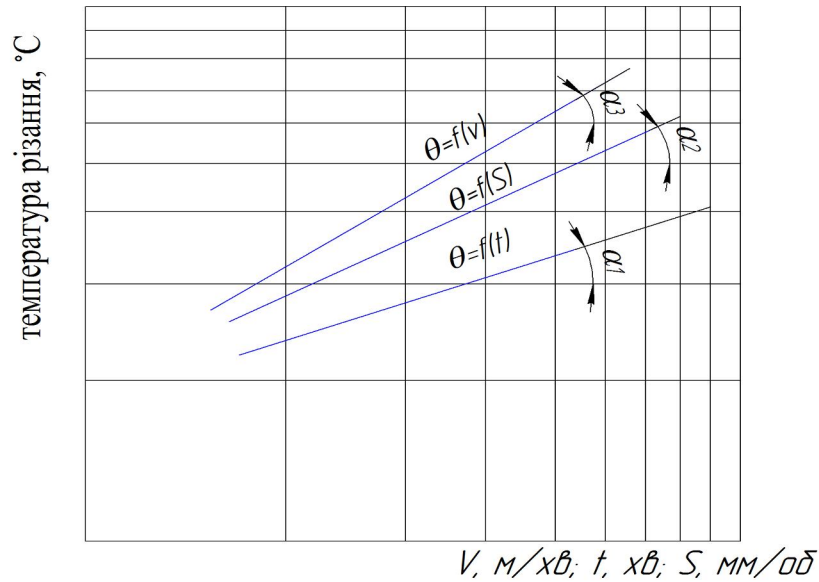


Рисунок 5.3 – Залежність температури різання від швидкості різання, глибини, подачі та радіуса закруглення різця

Формула з числовими значеннями x , y , z , C_θ , отриманими за дослідними даними, дозволяє зробити висновки про степінь впливу параметрів t , s , v на температуру.

Графіки $\theta = f(t)$; $\theta = f(s)$; $\theta = f(v)$ дозволяють зробити висновок про вплив геометрії різця на температуру в зоні різання.

6 ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

1. Теоретичні відомості, необхідні рисунки.
2. Схему установки для вимірювання температури.
3. Таблиці результатів дослідів.
4. Графіки впливу глибини, подачі, швидкості різання переднього і головного кута в плані та радіуса заокруглення на температуру різання.
5. Визначення степенів x , y , z , C_θ та підсумкової формули.
6. Висновки.

7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть джерела теплоутворення при різанні.
2. Напишіть рівняння теплового балансу при точінні.
3. Перерахуйте методи вимірювання температур різання.
4. Накресліть схему, поясніть роботу установки для вимірювання температури різання за методом природної термопари.
5. Поясніть вплив t , s , v на температуру при різанні.
6. Поясніть вплив геометрії різця (γ , φ , r) на температуру різання при точінні.
7. Поясніть з точки зору фізики різання вплив названих факторів на температуру різання при точінні.

Лабораторна робота № 6 Обробка поверхонь на фрезерних верстатах

Мета роботи: вивчити типові способи обробки поверхонь, різальний інструмент та обладнання при фрезеруванні; набути практичних навичок з обробки заготовок на фрезерних верстатах.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Фрезеруванням називається технологічний метод обробки поверхонь заготовок різанням, при якому різальний інструмент - фреза - виконує обертальний (головний) рух, а оброблювальна заготовка - поступальний рух подачі.

Фреза - різальний інструмент, що являє собою тіло обертання, на твірній або торцевій поверхні якого (або на обох цих поверхнях) розташовані різальні зубці.

Фрезерування - один з дуже продуктивних і поширених методів обробки різанням. Цим методом обробляють площини, фасонні поверхні, пази, канавки, нарізають зубці в зубчастих колесах, різьби тощо.

Точність обробки і шорсткість обробленої поверхні при фрезеруванні залежать від типу верстата, застосовуваних фрез, режимів різання і інших факторів та можуть досягати 9...11 квалітетів й 7...8 класів шорсткості поверхні.

На рис. 6.1 показані схеми обробки площин циліндричною і торцевою фрезами. Ці види фрезерування є найбільш поширеними.

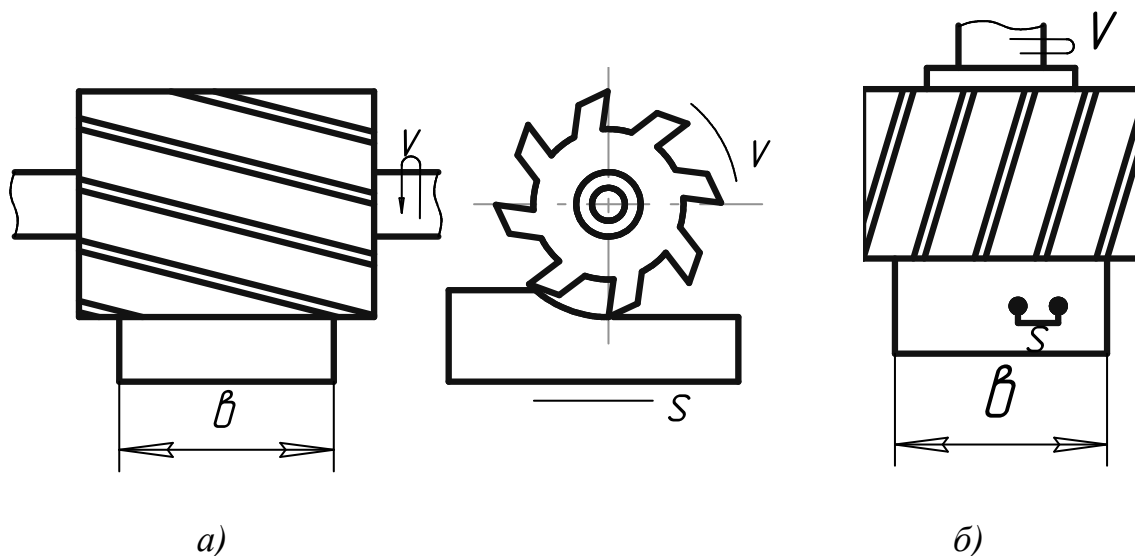


Рисунок 6.1 – Схеми фрезерування площин фрезною:
а - циліндричною; б – торцевою

1.1 Типи фрез і основні види фрезерних робіт

Залежно від форми і призначення фрези поділяються на циліндричні, торцеві, дискові, кінцеві, кутові, фасонні, різьбові, черв'ячні і т. п.

За конструктивними ознаками фрези поділяють на суцільні і з вставними зубцями (ножами). Залежно від способу кріплення фрез на верстаті розрізняють фрези насадні, які мають отвір і закріплюються на оправці, і фрези кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком.

Горизонтальні площини обробляють циліндричними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах або торцевими фрезами на вертикально-фрезерних і поздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 6.2, а, б).

Найбільш продуктивною є обробка площин торцевими фрезами, оснащеними пластинками з твердих сплавів.

Вертикальні площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах торцевими (рис. 6.2, в) або дисковими (рис. 6.2, д) фрезами, на вертикально-фрезерних – кінцевими фрезами (рис. 6.2, г).

Похилені площини обробляють на горизонтально-фрезерних верстатах кутовими фрезами (рис. 6.2, е) або на вертикально-фрезерних верстатах з поворотною головкою – торцевими. При цьому шпindel верстата повертають на потрібний кут (рис. 6.2, е).

Прямокутні пази фрезерують дисковими фрезами на горизонтально-фрезерних або кінцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 6.2, ж, п).

Пази Т-подібні і типу ластівчиного хвоста фрезерують на вертикально-фрезерних верстатах фрезами відповідного профілю (рис. 6.2, и, к).

Шпоночні канавки прямокутного перерізу обробляють на вертикально-фрезерних верстатах кінцевими (рис. 6.2, м) або спеціальними шпоночними фрезами (рис. 6.2, н), або на горизонтально-фрезерних верстатах дисковими фрезами (рис. 6.2, л).

Фасонні поверхні обробляють фасонними фрезами відповідного профілю найчастіше на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 6.2, п), а складні просторові фасонні поверхні – на спеціальних копіювально-фрезерних верстатах.

Складні поверхні, що є сполученням горизонтальних, вертикальних і похилих площин, часто фрезерують набором фрез на горизонтально-фрезерних і поздовжньо-фрезерних верстатах (рис. 6.2, р).

1.2 Типи фрезерних верстатів

Існує велика кількість типів фрезерних верстатів як універсальних широкого призначення, так і спеціалізованих, наприклад, шпоночно-фрезерні, різьбо-фрезерні тощо. Найбільш розповсюдженими є консольні горизонтально-фрезерні та вертикально-фрезерні верстати.

Консольними фрезерні верстати називають тому, що стіл їх розташований на консольній балці, яка може переміщуватись по вертикальних напрямних станини. На цих верстатах виконують різні фрезерні роботи, вони є найбільш поширеними фрезерними верстатами.

На рис. 6.3 показані схеми горизонтально-фрезерного та вертикально-фрезерного верстатів. Основні вузли верстатів – фундаментна плита 1, станина 2, електродвигун з клинопасовою передачею 3, коробка швидкостей 4, шпindel 5, хобот 6, підвіски 7 для закріплення оправки з фрезою, стіл 8, поперечні полозки 9, консоль 10, коробка подач 11.

Оброблювана деталь встановлюється на столі, який може переміщуватися в поздовжньому, поперечному, а також разом з консоллю у вертикальному напрямках.

Деякі горизонтально- та вертикально-фрезерні верстати мають стіл, який може бути повернутий в горизонтальній площині на кут $\pm 45^\circ$. Такі верстати називаються універсально-фрезерними.

1.3 Режими різання при фрезеруванні

Від правильного вибору елементів режиму різання – глибини різання, подачі і швидкості різання – залежить продуктивність процесу фрезерування, точність і шорсткість обробленої поверхні, потрібна потужність верстата. При встановленні оптимального режиму різання насамперед визначають глибину різання, потім – найбільшу технологічно допустиму подачу i , нарешті, за прийнятими значеннями t і S швидкість різання. При фрезеруванні розрізняють хвилинну подачу $S_{\text{хв}}$ - переміщення оброблюваної деталі, мм/хв ; подачу за оберт S_0 - переміщення деталі за один оберт фрези, мм ; подачу на зубець S_z - переміщення деталі при повороті фрези на кут між двома сусідніми зубцями, мм/зуб .

$$S_{\text{хв}} = S_0 n = S_z Z n.$$

Швидкість різання V - колова швидкість найбільш віддаленої від осі обертання точки різальної кромки фрези:

$$V = \pi D n / 1000, \text{ м/хв},$$

де D - зовнішній діаметр фрези, мм .

До елементів режиму різання при фрезеруванні відноситься також ширина фрезерування B - довжина поверхні контакту фрези з оброблюваною заготовкою, виміряна в напрямі, перпендикулярному до напрямку подачі (див. рис. 6.1).

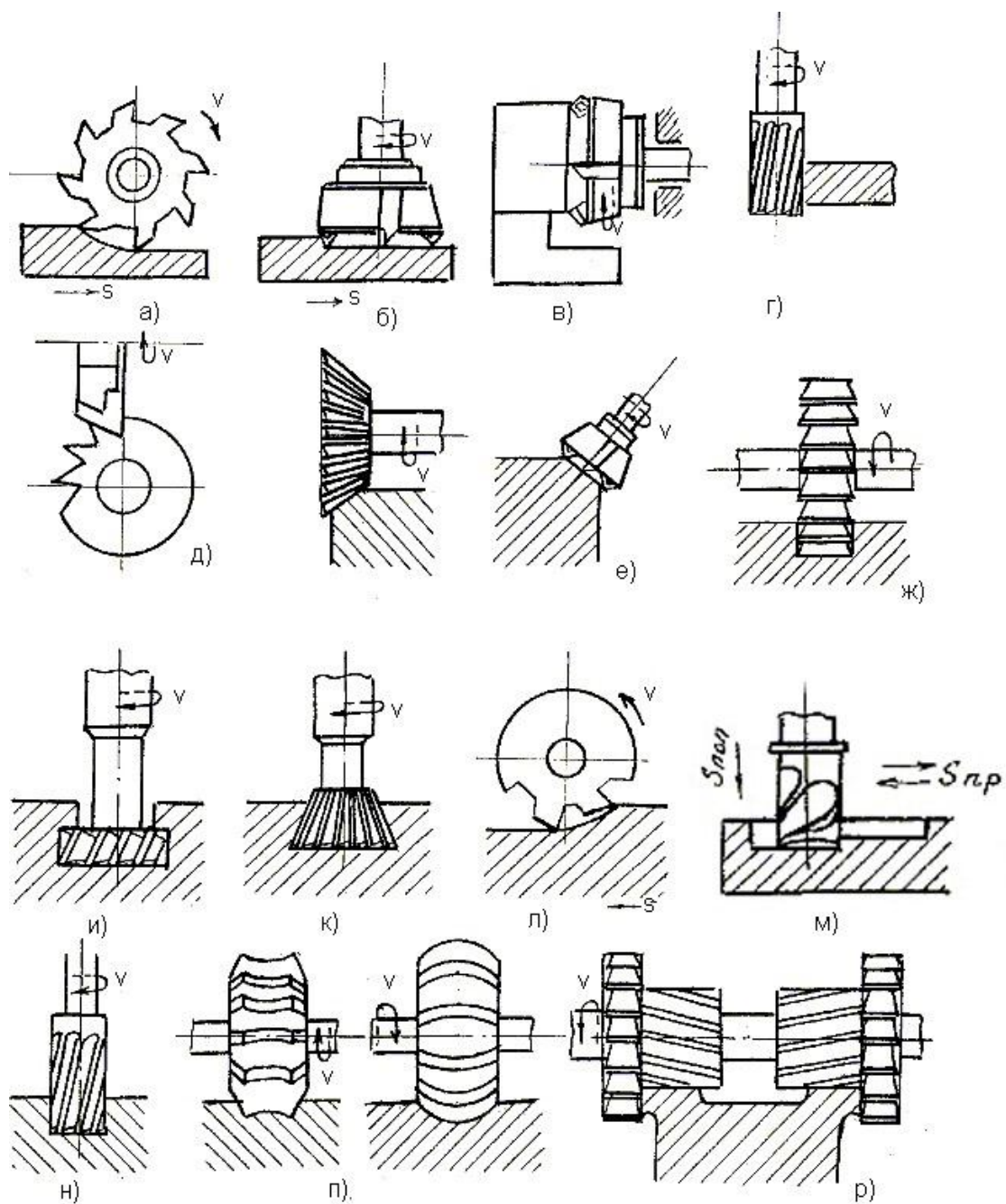


Рисунок 6.2 – Приклади робіт, що виконуються на фрезерних верстатах

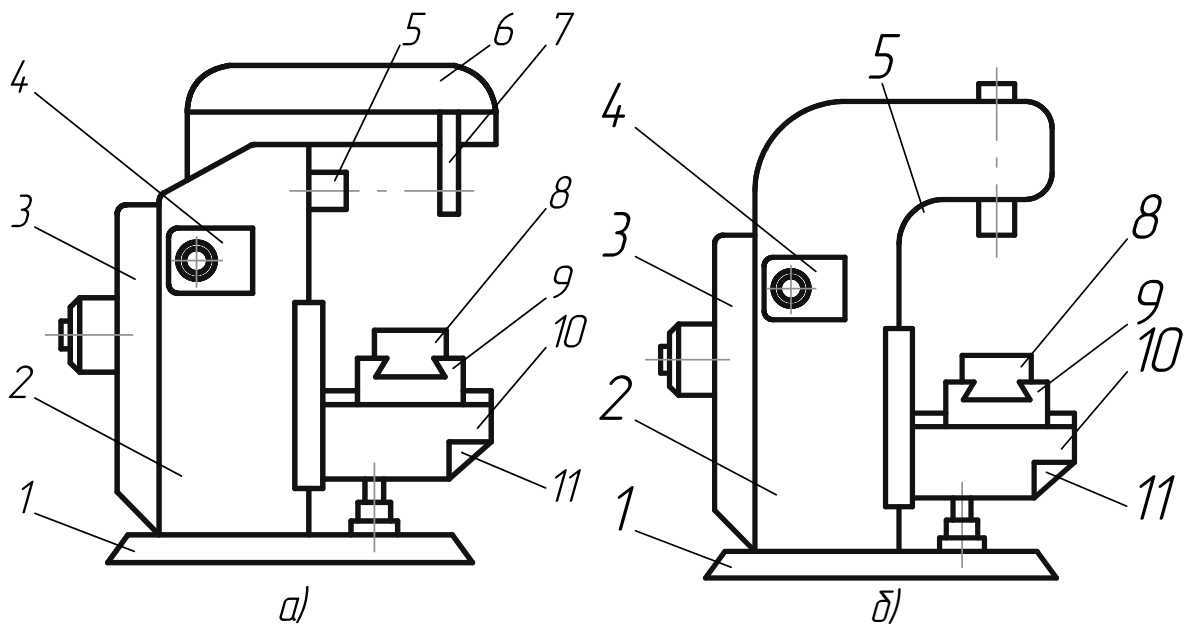


Рисунок 6.3 – Схеми горизонтально-фрезерного (а) та вертикально-фрезерного (б) верстатів

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію наявного в лабораторії фрезерного верстата, його основні вузли і роботу.
2. Ознайомитися з основними типами фрез, способом їх кріплення на даному верстаті; ознайомитися з основними операціями обробки заготовок на фрезерних верстатах.
3. За індивідуальним завданням (табл. 1) настроїти верстат для обробки деталі. При цьому за заданою швидкістю різання і діаметром фрези визначити необхідну частоту обертання шпинделя верстата.
4. Обробити деталь при встановленому режимі.
5. Розрахувати час обробки поверхні, вимірявши її розміри.
6. Скласти звіт про роботу.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу повинен містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку заготовок на фрезерних верстатах.
2. Схеми обробки поверхонь на фрезерних верстатах.
3. Схему верстата, на якому виконувалась лабораторна робота.
4. Розрахунки режимів обробки за індивідуальним завданням.
5. Висновки.

Таблиця 1 - Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/зуб	Глибина різання, мм	Діаметр фрези, мм	Число зубців фрези
1	15,7	0,01	1	120	14
2	15,7	0,02	1	120	12
3	15,7	0,04	1	160	14
4	31,4	0,05	1	140	14
5	31,4	0,06	2	100	10
6	31,4	0,07	2	80	10
7	62,8	0,1	2	80	12
8	62,8	0,2	3	100	14
9	31,4	0,3	2	100	12
10	15,7	0,08	2	90	12
11	31,4	0,05	1	90	14
12	62,8	0,06	1	110	16
13	62,8	0,02	2	140	18
14	15,7	0,05	1	140	16
15	31,4	0,06	3	100	12

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Основні види рухів при фрезеруванні.
2. Типи фрез.
3. Роботи, які виконуються на фрезерних верстатах.
4. Типи фрезерних верстатів.
5. Елементи режиму різання при фрезеруванні.
6. Порядок розрахунку елементів режиму різання.

Лабораторна робота № 7 Настройка ділильних головок

Мета роботи: вивчити конструкцію і методи настройки універсальної лімбової ділильної головки; отримати навички в практичному застосуванні ділильної головки.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ділильні головки призначені для здійснення періодичних поворотів заготовки на рівні, а інколи і на нерівні долі кола. Вони застосовуються при обробці різних різальних інструментів: гайкорізів, розверток, фрез, зенкерів тощо; нормалізованих деталей машин: болтів, гайок, зубчастих

коліс і інших деталей.

Існує кілька конструкцій ділильних головок: лімбові, безлімбові, оптичні та інші. Найбільше поширення в промисловості отримали універсальні лімбові ділильні головки УДГ (рис. 7.1). Вони мають чавунну основу 1, корпус 4, який може повертатися на певний кут у вертикальній площині, ділильний лімб 2, приводну рамку з рукояткою 3. В корпусі розташований шпindel 6, на передньому кінці якого може встановлюватися пристрій для закріплення деталі.

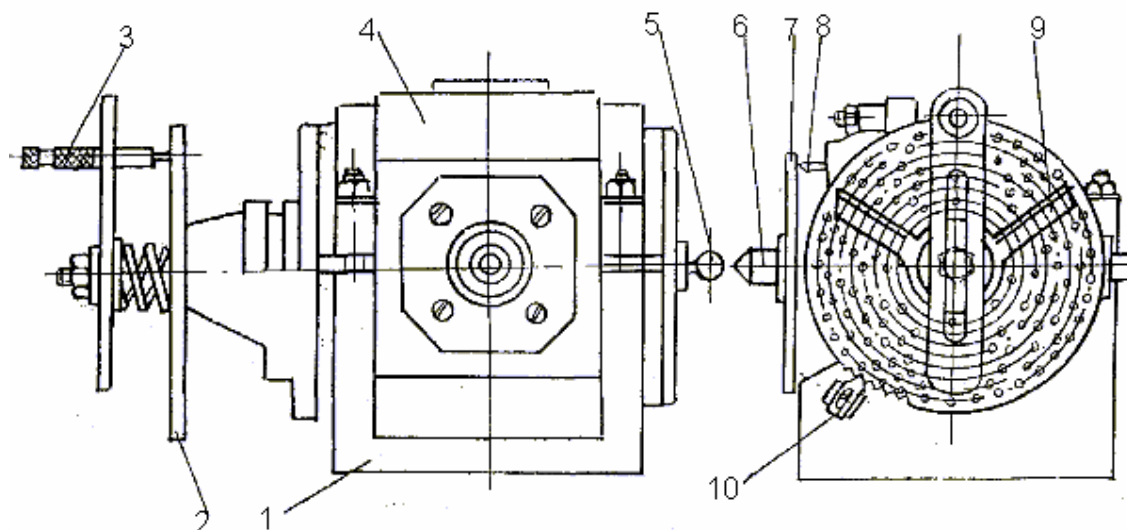


Рисунок 7.1 – Загальний вигляд універсальної лімбової ділильної головки

На шпинделі є диск 7 для безпосереднього ділення, який має 360 поділок. Таким чином, ціна поділки 1° . В деяких конструкціях УДГ диск 7 має 24 отвори.

На шпинделі закріплене черв'ячне колесо Z_0 (рис. 7.2), яке одержує обертання від черв'яка К, розташованого в ексцентричній втулці. Черв'як може бути введеним в зачеплення з черв'ячним колесом або виведеним з нього поворотом ексцентричної втулки за допомогою рукоятки 5 (рис. 7.2). Ділильний лімб 2 має з обох боків ряд концентричних кіл з різним числом глухих отворів розташованих на цих колах. Так, з одного боку лімба числа отворів 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31 і з другого 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54. На валі ділильного лімба встановлена конічна шестерня а також приводна рамка, що має рукоятку з фіксатором, який своїм вістрям може вставлятися в будь-який отвір на лімбі. Приводна рамка може переміщуватися в радіальному напрямі для установки рукоятки на потрібний ряд отворів на лімбі. До ділильного лімба за допомогою пружини притиснутий поворотний сектор з двома розсувними лінійками.

1.1 Налаштування ділильних головок для безпосереднього ділення

Цей вид ділення здійснюється для випадків, що не потребують великої точності ділильних поворотів. Він має обмежене використання. Черв'як виводиться з зачеплення з черв'ячним колесом. Заготовка вручну повертається по шкалі диска 7 на потрібний кут

$$\alpha = 360 / Z,$$

де Z – число, на яке потрібно поділити заготовку.

1.2 Налаштування ділильних головок при простому діленні (рис. 7.2)

Цей спосіб найбільш поширений. Ділильний лімб за допомогою спеціального стопора 10 з'єднується з корпусом головки. Черв'як вводиться в зачеплення з черв'ячним колесом. Кількість обертів рукоятки 3 (рис. 7.1), необхідна для обертання шпинделя на $1/Z$ частину кола (Z - число, на яке потрібно поділити заготовку), може бути визначена так:

$$n_p = N / Z,$$

де N - характеристика ділильної головки, що являє собою число обертів рукоятки 3, яке треба зробити, щоб шпиндель головки зробив один повний оберт.

$$N = Z_0 / K,$$

де Z_0 - число зубців черв'ячного колеса;

K - число заходів черв'яка.

В універсальних ділильних головках (УДГ) черв'ячне колесо найчастіше за все має 40 зубців, а черв'як виконаний однозахідним. У цьому випадку

$$N = Z_0 / K = 40 / 1 = 40.$$

Якщо кількість обертів рукоятки n_p - число дробове, то цей дріб потрібно перетворити до такого вигляду:

$$n_p = N / Z = A + a / b = A + am / bm,$$

де A - ціле число обертів рукоятки;

a / b - правильний простий нескоротний дріб;

m - спільний множник для a і b , вибраний таким чином, щоб добуток bm дорівнював одному з чисел отворів, що є на ділильному лімбі;

am - число поділок (кроків), на яке потрібно повернути рукоятку по

колу, що має bm отворів.

Для зручності відлічування за ділильним лімбом використовують поворотний сектор (рис. 7.2), розсунві ніжки якого встановлюються так, щоб число потрібних поділок am було між скошеними краями ніжок. Штифт рукоятки переставляють між першою і другою ніжками, після чого сектор повертають так, щоб його перша ніжка знову торкнулась штифта і тим самим друга вказала границю його чергового переміщення.

Приклад 1. Виконати розрахунки, потрібні для фрезерування зубчастого колеса $Z = 35$, якщо характеристика головки $N = 40$.

Число обертів рукоятки

$$n_p = N / Z = 40 / 35 = 1 + 1 / 7 = 1 + 1 \cdot 3 / 7 \cdot 3 = 1 + 3 / 21.$$

Після фрезерування кожного зубця потрібно рукоятку повернути на повний оберт і 3 відстані між центрами отворів по колу з 21 отвором.

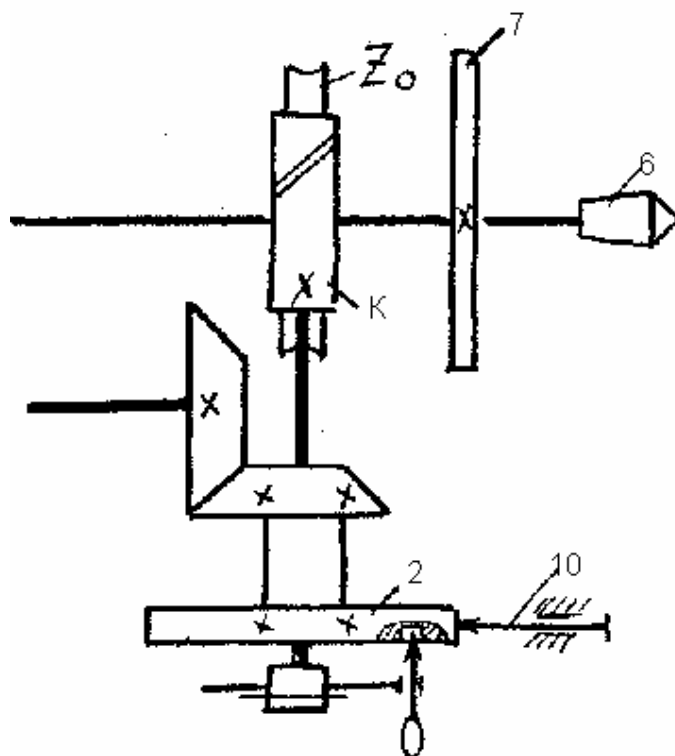


Рисунок 7.2 – Кінематична схема ділильної головки при простому діленні

1.3 Налаштування ділильної головки для диференціального ділення (рис. 7.3)

Диференціальний метод ділення застосовують у тих випадках, коли неможливо здійснити просте ділення через відсутність необхідного числа отворів на ділильному лімбі.

Суть цього методу полягає в тому, що потрібний поворот заготовки здійснюється як результат двох рухів:

- 1) обертання рукоятки відносно ділильного лімба;
- 2) додаткового обертання самого ділильного лімба.

Отже, поворот рукоятки здійснюється відносно лімба, який обертається.

Обертання лімба передається від шпинделя через змінні зубчасті колеса гітари з передаточним відношенням $i_2 = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}$ і постійну конічну зубчасту передачу. Лімба при цьому вивільняється від стопора, що з'єднує його з корпусом головки.

При диференціальному діленні для визначення числа обертів n_p рукоятки Z , необхідного для повороту заготовки на $1/Z$ частину кола, застосовують ту саму формулу, що й при простому діленні:

$$n_p = N / Z_{\text{наб}},$$

де $Z_{\text{наб}}$ - наближене число ділень, що близьке до Z і задовольняє умови простого ділення.

При цьому шпиндель головки повернеться на $1/Z_{\text{наб}}$ частину обертання замість необхідної $1/Z$ частини. Помилка в повороті шпинделя, яка дорівнює $1/Z - 1/Z_{\text{наб}}$, компенсується поворотом самого ділильного лімба, який і повинен повернутися саме на цю частину кола.

Передаточне відношення змінних коліс гітари визначається за формулою

$$i_r = N / Z_{\text{наб}} (Z_{\text{наб}} - Z).$$

Якщо $Z_{\text{наб}} < Z$, то i_r має від'ємне значення. При цьому ділильний лімба повинен обертатися в бік, протилежний рукоятці, що досягається встановленням проміжного (паразитного) колеса між колесами Z_1 і Z_2 або Z_3 і Z_4 .

Для настроювання гітари, тобто для визначення числа зубців коліс Z_1 , Z_2 , Z_3 і Z_4 звичайно до ділильних головок надається комплект зубчастих коліс з числами зубців від 20 до 100, кратних 5 (так званий "п'ятковий" набір), який дає змогу підібрати зубчасті колеса для забезпечення будь-якого передаточного відношення.

але всього на 5 зубців, що не задовольняє умову зчіплюваності коліс. Тому приймаємо $Z_1 = 75$, $Z_2 = 60$. Передаточне відношення при цьому не зміниться, а умова зчіплюваності буде виконана.

Число обертів рукоятки 3 для здійснення ділильного повороту заготовки 1 / 68 :

$$n_p = N / Z_{\text{наб}} = 40 / 68 = 5 / 17.$$

Таким чином, рукоятку 3 необхідно повернути на 5 поділок круга, що має 17 отворів.

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити конструкцію універсальної лімбової ділильної головки та методи її настройки.

2. За індивідуальним завданням (табл. 1) настроїти головку на просте та диференціальне ділення. Характеристика головки $N = 40$.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу повинен містити:

1. Короткі теоретичні відомості про ділильні головки;
2. Кінематичні схеми ділильних головок для простого і диференціального ділення;
3. Розрахунки, необхідні для настройки головки на просте і диференціальне ділення.

Таблиця 1 – Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Число поділок	Варіант	Число поділок
1	25, 57	9	54, 77
2	26, 59	10	56, 79
3	27, 63	11	58, 81
4	28, 67	12	60, 83
5	44, 69	13	72, 97
6	46, 71	14	76, 101
7	48, 73	15	78, 113
8	52, 75	16	80, 127

Лабораторна робота № 8 Обробка заготовок на шліфувальних верстатах

Мета роботи: вивчити особливості шліфування, абразивний інструмент і види робіт, що виконуються на шліфувальних верстатах; навчитися вибирати режими різання при шліфуванні.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Шліфуванням називається процес обробки поверхонь абразивним (шліфувальним) інструментом, найчастіше шліфувальними кругами.

Застосовується шліфування головним чином для остаточної чистової обробки і є основним методом одержання високої точності та незначної шорсткості оброблюваних поверхонь. Воно дає змогу досягти 5...6 класів точності і 8...10 класів шорсткості. Шліфуванням можна обробляти різні, як дуже м'які, так і найтвердіші матеріали, включаючи загартовані сталі і тверді сплави. Шліфувати можна поверхні різної форми: плоскі, циліндричні, конічні, фасонні. Згідно з цим застосовують різні методи шліфування, найбільш поширеними з яких є кругле і плоске шліфування.

1.1 Схеми круглого і плоского шліфування

Кругле зовнішнє шліфування може здійснюватись з поздовжньою подачею (рис. 8.1, а) або тільки з поперечною (врізне шліфування), (рис. 8.1, б). В першому випадку поперечна подача $S_{\text{поп}}$ на глибину шліфування t здійснюється шліфувальним кругом в кінці поздовжнього ходу заготовки в напрямі, перпендикулярному до її осі. За другою схемою (рис. 8.1, б) шліфують поверхні, довжина яких менша ширини шліфувального круга. В обох випадках, як і при інших видах шліфування, головний рух зі швидкістю $V = 20...40 \text{ м/с}$ здійснює шліфувальний круг. Заготовка обертається з швидкістю V_3 . Цей рух називається коловою подачею.

Схема зовнішнього безцентрового шліфування з поздовжньою подачею показана на рис. 8.1, в. Принцип її полягає в тому, що заготовку 3, яка опирається на упор (ніж) 1, пропускають між двома встановленими на певній відстані один від одного шліфувальними кругами. Один з них - 2, який обертається з великою швидкістю $V_{\text{кр}}$ (30...60 м/с), називається шліфувальним.

Другий круг 4, що називається ведучим, обертається з швидкістю $V_{\text{в.к.}}$, в багато разів меншою (0,2...1 м/с). Завдяки зрізу ножа заготовка притискується до ведучого круга і внаслідок більшого коефіцієнта тертя

між цим кругом і заготовкою вона обертається з швидкістю, близькою до швидкості ведучого круга.

Оскільки ведучий круг повернутий на кут α ($1,5...6^\circ$ при чорновому і $0,5...1,5^\circ$ при чистовому шліфуванні), швидкість його обертання $V_{в.к.}$ розкладається на дві складові V_{Γ} і V_s , заготовка одержує поздовжню подачу вздовж осі з швидкістю $V_s = V_{в.к.} \cdot \sin \alpha$.

Друга складова $V_{\Gamma} = V_{в.к.} \cdot \cos \alpha$ є швидкістю обертання заготовки (колова подача).

На рис. 8.1, г, д показані схеми внутрішнього шліфування. В першому випадку колову подачу одержує заготовка, в другому - шліфувальний круг. Внутрішнє шліфування за схемою рис. 8.1, д застосовують у тих випадках, коли заготовці неможливо або надто складно надавати обертового руху.

Плоске шліфування розрізняють залежно від методу роботи: периферією плоского (рис. 8.1, е) або торцем чашкового круга (рис. 8.1, ж). Закріплена на столі деталь виконує зворотно-поступальний рух поздовжньої подачі $S_{позд}$, шліфувальний круг крім головного руху з швидкістю V здійснює в кінці поздовжнього ходу поперечну подачу $S_{поп}$, а після шліфування всієї площі - вертикальне переміщення на глибину різання t .

При обробці плоских похилих і вертикальних поверхонь використовують конічні чашкові круги (рис. 8.1, и, к).

1.2 Абразивний інструмент

Абразивним інструментом для шліфування є тверді тіла, що мають правильну геометричну форму і складаються з зерен абразивних матеріалів, скріплених між собою зв'язкою.

За формою шліфувальні круги бувають плоскі прямі (для круглого зовнішнього та внутрішнього шліфування, плоского шліфування), чашкові циліндричні та чашкові конічні (для плоского шліфування).

Для виготовлення шліфувальних кругів переважно застосовують електрокорунд (кристалічний оксид алюмінію Al_2O_3), карбід кремнію SiC (карборунд) та кубічний нітрид бору (ельбор).

Зерна абразивних матеріалів з'єднуються в одне ціле за допомогою різних неорганічних та органічних зв'язок. У практиці широко використовують з неорганічних – керамічну, а з органічних – бакелітову і вулканітову зв'язки. Керамічна складається з вогнетривкої глини, польового шпату, тальку, крейди, кварцу і рідкого скла. Завдяки значній міцності, водостійкості, що дозволяє працювати з застосуванням холодної рідини, і жаростійкості абразивний інструмент на керамічній зв'язці набув переважного поширення. На цій зв'язці виготовляють до 90%

шліфувальних кругів.

Абразивний інструмент на бакелітовій зв'язці, що являє собою синтетичну смолу, має велику міцність і пружність, але порівняно низьку теплостійкість (не більше 180 °С). Шліфувальні круги на цій зв'язці використовують для чистових робіт.

Абразивний інструмент на вулканітовій зв'язці, яка складається з каучуку, сірки та інших речовин, має велику міцність і пружність, але низьку теплостійкість. Круги на цій зв'язці можуть бути дуже тонкими і використовуватись переважно для відрізних робіт.

Міцність зв'язки визначає гранично допустиму швидкість різання (звичайно не більше 50 м/с), а також іншу характеристику шліфувального круга – твердість. Під твердістю абразивного інструменту розуміють опір зв'язки вириванню абразивних зерен зовнішньою силою. Встановлена шкала, в якій є 7 класів твердості: м'який - М, середньом'який - СМ, середній - С, середньотвердий - СТ, твердий - Т, дуже твердий – ДТ, надзвичайно твердий - НТ.

Твердість круга вибирають за правилом: чим твердіший оброблюваний матеріал, тим м'якшим повинен бути круг, і навпаки.

1.3 Режим різання при шліфуванні

Основними елементами режиму різання при шліфуванні є швидкість різання, подача і глибина різання. Швидкість різання при всіх видах шліфування - це колова швидкість $V_{\text{кол}}$ шліфувального круга.

При круглому шліфуванні елементами режиму різання служать також колова швидкість заготовки, поздовжня і поперечна подачі (рис. 8.1, а, б). Колова швидкість заготовки V_z , м/хв являє собою колову подачу. Поздовжня подача $S_{\text{позд}}$ – величина переміщення заготовки відносно шліфувального круга за один її оберт. Поперечна подача $S_{\text{поп}}$ – величина переміщення шліфувального круга в напрямі, перпендикулярному до осі заготовки, що здійснюється в крайніх її положеннях. Вона чисельно дорівнює глибині різання t .

2 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з будовою і роботою круглошліфувального верстата, його наладкою для шліфування різних поверхонь (циліндричних, конічних) способом закріплення заготовок, способом регулювання величини ходу стола тощо.
3. Під керівництвом майстра налагодити верстат і виконати шліфування заготовки.
4. Скласти звіт.

3 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про виконану роботу повинен містити:

1. Короткі теоретичні відомості про обробку заготовок на шліфувальних верстатах;
2. Схеми обробки заготовок різної форми (циліндричних, конічних) на круглошліфувальних верстатах;
3. Характеристику режиму різання при виконанні практичної роботи зі шліфування заданої заготовки;
4. Характеристику шліфувального круга, що був використаний при шліфуванні;
5. Висновки.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Сфера застосування шліфувальних робіт.
2. Інструмент для шліфування.
3. Абразивні матеріали.
4. Форма та застосування шліфувальних кругів.
5. Характеристика шліфувальних кругів.
6. Типи шліфувальних верстатів.
7. Режими різання при шліфуванні.
8. Суть та особливості безцентрового шліфування.

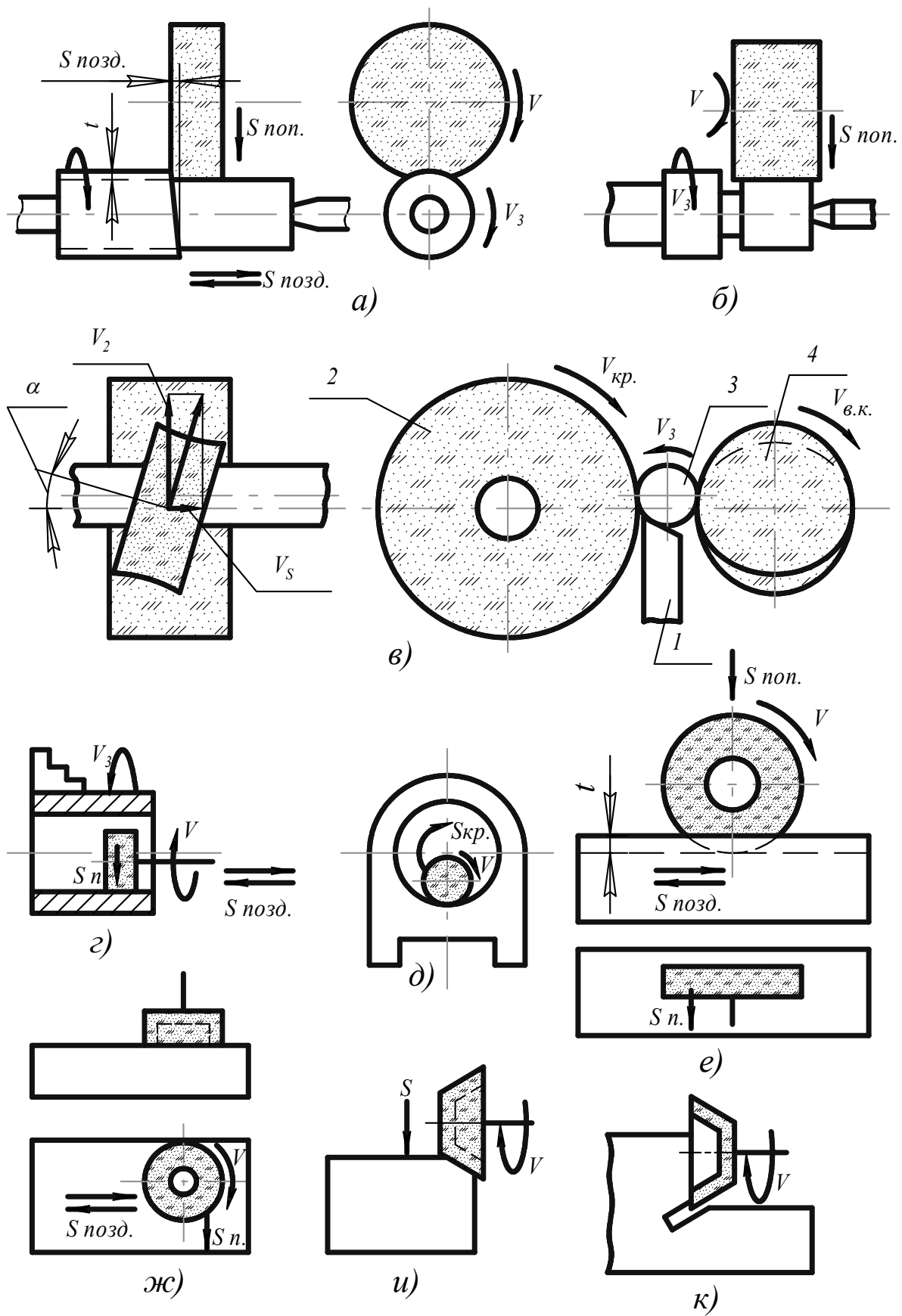


Рисунок 8.1 – Схеми круглого і плоского шліфування

Література

1. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов / Дальский А. М. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.
2. Грановский Г. И. Резание металлов / Г. И. Грановский, В. Г. Грановский. – М. : Машиностроение, 1985. – 304 с.
3. Шиліна О. П. Практикум з технології конструкційних матеріалів : навчальний посібник. / Шиліна О. П., Клименко В. М. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 109 с.
4. Шиліна О. П. Методичні вказівки до лабораторних робіт по ТКМ / О. П. Шиліна, В. М. Клименко. – Вінниця. : ВДТУ. – 1994. – 109 с.
5. Шиліна О. П. Методичні вказівки до лабораторних робіт по ТРМ. / Шиліна О. П. – Вінниця : ВДТУ, 1994. – 50 с.
6. Шиліна О. П. Методичні вказівки до тестового контролю знань студентів з дисциплін: “Основи обробки матеріалів”, “Теорія різання металів” для студентів бакалаврського напрямку 6.0923 – «Зварювання», 6.0902-«Інженерна механіка” / Шиліна О. П. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 44с.
7. Технология конструкционных материалов / [под ред. А. М. Дальского – 3-е изд.]. – М. : Машиностроение, 1986. – 448 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни “Основи обробки матеріалів”
для студентів напряму підготовки
“Зварювання”
спеціальності “Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і
конструкцій”

Редактор Т. Старічек

Укладач: Шиліна Олена Павлівна

Оригінал-макет підготовлено О. Шиліною

Підписано до друку
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-85-32.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.