

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ММР

к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Інструмент для точіння фасонного профілю з розрахунком та проєктуванням призматичного фасонного різця»

«A tool for turning a shaped profile with calculation and design of a prismatic shaped cutter»

КРБ.ГМ.25.11.02.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти 4-го курсу групи ГМ(МВ)-21

ОПП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Сергій КОМАШКО

Керівник роботи к.т.н., доц.

_____ Олександр ЛИСЕНКО

Рецензент к.т.н., доц.

_____ Руслан ОСІН

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма	Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММіР

Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Сергія КОМАШКО

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Інструмент для точіння фасонного профілю з розрахунком та проектуванням призматичного фасонного різця»
« A tool for turning a shaped profile with calculation and design of a prismatic shaped cutter»

2. Керівник роботи: к.т.н., доц. Олександр ЛИСЕНКО

затверджені наказом ЦНТУ від «20» січня 2025 р. № 13-13

3. Строк подання роботи до захисту «10» червня 2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи:

Мета роботи полягає в розробці та проектуванні проектування призматичного фасонного різця для забезпеченні операцій точіння деталей обертання фасонного профілю.

Завдання:

- ознайомитись з вмістом інформаційних джерела присвячених обробці деталей зі складним зовнішнім фасонним профілем;
- виконати профілювання різальної частини призматичного фасонного різця;
- розробити конструкцію призматичного фасонного різця;
- розробити креслення призматичного фасонного різця.
- розробити креслення шаблону та контршаблону.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд літературних джерел	Січень 2025	
2.	Вступ	Лютий 2025	
3.	Мета та задачі роботи	Лютий 2025	
4.	Огляд можливостей існуючих конструкцій фасонного інструменту	Березень 2025	
5.	Розрахунок та проектування фасонного інструменту	Квітень 2025	
6.	Виконання креслень	Квітень 2025	
7.	Висновки	Травень 2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки	Травень 2025	
9.	Оформлення презентації роботи	Червень 2025	
10.	Здача роботи на перевірку на наявність запозичень	Червень 2025	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи _____ Олександр ЛИСЕНКО
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Сергій КОМАШКО
(підпис)

Анотація

КОМАШКО Сергій. Інструмент для точіння фасонного профілю з розрахунком та проектуванням призматичного фасонного різця. Випускна кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр»: ЦНТУ, м. Кропивницький, 2025. – 53 с. Графічна частина відповідає 3 аркушам формату А1.

Метою роботи є вирішення виробних задач по обробці деталей зі складними фасонними зовнішніми профілями шляхом застосування тангенціальних фасонних різців.

Актуальність: головною задачею сучасного машинобудування є вирішення виробничих завдань оптимальною витратою наявних ресурсів. Тому при обробці значних партій деталей, що мають складний зовнішній профіль є доцільним застосування інструментального забезпечення з фасонним різальним лезом, що дозволяє за один робочий хід отримати весь профіль деталі. Отож, проектування та конструювання фасонного інструменту взагалі, та тангенціального фасонного різця актуальним є актуальним виробничим завданням.

Практичне значення: виконано аналіз інформаційних джерел, присвячених способам обробки деталей зі складним зовнішнім фасонним профілем, чітко окреслено переваги та недоліки такої обробки, виконано профілювання фасонної різальної частини, розроблено конструкцію призматичного фасонного інструменту, розроблені шаблон та контршаблон для контролю фасонних профілів інструменту та деталі.

Ключові слова: точіння, деталь обертання, фасонний профіль, призматичний фасонний різець.

Annotation

KOMASHKO Serhii. A tool for turning a shaped profile with calculation and design of a prismatic shaped cutter. Graduation thesis for the educational degree "Bachelor": CNTU, city Kropyvnytskyi, 2025. - 53 p. The graphic part corresponds to 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to solve production problems for processing parts with complex shaped external profiles by using tangential shaped cutters.

Relevance: the main task of modern mechanical engineering is to solve production problems with the optimal use of available resources. Therefore, when processing large batches of parts with a complex external profile, it is advisable to use tooling with a shaped cutting blade, which allows you to obtain the entire profile of the part in one working stroke. Therefore, the design and construction of a shaped tool in general, and a tangential shaped cutter, is a relevant production problem.

Practical significance: an analysis of information sources devoted to methods of processing parts with a complex external shaped profile was performed, the advantages and disadvantages of such processing were clearly outlined, profiling of the shaped cutting part was performed, the design of a prismatic shaped tool was developed, a template and a counter template were developed for controlling the shaped profiles of the tool and part.

Keywords: turning, part of rotation, shaped profile, prismatic shaped cutter.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Інструмент для точіння фасонного профілю з розрахунком та проектуванням призматичного фасонного різця»

«A tool for turning a shaped profile with calculation and design of a prismatic shaped cutter»

КРБ.ГМ.25.11.02.00.00 ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ГМ(МВ)-21
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Сергій КОМАШКО

Керівник роботи к.т.н., доц.

_____ Олександр ЛИСЕНКО

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЗМАТИЧНИХ ФАСОННИХ РІЗЦІВ	12
1.1. Вплив принципу роботи на конструктивні особливості фасонних різців.....	12
1.2. Позитивні та негативні властивості призматичних фасонних різців	24
1.3. Корекційні розрахунки призматичних фасонних різців.....	26
1.4. Аналіз поверхонь тіл обертання з фасонним профілем	33
1.5. Підготовка виконавчих креслення деталей для розрахунків різців.....	34
1.6. Розрахунок призматичних різців	36
2. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЗМАТИЧНОГО ФАСОННОГО РІЗЦЯ	40
2.1. Розробка розрахункового ескізу деталі з фасонним профілем	40
2.2. Визначення конструктивних параметрів призматичного різця	40
2.3. Побудова розрахункової схеми профілю призматичного різця.....	42
2.4. Корегувальний розрахунок профілю призматичного різця	43
2.5. Розробка робочого креслення призматичного фасонного різця	47
2.6. Проєктування державки призматичного фасонного різця	47
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	51

ВСТУП

Фасонні різці відіграють важливу роль у технологічному процесі виготовлення деталей зі складними контурами обертання. Основна їхня перевага полягає у здатності формувати профіль оброблюваної поверхні без необхідності складних координованих рухів інструменту та заготовки. Різальна кромка фасонного різця заздалегідь відтворює контур майбутньої поверхні, що дозволяє значно спростити кінематику обробки.

Однією з ключових переваг фасонних різців є висока продуктивність. Завдяки одночасному зрізанню припуску по всій довжині фасонної кромки забезпечується скорочення тривалості циклу обробки. Це особливо важливо в умовах виробництва значних за обсягом партій деталей, де час і сталість результату відіграють вирішальну роль.

Ще однією важливою перевагою є стабільність геометрії обробленої поверхні. Через те, що профіль різального леза інструмента не змінюється в процесі обробки, забезпечується висока повторюваність розмірів і форми. Це сприяє зменшенню похибок, підвищує якість виготовлення деталей і знижує потребу у додатковому контролі або доопрацюванні.

Крім того, фасонні різці дозволяють зменшити навантаження на верстат, оскільки не потребують багатокоординатного керування чи складної синхронізації рухів. Це спрощує конструкцію технологічних пристроїв, полегшує налаштування процесу і підвищує загальну надійність виробництва.

Серед додаткових переваг слід відзначити зниження трудомісткості підготовчо-заклучних операцій. Один фасонний різець може замінити декілька проходів, які довелося б виконувати за допомогою універсального інструмента, а також зменшити кількість переналагоджень і переналагоджень.

В умовах, коли профіль оброблюваної деталі не змінюється від партії до партії, фасонні різці стають оптимальним вибором з погляду економічної доцільності, оперативності та якості. У поєднанні з правильно підібраним режимом різання і жорсткістю системи верстат–інструмент–заготівка, фасонні різці демонструють значну перевагу над фрезами, стандартними токарними різцями та іншим універсальним ріжучим інструментом.

Таким чином, фасонні різці забезпечують не лише точність профілю, але й високу ефективність процесу обробки, що робить їх незамінним інструментом у серійному виробництві деталей складної форми.

Отже **метою роботи** є вирішення виробних задач по обробці деталей зі складними фасонними зовнішніми профілями шляхом застосування тангенціальних фасонних різців.

Щоб досягти зазначеної мети необхідно виконати наступні завдання:

- ознайомитись з вмістом інформаційних джерела присвячених обробці деталей зі складним зовнішнім фасонним профілем;
- виконати профілювання різальної частини призматичного фасонного різця;
- розробити конструкцію призматичного фасонного різця;
- розробити креслення призматичного фасонного різця.
- розробити креслення шаблону та контршаблону.

Актуальність: головною задачею сучасного машинобудування є вирішення виробничих завдань оптимальною витратою наявних ресурсів. Тому при обробці значних партій деталей, що мають складний зовнішній профіль є доцільним застосування інструментального забезпечення з фасонним різальним лезом, що дозволяє за один робочий хід отримати весь профіль деталі. Отож, проектування та конструювання фасонного інструменту взагалі, та тангенціального фасонного різця актуальним є актуальним виробничим завданням.

Практичне значення: виконано аналіз інформаційних джерел, присвячених способам обробки деталей зі складним зовнішнім фасонним профілем, чітко окреслено переваги та недоліки такої обробки, виконано профілювання фасонної різальної частини, розроблено конструкцію призматичного фасонного інструменту, розроблені шаблон та контршаблон для контролю фасонних профілів інструменту та деталі.

1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЗМАТИЧНИХ ФАСОННИХ РІЗЦІВ

1.1. Вплив принципу роботи на конструктивні особливості фасонних різців

Практика вирішення технологічних задач у виробництві свідчить [2, 3, 5, 8], про переважне застосування радіальних призматичних фасонних різців (рис. 1.1) на ряду з круглими фасонними різцями. Відомі також й інші види фасонних різців, зокрема обкатувальні фасонні різці, а також тангенціальні (рис. 1.2), але вони розповсюджені суттєво в меншому обсязі.

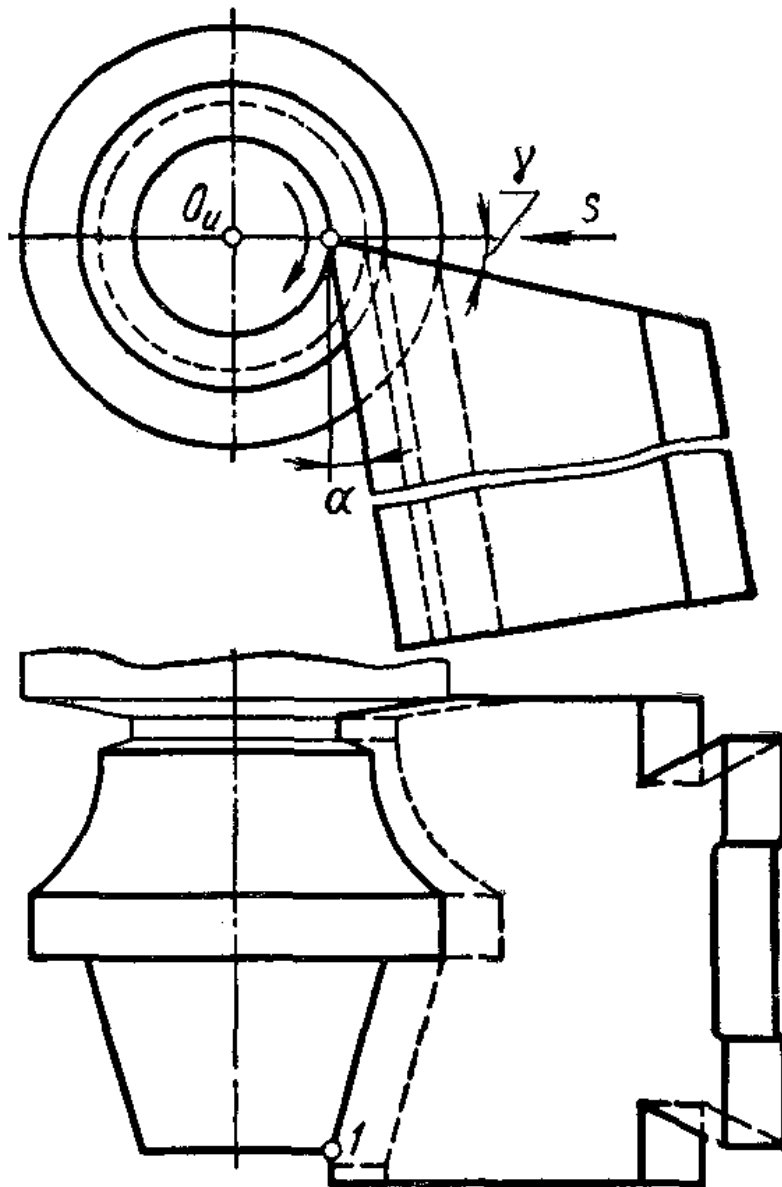


Рисунок 1.1 – Призматичний фасонний різець, встановлений базовою точкою 1 по висоті центру деталі

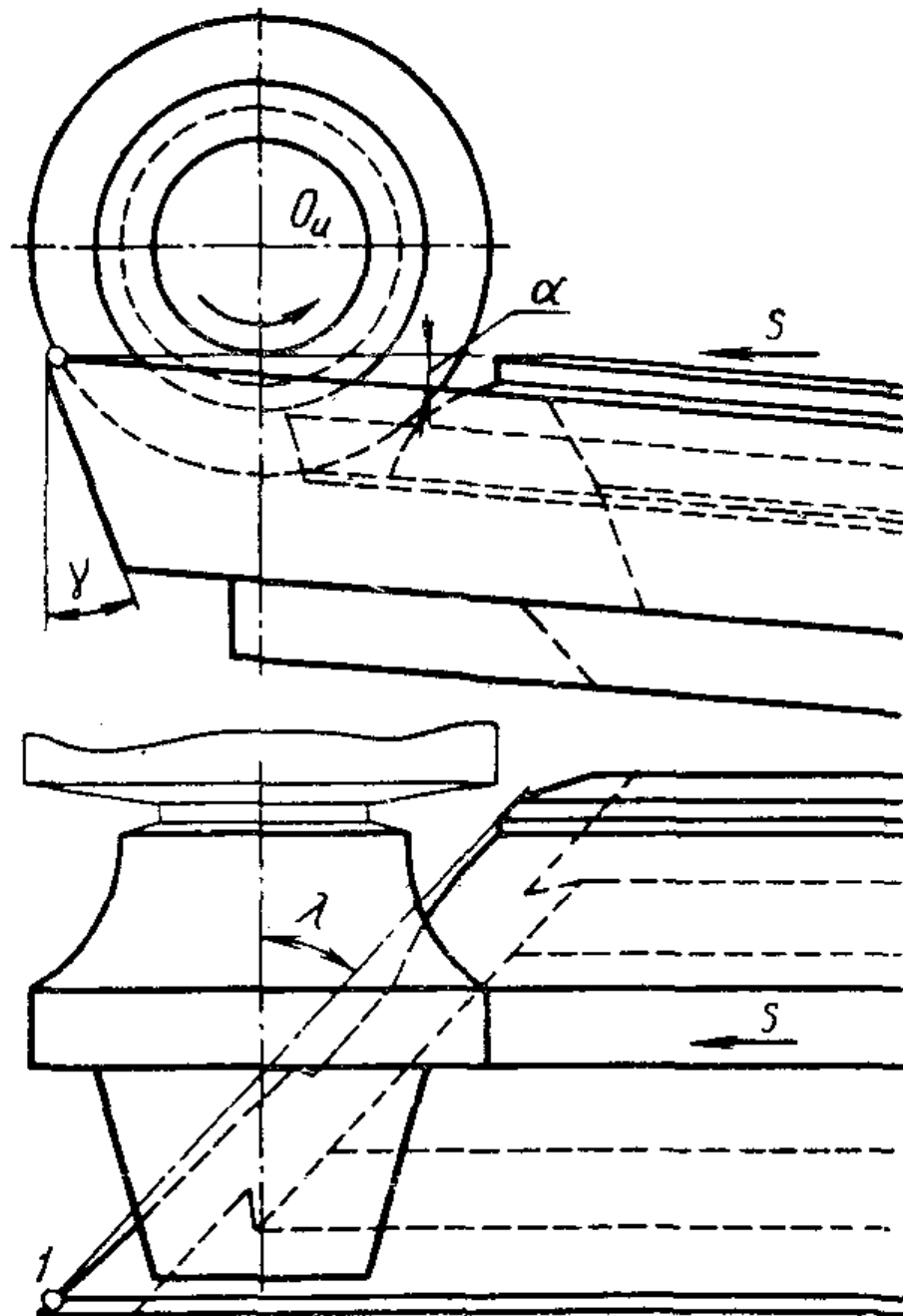


Рисунок 1.2 – Тангенціальний фасонний різець

Слід зазначити, що робочі поверхні призматичних фасонних різців розташовуються інакше чим у круглих фасонних різців.

Передня поверхня призматичного фасонного різця може виконуватись під кутом γ , через що на лінії центру обертання деталі, а саме O_i розташується одна/декілька окремих точок різального леза фасонного інструменту, віддалених на рівній відстані від бази кріплення у призматичних фасонних різцях (рис. 1.1).

Передню поверхню призматичного фасонного різця можна розташувати під нахилами, заданими кутами γ та λ , таким чином, щоб на рівні центру обертання деталі O_i проходила базова лінія, яка всіма своїми точками збігається з однією із контурних ділянок фасонного ріжучого леза. Решта точок цього ж леза, які не лежать на зазначеній базовій лінії, можуть розміщуватися як вище, так і нижче рівня центра O_i (рис. 1.3).

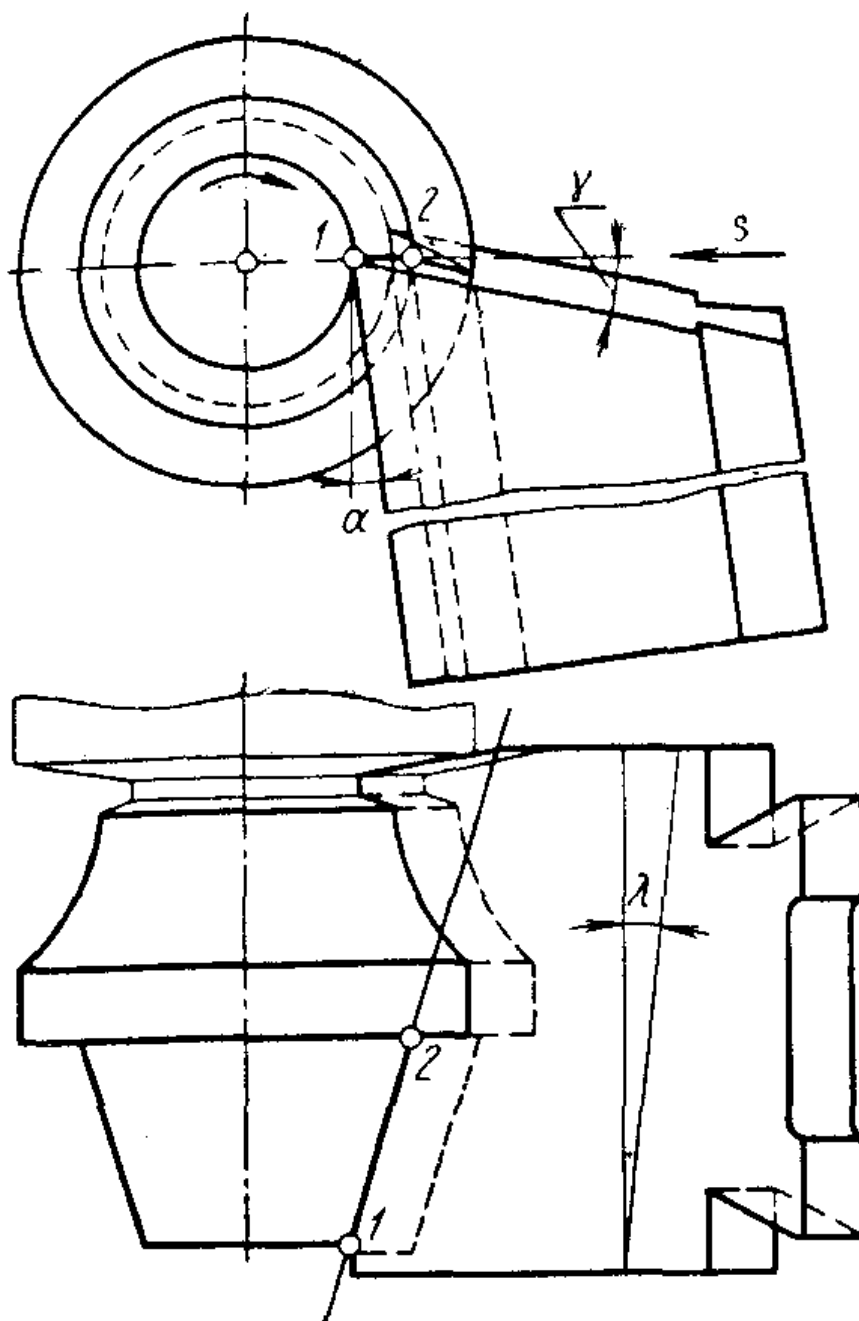


Рисунок 1.3 – Призматичний фасонний різець, встановлений базовою лінією 1-2 по висоті центрів деталі

Базова поверхня кріплення або геометрична вісь інструмента може бути орієнтована як паралельно осі обертання оброблюваної деталі, так і під певним кутом ζ до неї (рис. 1.4).

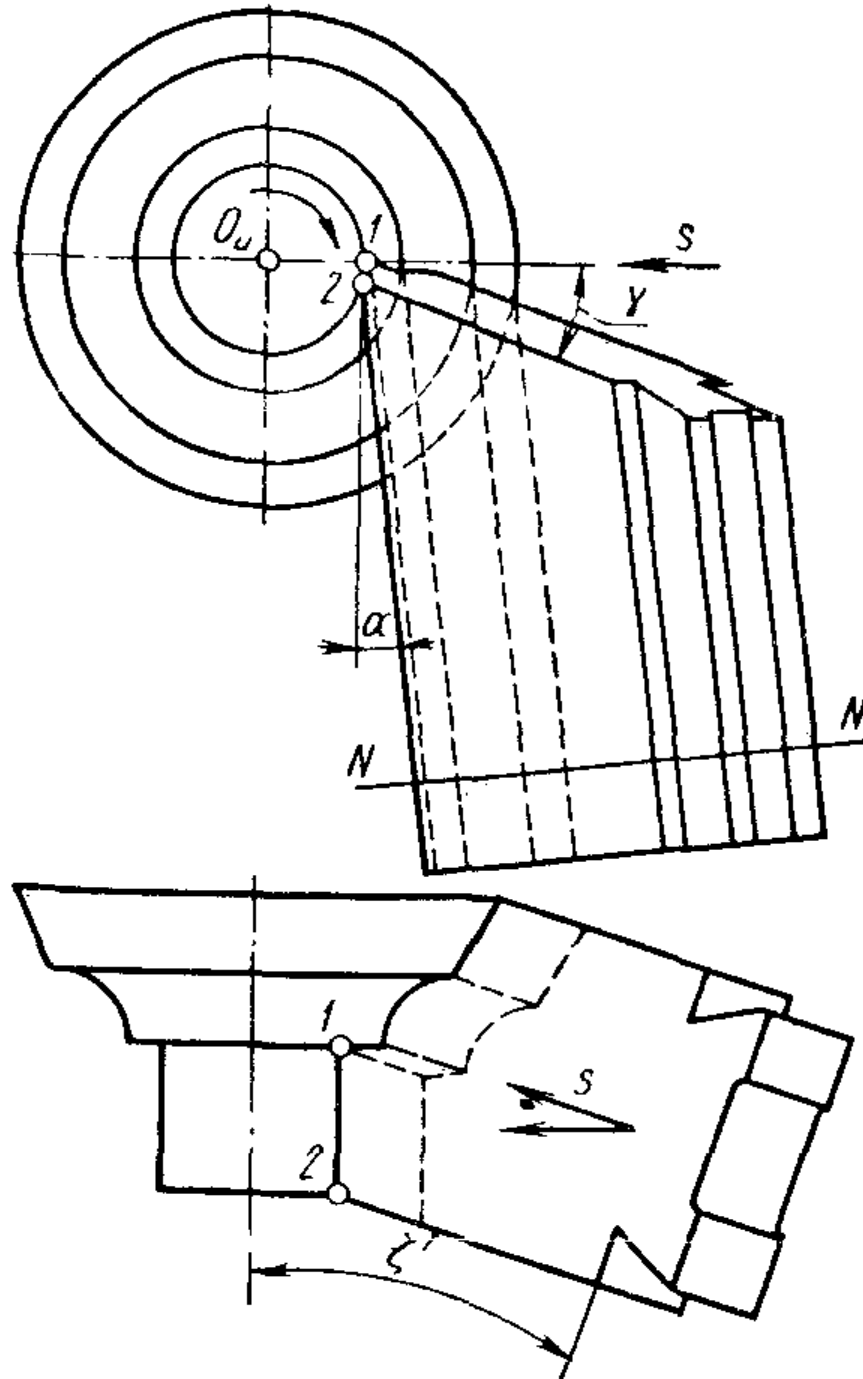


Рисунок 1.4 – Призматичний фасонний різець з базою кріплення, яка розташована під кутом $\zeta < 90^\circ$ до вісі обробної деталі

Розглянуті типи призматичних різців отримують від механізму подачі (напряму руху s) таким чином, щоб щонайменше одна точка фасонного ріжучого леза призматичного різця перетинає вісь обертання оброблюваної деталі під час свого переміщення. Ця характеристика слугує підставою для класифікації призматичних різців як радіальних. Водночас слід зазначити, що термін «радіальні» в даному контексті є умовним.

Характер дії радіальних фасонних різців полягає в послідовному знятті стружки по всьому об'єму матеріалу, що підлягає обробці, за допомогою фасонного різального леза. У процесі подачі інструмента в зону різання поступово вступають нові точки леза, і на завершальному етапі вся стружка зрізується повною довжиною фасонної кромки. Таким чином, кожна точка різального леза бере участь у роботі протягом певного інтервалу часу.

Радіальні фасонні різці можуть переміщуватися або в напрямку, перпендикулярному до осі обертання деталі, або під іншим, заздалегідь визначеним кутом ζ (див. рис. 1.4), залежно від конструкції інструмента та умов обробки (див. рис. 1.1, 1.2).

У результаті поєднання обертального руху деталі з поступальним переміщенням різця в одному з трьох напрямків формуються характерні траєкторії робочого руху точок фасонного ріжучого леза радіального інструмента. Залежно від напрямку подачі:

- у першому випадку утворюється площинна архімедова спіраль;
- у другому випадку утворюється просторова конічна гвинтова спіраль;
- у третьому випадку утворюється звичайна гвинтова лінія.

Тип фасонної поверхні, що утворюється в процесі різання, визначається напрямом подачі інструмента відносно осі обертання заготовки. Якщо подача здійснюється перпендикулярно до осі обертання, траєкторія руху точок ріжучої кромки утворює площинні архімедові спіралі, внаслідок чого формується фасонна спіральна поверхня. У випадку подачі під кутом ζ до осі обертання виникає фасонна спіраль-гвинтова поверхня, яка складається з конічних гвинтових ліній. Якщо ж подача паралельна осі обертання, то траєкторії руху утворюють гвинтові лінії, що створюють фасонну гвинтову поверхню.

У разі вимкнення механізму подачі всі складні траєкторії точок різального леза зводяться до простих колових ліній, унаслідок чого фасонні поверхні обробленої деталі матимуть утворюючі у вигляді кілець.

До основних особливостей функціонування радіальних фасонних різців належать [2]:

а) траєкторія робочого руху кожної точки різальної кромки залежить від напрямку подачі та може мати форму архімедової спіралі, конічної гвинтової або кругової гвинтової лінії;

б) під час обробки товщина стружки залишається постійною, але не є однаковою в усіх точках різучого леза;

в) зусилля різання та виділена теплота розподіляються по всій довжині різального леза, але кожна точка фасонного профілю зазнає навантаження протягом різного часу;

г) на завершальному етапі обробки весь фасонний профіль леза одночасно взаємодіє з поверхнею деталі, що в теорії забезпечує високу точність і якість обробки.

Фасонні леза тангенціальних різців утворені перетином задніх фасонних поверхонь різців з передніми поверхнями, нахиленими під кутами γ і λ . На відміну від радіальних, тангенціальні різці встановлюють на верстатах на такій відстані від осі обертання O_i деталі, щоб прямолінійна подача здійснювалася по дотичній до обробленої фасонної поверхні.

При великому куті λ нахилу передньої поверхні фасонні різальні леза тангенціальних різців перехрещуються з віссю оброблюваної деталі. Внаслідок цього фасонні поверхні деталей обробляються не відразу по всьому контуру, а поступово. Ця властивість тангенціальних різців дозволяє обробляти відносно довгі фасонні деталі, не побоюючись перевантаження різців та деталей силою різання та появи вібрацій, чого не можна уникнути при обробці довгих фасонних деталей радіальними різцями.

Тангенціальні різці на вигляд схожі на призматичні радіальні різці. Точність обробки ними залежить від установки різальних лез на певній відстані

від осі O_i обертання та напрямки подачі різця по дотичній до оброблюваної фасонної поверхні.

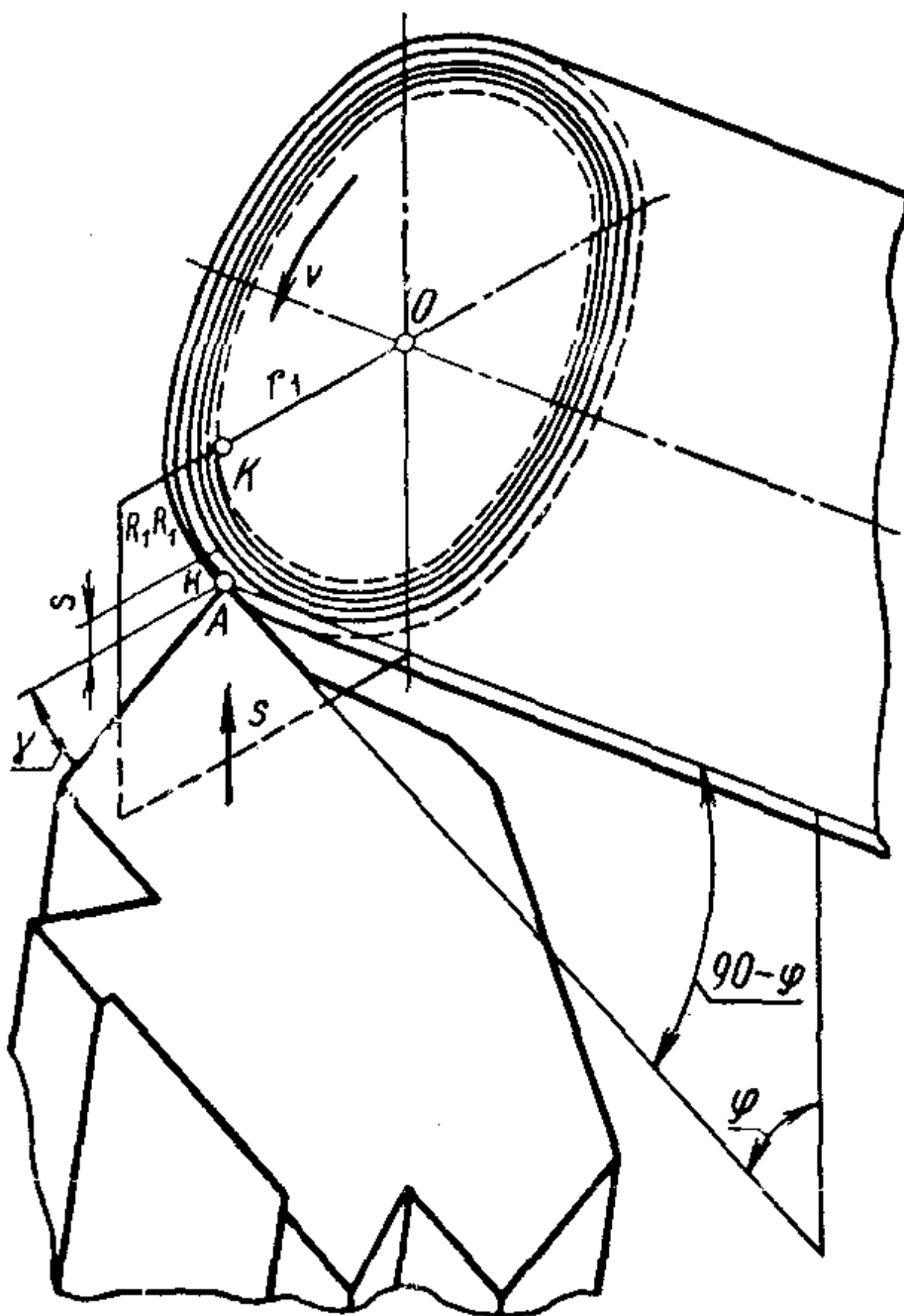


Рисунок 1.5 – Схеми різання тангенціальним різцем; точка A різця переміщується в напрямку подачі s

Принцип роботи тангенціальних різців заснований на поступовому зрізанні у вигляді стружки всього об'єму металу, що підлягає видаленню, з поверхні оброблюваної фасонної деталі. Початковий момент різання різального леза фасонного тангенціального різця в кожній точці збігається з моментом його

зіткнення з поверхнею, що обробляється в початковій точці H (рис. 1.5). Траєкторія відносного робочого руху кожної точки різального лека тангенціального різця визначається додаванням обертального руху оброблюваної деталі з прямолінійною рівномірною подачею різця, спрямованим по дотичній до відповідного кола обертається деталі, і являє собою площинну спіраль, що наближається з нерівномірно сповільнюється швидкістю до кругової утворює остаточно оброблену деталі і досягає її в кінцевий точці K (рис. 1.6).

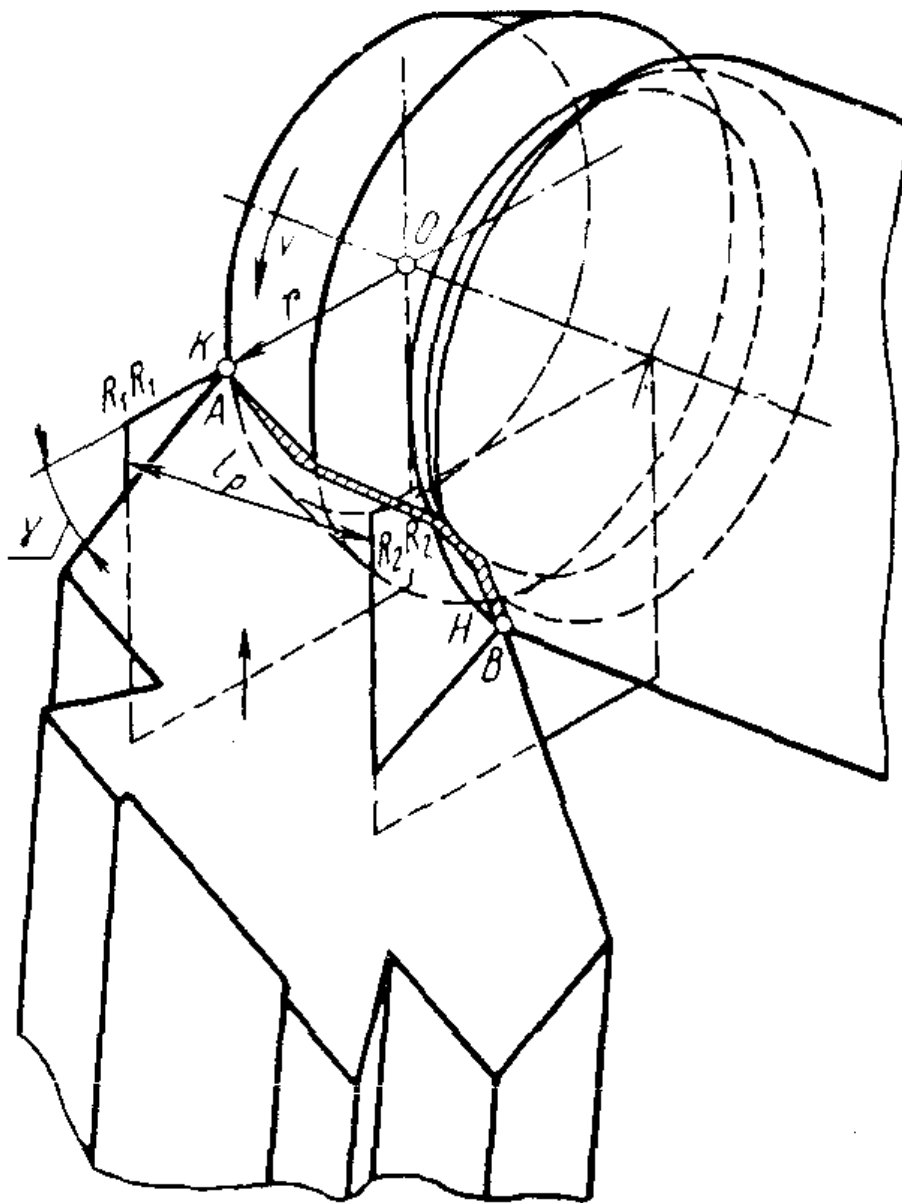


Рисунок 1.6 – Схеми різання тангенціальним різцем, коли точка A різця досягла точки K (інші точки профілю ще знаходиться у процесі різання)

Напрямок подачі тангенціальних різців по дотичній до круговим утворюючим обробленої деталі дозволяє подовженим різальним лезом, одержуваним внаслідок заточування передньої поверхні під кутами φ або λ , зрізати стружку не по всій довжині деталі одночасно, а лише на обмеженій ділянці (рис. 1.6-1.8).

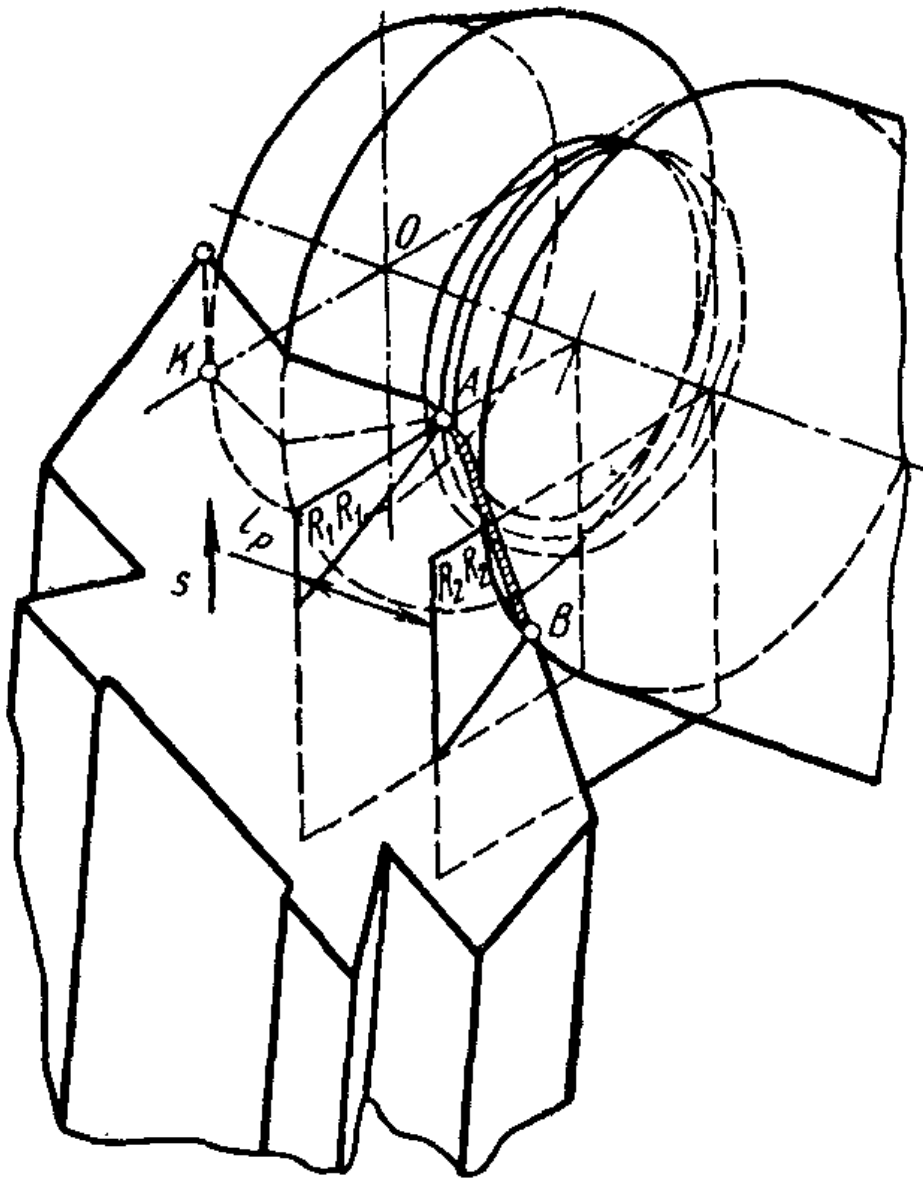


Рисунок 1.7 – Схема різання тангенціальним різцем, коли крайня точка леза різця перемістилась у точку F ; різальне лезо на ділянці $F-A$ обробило частину деталі (інші точки профілю ще знаходяться в процесі різання)

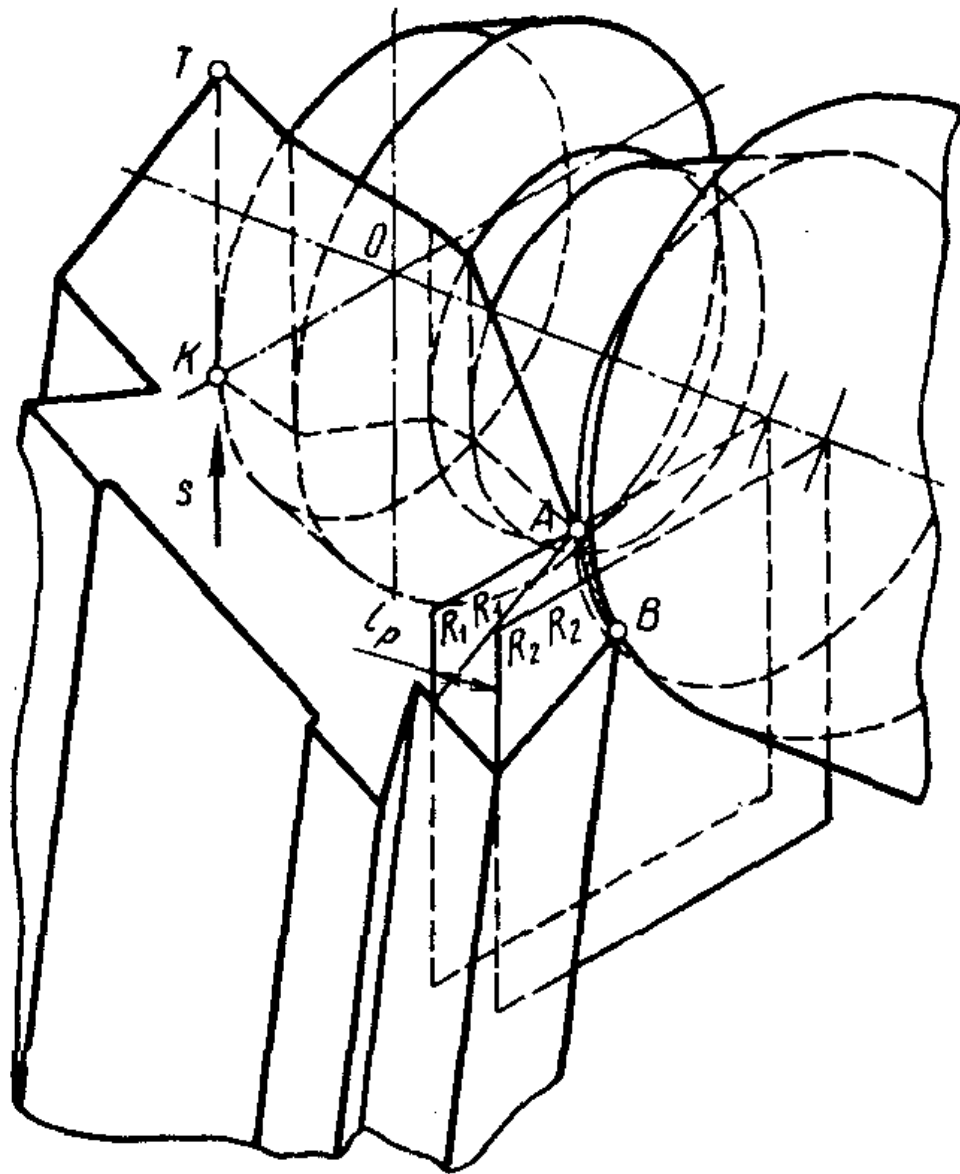


Рисунок 1.8 – Схема різання тангенціальним різцем, коли крайня точка леза різця перемістилась з точки K у точку T ; різальне лезо на ділянці $T - A$ вийшло з контакту з деталлю (інші точки різального леза від A до B ще знаходяться в процесі різання)

У процесі подальшої роботи внаслідок рівномірного і безперервного дотичного руху подачі різця контакт точки A леза з обробленою вже поверхнею деталі (кільцевої утворює в площині R_1R_1) порушиться в точці K . У такому ж послідовному порядку, в якому точки похилого фасонного ріжучого леза, досягаючи на шляху свого руху положення деякою положення деякої точки K виходять зі стану різання, втрачаючи контакт з вже обробленою частиною

поверхні деталі. Тривалого безперервного виходу чергових точок з процесу різання Довжина ріжучої ділянки леза поступово зменшується доти, доки остання точка E не закінчить обробку фасонної поверхні деталі, прийшовши в положення K (рис. 1.9).

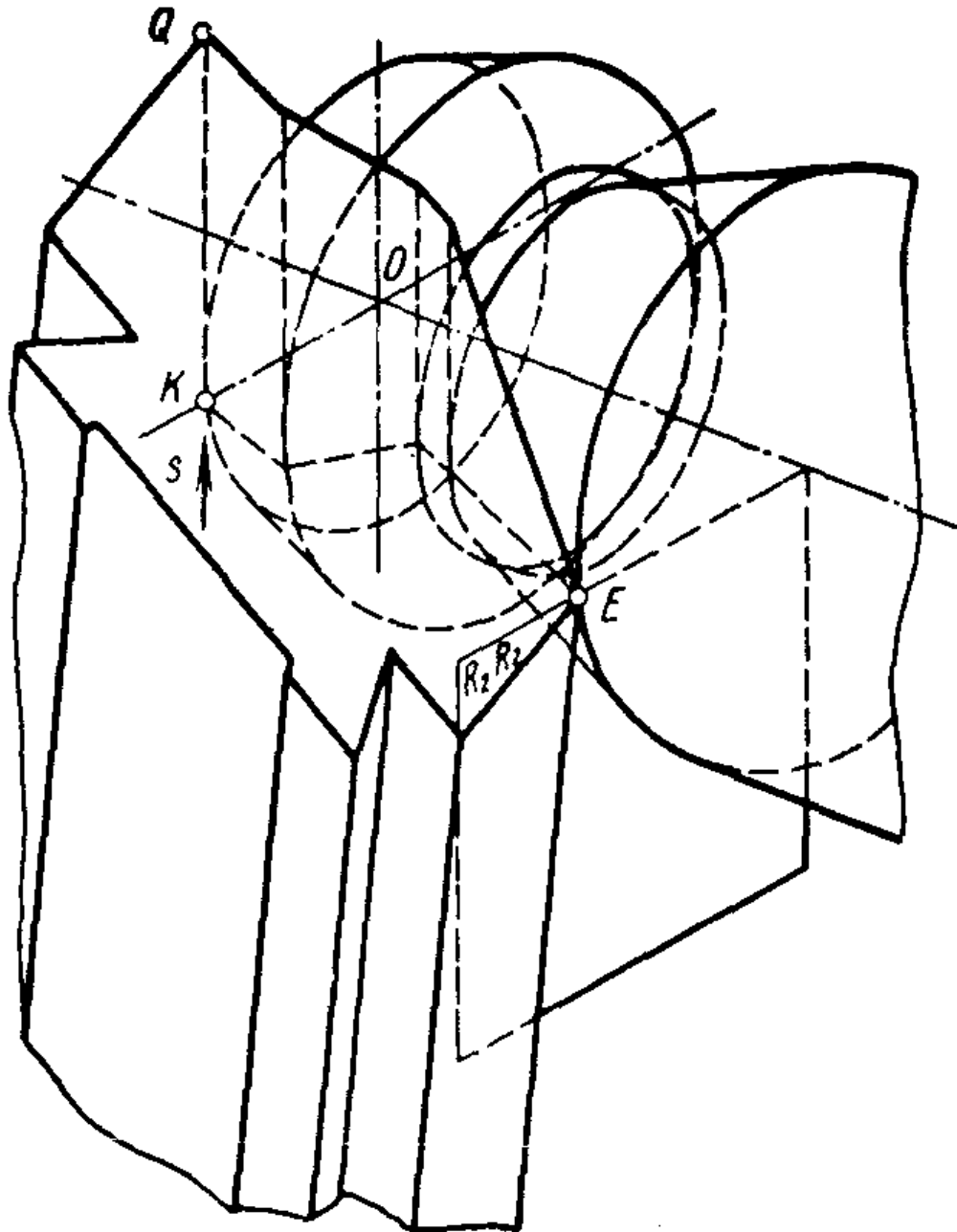


Рисунок 1.9 – Схема різання тангенціальним різцем; всі різальні леза різця від точки Q до точки E вийшло з контакту з обробною деталлю; деталь оброблена

Внаслідок фасонного профілю деталі різні точки різального леза тангенціального різця повинні зрізати та видаляти з поверхні шар металу різної товщини. Відповідно до цього змінюється відстань між точками H і K (див. рис. 1.6); отже, тривалість безпосереднього контакту кожної точки різального леза тангенціального різця з оброблюваною ним поверхнею різна.

Утворені під час роботи фасонні поверхні різання мають утворюючими плоскі спіральні траєкторії відносного робочого руху точок різального леза. Внаслідок того, що за кожен оберт деталі ріжуча ділянка леза ℓ_p разом з площинами R_1R_1 та R_2R_2 переміщається вздовж різального леза на величину:

$$\Delta\ell = \frac{s}{\cos\varphi},$$

і вздовж осі деталі на величину

$$S_o = s \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

його точки, розташовані на цій довжині $\Delta\ell$, приходять у положення точки H не одночасно, а послідовно, розташовуючись по колу оброблюваної поверхні у вигляді гвинтової лінії з кроком S_0 . Тому деталі, оброблені тангенціальними різцями, не мають абсолютно гладкої та рівної фасонної поверхні, як при обробці радіальними фасонними різцями або при звичайному точінні. Оброблена поверхня є поєднанням гвинтоподібно розташованих відрізків спіральних поверхонь різання, утворених за кожен оборот деталі «ковзною» ділянкою ℓ_p леза різця. У силу цих причин контур діаметрального перерізу деталі є не суцільну лінію, а поєднання (сполучення) відрізків одностатевих гіпербол, утворених осьовим перетином гвинтоподібно розташованих спіральних поверхонь різання.

1.2. Позитивні та негативні властивості призматичних фасонних різців

Проектуванню різального інструменту присвячено багато інженерно-розрахункових та технічно-довідкових праць як вітчизняних [5, 8, 11, 14] так і провідних світових інструментальних компаній [18-21].

Спеціалізовані інженерно-технічні видання дають загальні рекомендації та наводять конкретні методики розрахунку різців [1, 7, 9, 10].

В працях загального характеру приведені рекомендації по вибору конкретних видів та конструкцій інструменту [4, 6, 15, 17]. Серед праць довідкового характеру для проектування різців провідними є наступні [12, 13].

В провідних світових компаніях склалася інша система, що вибудовувалась в умовах ринкової економіки. Для якої характерно представлення на ринку готового закінченого рішення.

Тобто весь процес розробки та проектування інструментального забезпечення здійснюється спеціалістами компанії. Споживачу пропонується обрати для вирішення своїх технологічних задач, під конкретні умови обробки інструментальне забезпечення.

Тож технічні видання провідних світових інструментальних компаній Iscar tools, Sandvic Coromant, TaeguTec, та ін., як правило містять, методики по визначенню умов обробки та перелік інструменту для роботи конкретно в цих умовах [18-21].

В цій системі недоліком є те що інструмент виробником спроектовано під конкретні, доволі вузькі діапазони режиму різання. Саме при гарантованій роботі такого інструменту у вказаних діапазонах різання, повною мірою проявляться його різальні властивості, закладені виробником при його виготовленні. Однак, у разі, якщо

Крім того, окремою задачею залишається проектування інструменту з фасонним профілем різальної частини. Вирішення якої, зокрема потребує особливого розрахунку та профілювання різальної частини [2, 3, 5, 8, 11].

Фасонний різець – профільний різець, ріжуча кромка якого при обробці створює профіль обробленої поверхні одночасно всіма точками ріжучої кромки.

Профільний інструмент – інструмент, форма ріжучої кромки якого визначена формою обробленої поверхні [8].

Таблиця 1.1 – Класифікація фасонних різців

Конструктивна ознака класифікації	Фасонні різці, які її реалізують
Форма:	круглі, призматичні, стрижневі
Тип поверхні обробки:	зовнішні, внутрішні
Конструкція:	суцільна, складена, складальна
Встановлення відносно напрямку подачі:	тангенціальне, радіальне
Взаємне розташування осі отвору (або бази закріплення різця) та заготовки	паралельним розташування, розташування з нахилом під кутом
Розташуванню передньої поверхні різця відносно основної площини	паралельне або з переднім кутом γ , який має додатне «+» значення з переднім кутом γ , який має додатне «+» значення та кутом нахилу різальної кромки не рівним нулю $\lambda \neq 0$
Форма утворюючих фасонних поверхонь	кільцеві утворюючі, гвинтові утворюючі

Фасонні різці мають наступні переваги в порівнянні зі звичайними токарними різцями [11]:

- велику продуктивність;
- високу точність профілю й розмірів обробленої деталі;
- більший термін служби;
- простоту заточення й переточування;
- не вимагають при експлуатації робітників високої кваліфікації.

Однак, фасонні різці мають і недоліки:

- високу трудомісткість проектування;
- складність виготовлення;
- необхідність точного та конкретного встановлення;
- високу вартість;
- різні умови різання й спрацювання різних точок ріжучої кромки.

1.3. Корекційні розрахунки призматичних фасонних різців

Якщо усі точки фасонного різального леза розташовані на рівні осі обертання деталі, то вони знаходяться в її діаметральній площині. У такому випадку профіль леза точно відповідає профілю шаблону деталі. Це розташування фасонного різця можливе лише за умови, що передній кут γ дорівнює 0° , а передня поверхня різця лежить у діаметральному перерізі деталі. Якщо при цьому передня поверхня буде перпендикулярною до фасонної задньої поверхні, тоді профілі різця та деталі співпадатимуть. Це дозволяє уникнути проведення корекційних розрахунків, а в якості шаблону для різця можна використовувати контршаблон деталі. Проте це справедливо лише тоді, коли передній кут $\gamma = 0^\circ$ і задній кут α також дорівнює 0° (рис. 1.10).

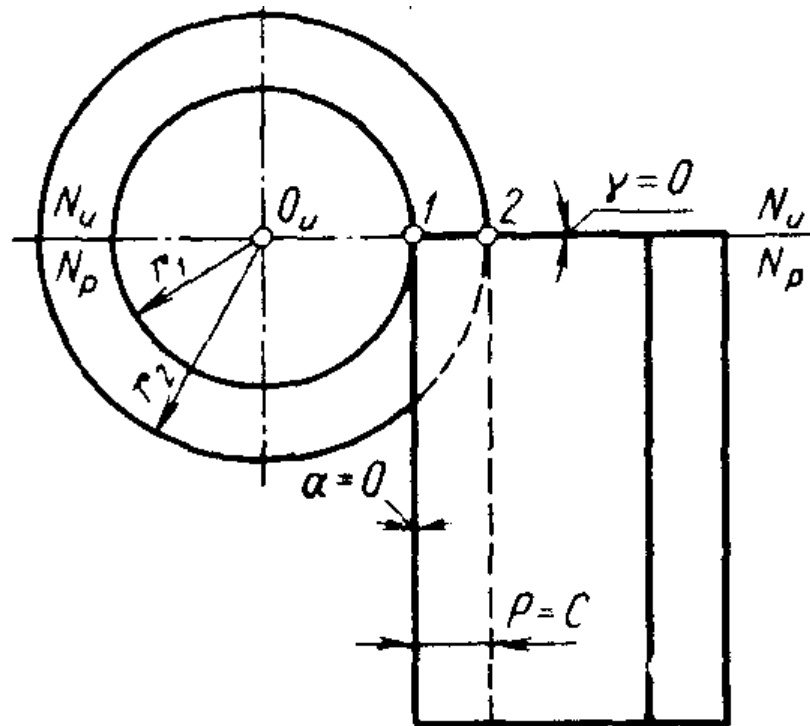


Рисунок 1.10 – Призматичний фасонний різець, який має заточення, після чого встановлюється щоб кути $\gamma = 0^\circ$ та $\alpha = 0^\circ$, за таких умов викривлення профілю деталі не виникає і тому не потребує корекційного розрахунку

Різання металів різцями з переднім кутом $\gamma = 0^\circ$ є допустимим, однак при обробці в'язких матеріалів такі різці демонструють низькі ріжучі властивості.

Радіус R_1 дуги, що проходить через точку 1 фасонної частини різального інструмента, відповідає куту нахилу задньої поверхні різця, що дорівнює задньому куту α , у горизонтальному перерізі. Центр дуги – точка O_p – при цьому розташовується вище геометричного центру обертання деталі O_i на значення

$$h_p = R_1 \cdot \sin \alpha \quad (1.1)$$

Подібне зміщення центру різального інструмента відносно центру деталі призводить до того, що їхні діаметральні перерізи вже не збігаються. У результаті виникає геометрична похибка, що унеможлиблює пряме використання профілю різця як точного контршаблону профілю деталі.

У діаметральному перерізі заготовки, маючи значення радіусів r_1 та r_2 для двох характерних точок фасонного профілю, можна визначити глибину профілю (різницю висот) за допомогою виразу:

$$C = r_2 - r_1$$

Цей параметр є критично важливим для контролю відповідності фактичного профілю обробленої поверхні заданому шаблону, особливо в умовах фасонного точіння.

За умови, що передній кут різця дорівнює нулю ($\gamma = 0^\circ$), геометричний профіль нормального перерізу оброблюваної деталі та його глибина мають відповідати профілю і глибині різальної кромки інструмента, утвореної в результаті перетину фасонної задньої поверхні різця з його передньою площиною. При цьому передня поверхня різця збігається з діаметральною площиною деталі, але розташовується на деякому віддаленні від осі інструмента O_p , а саме на величині зміщення h_p . Таким чином, щоб на передній поверхні, яка паралельна осі обертання і зміщена від неї на відстань h_p , утворити нормальний профіль деталі, у діаметральному перерізі різця потрібно задати профіль, що відрізняється за геометричними розмірами від профілю деталі. Загальна закономірність, яка

відображає розбіжність між глибиною профілю різця та відповідною глибиною на деталі, виражається такою нерівністю:

$$r_2 - r_1 = C > R_1 - R_2.$$

Чим більшою є величина зміщення h_p , тим суттєвішою стає розбіжність між глибиною профілю різального інструмента та відповідною глибиною профілю деталі. Повне усунення цієї невідповідності та забезпечення геометричного збігу профілів можливе лише за умови, коли $h_p = 0$, тобто при нульовому задньому куті $\alpha = 0^\circ$. Таким чином, головною причиною, що зумовлює необхідність виконання корекційних розрахунків при проєктуванні фасонних різців, є додатне значення заднього кута ($\alpha > 0^\circ$). Звідси випливає, що дотримання умови $\gamma = 0^\circ$, яке забезпечується відповідним заточуванням передньої поверхні інструмента, хоча й впливає на геометричні співвідношення профілю, не дозволяє уникнути корекційних процедур. Ба більше, це не призводить до зменшення обсягу розрахункових операцій і не спрощує технологічний процес виготовлення фасонних різців із необхідною геометричною компенсацією.

Отже, для забезпечення належної ріжучої здатності інструмента необхідно встановлювати передній кут $\gamma > 0^\circ$, орієнтуючись на механічні та фізичні характеристики оброблюваного матеріалу.

Розглянемо загальний випадок, за якого як задній кут α , так і передній кут γ мають додатні значення ($\alpha > 0^\circ$, $\gamma > 0^\circ$) (рис. 1.12). За таких умов передня поверхня різця вже не лежить у діаметральній площині деталі, а зміщується відносно неї. Внаслідок цього фасонне різальне лезо інструмента не буде збігатися з нормальним профілем оброблюваної поверхні. Більше того, в такій геометричній конфігурації повне співпадіння цих профілів є не тільки неможливим, але й недоцільним з точки зору забезпечення правильного процесу різання.

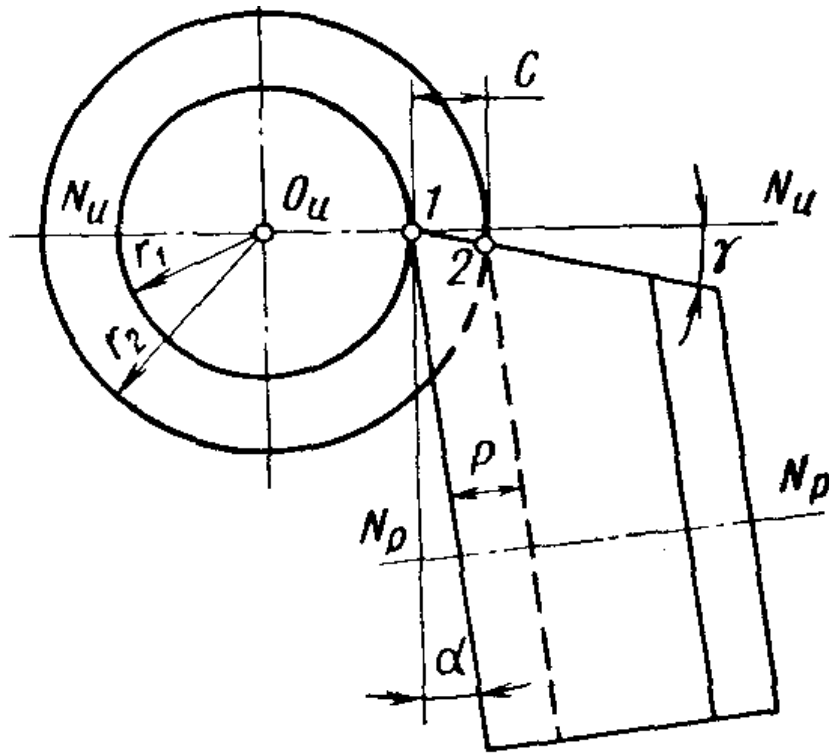


Рисунок 1.12 – Призматичний фасонний різець, який був заточений, після чого встановлений, щоб кути $\gamma > 0^\circ$ та $\alpha > 0^\circ$, виникає необхідність корекційного розрахунку

Передня поверхня різця перетинає фасонну поверхню деталі на певному віддаленні від її нормального перерізу, що зумовлено наявністю ненульових значень переднього та заднього кутів:

$$h_u = r_1 \sin \gamma. \quad (1.2)$$

Передня поверхня різця перетинає фасонну поверхню деталі на певній відстані від її осі, а отриманий у цьому випадку профіль діаметрального перерізу деталі:

– тим суттєвіше відрізняється від профілю нормального перерізу, чим більшою є величина h_u , тобто зі збільшенням переднього кута γ ;

– повинен повністю відповідати, точка за точкою, профілю ріжучого леза інструмента.

У разі, коли $\gamma > 0$, відстань між передньою поверхнею різця та його віссю збільшується, що зумовлює зростання відхилення між фактичним профілем на деталі та її геометричною нормаллю.

$$h_p = R_1 \cos(\alpha + \gamma). \quad (1.3)$$

Зі збільшенням величин заднього кута α та переднього кута γ , як це впливає з рівняння (1.3), зростають також значення параметрів h_u і h_p , що відповідно призводить до більшої розбіжності між нормальними профілями різця та оброблюваної деталі.

Загальна закономірність відхилення глибини профілю різця від глибини профілю деталі, що була встановлена рівнянням (1.1) для часткового випадку, коли $\alpha > 0^\circ$, а $\gamma = 0^\circ$, залишається актуальною і для загального випадку, коли обидва кути додатні ($\alpha > 0^\circ$, $\gamma > 0^\circ$). Відмінність полягає лише в тому, що абсолютна величина відхилення стає більшою.

Аналіз загального випадку дозволяє дійти висновку, що ключовою причиною необхідності виконання корекційних розрахунків фасонного профілю різця є наявність так званого кута спотворення профілю, який визначається як $\varepsilon = \alpha + \gamma$. Незалежно від того, чи виражається цей кут лише через задній кут α , чи як сума $\alpha + \gamma$, складність та обов'язковість виконання корекційних розрахунків залишаються незмінними.

Оптимальні значення кутів α та γ визначаються для окремої точки профілю (точки 1) або для групи точок, що розташовані на однаковій відстані від центра різця O_r і перебувають на рівні центра обертання деталі O_i . В усіх інших точках фасонного леза значення переднього та заднього кутів змінюються залежно від положення точки на профілі. У міру віддалення точки профілю від осі обертання деталі задній кут прямує до 90° , а передній – до 0° (рис. 1.13), що відповідно призводить до зростання кута спотворення $\varepsilon \rightarrow 90^\circ$.

Ця закономірність зміни геометричних кутів по довжині ріжучого леза свідчить про те, що відхилення між нормальним профілем інструмента та профілем оброблюваної деталі не є сталою величиною, а змінюється в кожній точці різця відповідно до значення трансцендентної функції, що залежить від кута спотворення ϵ .

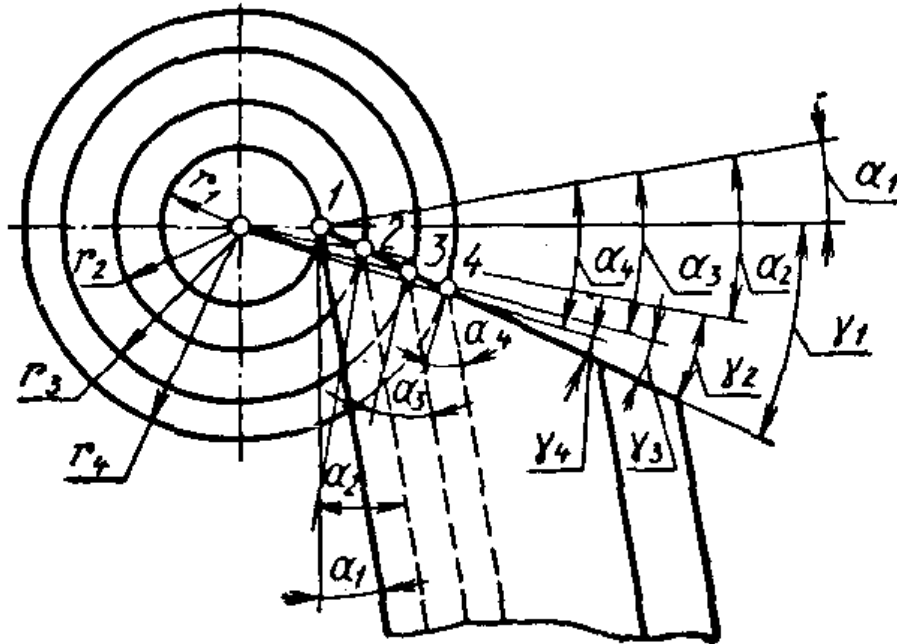


Рисунок 1.13 – Зміна значень кутів геометричної частини різця (передніх і задніх) та значень кута викривлення профілю залежно від конкретної точки розташованої на різальному лезі призматичного фасонного різця

Оскільки кут ϵ змінюється безперервно вздовж усього фасонного профілю інструмента, не існує єдиного універсального коефіцієнта спотворення. Тому значення ϵ повинно визначатися індивідуально для кожної окремої точки профілю.

Винятком із цього правила є тангенціальні фасонні різці, в яких з огляду на специфіку умов різання величина кута спотворення $\epsilon = \alpha + \gamma$ залишається постійною по всій довжині ріжучої кромки.

Для всіх типів фасонних різців підлягають розрахунку радіальні розміри профілю. Осьові розміри визначають лише у тих випадках, коли вісь круглого інструмента або базова площина призматичного різця розташовані під кутом до осі обертання заготовки. Внаслідок цього радіальні фасонні інструменти за

геометричною формою суттєво відрізняються від поверхонь, які вони утворюють на деталі.

1.4. Аналіз поверхонь тіл обертання з фасонним профілем

Довільний профіль фасонних поверхонь тіл обертання може бути утворений поєднанням відрізків прямих та кривих ліній, що лежать у діаметральному перерізі тіла обертання. При обертанні прямолінійного відрізка 1-2 (рис. 1.14) під кутом $0 < \sigma_0 < 90^\circ$ до осі обертання деталі отримаємо поверхню зрізаного конуса; при обертанні прямолінійного відрізка 2-3, що становить з віссю обертання кут $\alpha_0 = 90^\circ$, отримаємо кільцеву поверхню, що лежить у площині обертання відрізка 2-3; при обертанні прямолінійного відрізка 3-4, що становить кут $\sigma_0 = 0^\circ$, з віссю обертання, отримаємо поверхню циліндра, при обертанні криволінійного відрізка 4-5 отримаємо відповідну криволінійну поверхню.

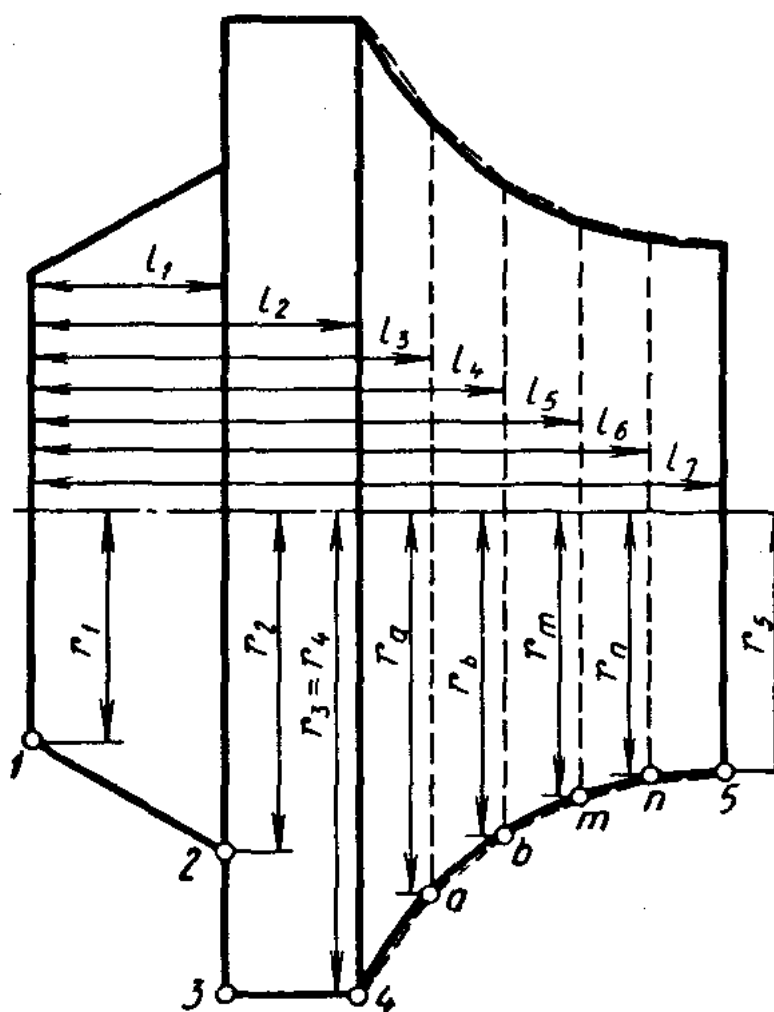


Рисунок 1.14 – Приклад фасонної деталі

Отже, довільна фасонна поверхня тіла обертання може бути утворена поєднанням конічних торцевих, циліндричних та криволінійних поверхонь.

Аналізуючи поверхні, отримані при обертанні відрізків прямої лінії, знаходимо, що тоді, коли кут утворює конуса $\sigma_0 \rightarrow 90^\circ$ і досягає свого граничного значення, поверхня зрізаного конуса перетворюється на кільцеву площину; коли кут утворює конуса $\sigma_0 \rightarrow 90^\circ$ і досягає свого граничного значення, поверхня усіченого конуса перетворюється на поверхню циліндра. Таким чином, кільцева площина і циліндрична поверхня можуть розглядатися як приватні граничні значення усіченого конуса з кутом нахилу конуса в першому випадку $\sigma_0 = 90^\circ$ і в другому випадку $\sigma_0 = 0^\circ$.

Криволінійний відрізок 4-5 може бути розбитий на скільки завгодно малі відрізки 4-*a*; *a-b*; *b-m*; . . . ; *m-n*; *n-5*. Кожен із цих відрізків при обертанні навколо осі утворює поверхню обертання, яку можна як поверхню елементарного усіченого конуса.

Отже, можна дійти висновку, що основним складовим елементом довільної фасонної поверхні тіла обертання є елементарний усічений конус, кут нахилу утворює якого може змінюватися в межах $0 < \sigma_0 < 90^\circ$.

1.5. Підготовка виконавчих креслення деталей для розрахунків різців

Кут спотворення є змінною величиною, різною для кожної точки фасонного профілю. Тому при корекційному розрахунку слід визначити координати всіх точок, що становлять профільну лінію фасонного різального леза. Але оскільки ця вимога неможлива, то розраховують лише координати вузлових точок заданого фасонного профілю і в окремих випадках, коли це необхідно, також координати окремих точок, що знаходяться між вузловими.

Виходячи з цих міркувань, перш ніж приступити до корекційних розрахунків, необхідно попередньо перевірити, чи є на виконавчих кресленнях фасонних деталей всі координатні розміри до вузлових точок, і якщо вони на кресленнях не вказані, то необхідно визначити координати, що відсутні, до всіх обраних точок. На кресленнях фасонних деталей завжди є розміри, які дозволяють

визначити відсутні координатні розміри. Основні та додаткові корекційні розрахунки фасонних різальних лез різців виробляють за номінальними розмірами.

Якщо деталі після обточування фасонним різцем надалі не обробляють, то задана точність розмірів фасонного профілю деталі повинна бути забезпечена відповідним профілем ріжучого леза. Якщо після обточування деталь повинна піддаватися круглому шліфуванню, оброблена поверхня повинна мати по всьому фасонному профілю рівномірний припуск під шліфування.

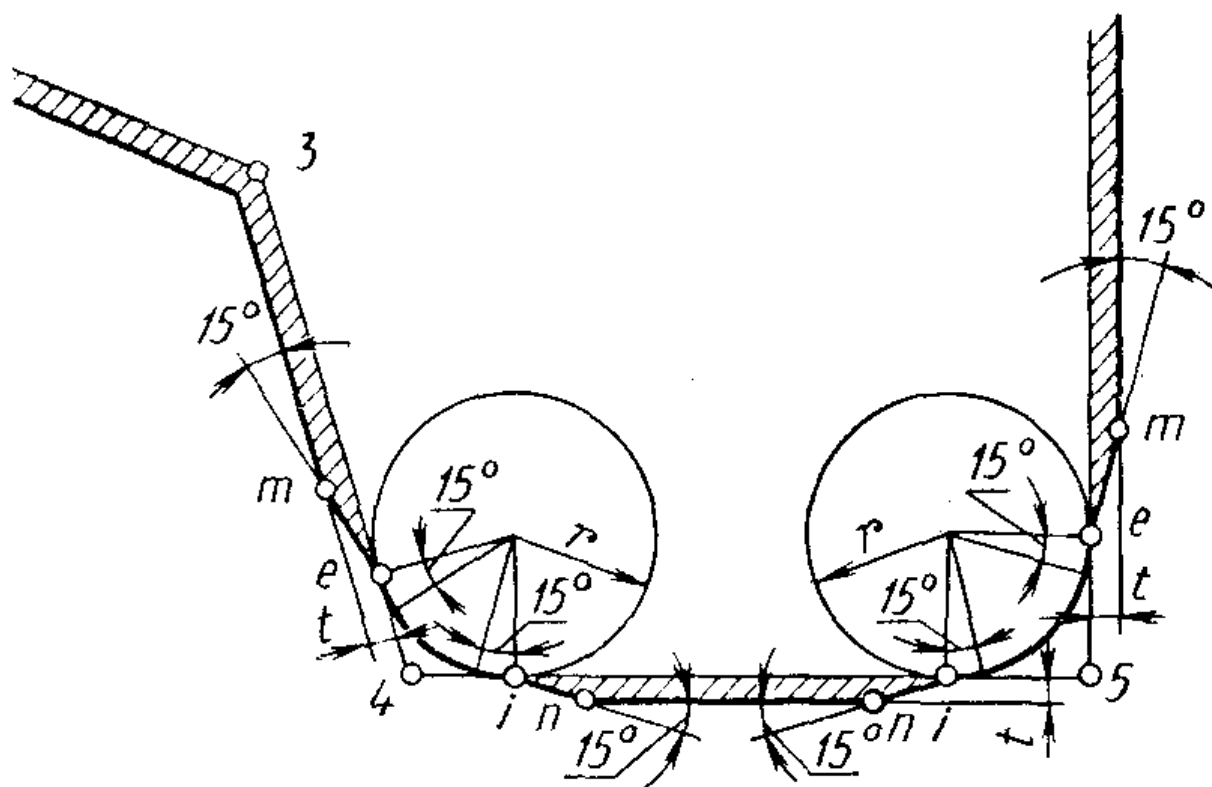


Рисунок 1.15 – Конструктивне оформлення кутових переходів фасонних різців у випадку, якщо після обробки деталі фасонним різцем передбачається подальшим шліфуванням

У тих випадках, коли після обробки передбачається шліфування частини фасонних поверхонь, наприклад, шліфування циліндричної поверхні і торцевої поверхні, що примикає до неї, а поверхня сполучення не буде піддаватися шліфуванню, то в конструкції фасонного різця необхідно передбачити можливість остаточної обробки сполученої поверхні радіусом r і залишити на обробленій

деталі припуск t під шліфування циліндричної та торцевої поверхонь. Щоб після шліфування на поверхні деталі не залишилися ребра при переході на нешліфовану поверхню сполучення, кутові переходи на різцях фасонних слід оформляти, так, як показано на рис. 1.15.

З центру кола радіусом r опускаються перпендикуляри на поверхні, що сполучаються в точках i і e . З точок i і e проводять лінії під кутом 15° до слідів торцевої та циліндричної поверхонь, до перетину їх у точках m і n . Штриховою лінією на рис. 1.15 показано припуск t на шліфування поверхонь деталі. Кутовий перехід у профілю різця складатиметься з контуру перерізу торцевої поверхні, ділянки $m-e$, дуги $e-i$, ділянки $i-n$ і контуру перерізу циліндричної поверхні. При шліфуванні з торцевої та циліндричної поверхонь видаляється припуск t ; отримуємо деталь необхідних розмірів за відсутності різких переходів від шліфованої на нешліфовану поверхню.

Незважаючи на конструктивні зміни різців, пов'язані з оформленням кутових переходів, послідовність підготовчих та основних корекційних розрахунків не змінюється. При корекційних розрахунках визначають відстані до вузлових точок, що утворюються перетином пов'язаних профільних ділянок (без урахування радіусів заокруглення перехідної поверхні).

1.6. Розрахунок призматичних різців

Корекційні розрахунки призматичних фасонних різців здійснюються для обчислення відстаней між вузловими точками нормального фасонного профілю різця та довільно обраною координатною віссю.

На розрахунковій схемі, зображеній на рис. 1.16, оброблювана фасонна деталь довільного профілю представлена колами, проведеними з центру O_i обертання деталі радіусами r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 і r_6 . На висоті центру O_i обертання деталі розташовується та вузлова контурна точка фасонного профілю ріжучого леза, що знаходиться ближче до центру обертання оброблюваної деталі, т.б. лежить на найменшому радіусі r_1 .

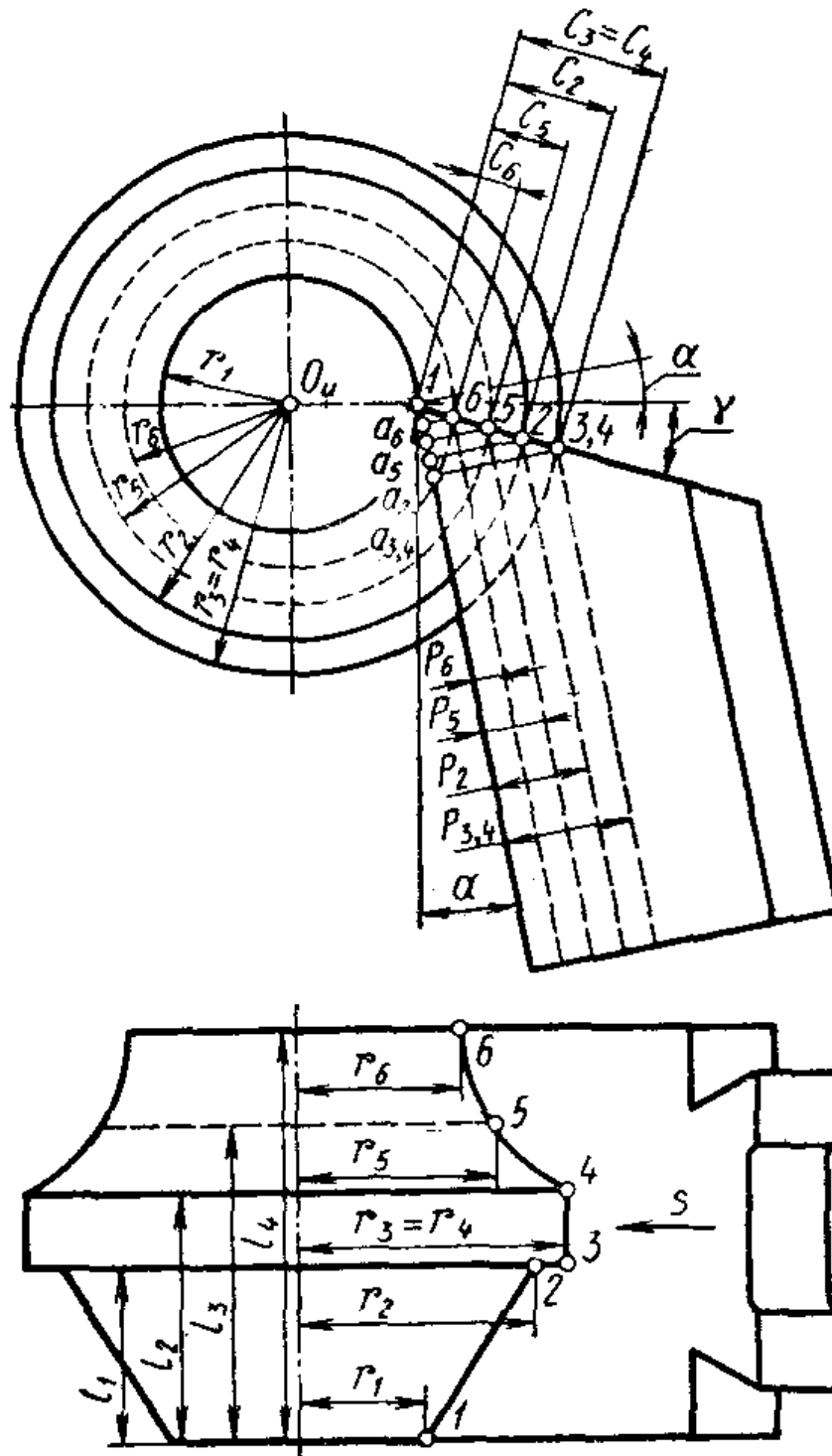


Рисунок 1.16 – Схема для корекційного розрахунку призматичного фасонного різця, встановленого базовою точкою 1 по висоті лінії центру деталі

Ця точка фасонного різального леза відзначається першим номером. Розташування інших вузлових контурних точок на розрахунковій схемі визначається перетином передньої поверхні різця, нахиленої до горизонтальної центрової лінії деталі під кутом γ , з колами деталі радіусів r_2, r_3, r_4, r_5 і r_6 .

Для утворення задніх кутів тіло призматичних фасонних різців нахилиють так, щоб прямолінійна утворює фасонної задньої поверхні різця в вузловій точці I утворила необхідний задній кут α з площиною різання в тій же точці. Тоді прямолінійні твірні задньої фасонної поверхні решти вузлових точок призматичного різця на розрахунковій схемі будуть представлені паралельними прямими лініями.

Прийнявши за довільну координатну вісь пряму лінію, що проходить через першу вузлову точку, отримуємо, що метою корекційних розрахунків призматичних фасонних різців є обчислення відстані від прямолінійної утворюючої точки I до паралельних їй прямолінійних твірних задньої поверхні різця, проведених через вузлові контурні точки 2, 3, 4, 5 та 6. Шукану відстань вимірюють у площині, нормальної до задньої фасонної поверхні призматичного різця.

Для визначення розмірів P_2, P_3, P_4, P_5 і P_6 з вузлових точок 2, 3, 4, 5 до 6 фасонного різального леза опускаємо перпендикуляри на прямолінійну утворюючу вузлову точку I . Отримуємо ряд прямокутних трикутників з прямими кутами у точках a_2, a_3, a_4, a_5 та a_6 . Відстань C_2, C_3, C_4, C_5, C_6 відомі із загальної частини корекційного розрахунку є гіпотенузами побудованих трикутників. Кути при вершинах всіх трикутників у точках 2, 3, 4, 5 і 6:

$$\varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1.$$

Шукані відстані P_2, P_3, P_4, P_5 і P_6 є катетами прямокутних трикутників і згідно з рис. 1.16 можуть бути обчислені в результаті розв'язання наступного ряду тричленних рівнянь:

1. $\varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1$;
2. $P_2 = C_2 \cdot \cos \varepsilon_1$;
3. $P_3 = C_3 \cdot \cos \varepsilon_1$;
4. $C_4 = C_3$;

$$5. P_4 = P_3;$$

$$6. P_5 = C_5 \cdot \cos \varepsilon_1;$$

$$7. P_6 = C_6 \cdot \cos \varepsilon_1.$$

Осьові розміри між вузловими точками профілів різця і оброблюваної ним деталі рівні і вимагають корекційних розрахунків.

2. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЗМАТИЧНОГО ФАСОННОГО РІЗЦЯ

В цьому розділі проводимо розрахунок та конструювання призматичного фасонного різця для зовнішнього обточування деталі згідно із завданням на кваліфікаційну роботу. Також конструюємо різцетримач.

Початкові дані для проєктування фасонного різця:

1. Заготовка деталі – пруток;
2. Матеріал заготовки – Сталь 45;
3. База закріплення різця розташована паралельно вісі деталі, що оброблюється;
4. Різець встановлюється в різцетримач та фіксується кріпленням типу “ластівчиного хвоста”;
5. Обробка виконується на прутковому автоматі 1265М-6К.

2.1. Розробка розрахункового ескізу деталі з фасонним профілем

Для формування розрахункового ескізу деталі визначаємо:

- вузлові точки профілю деталі в довільному напрямку, нехай від лівого торця деталі до правого;
- визначаємо радіуси в кожній вузловій точці, приймаючи їх на рівні середини поля допуску на радіальний розмір деталі [7];
- нумеруємо кожну вузлову точку; у випадку рівності радіусів вузлові точки матимуть однаковий номер;
- визначаємо точку з мінімальним радіусом.

Переходимо до визначення конструктивних параметрів різця.

2.2. Визначення конструктивних параметрів призматичного різця

Вибираємо для проєктування призматичний радіальний фасонний різець. Враховуючи розміри деталі, фасонний різець виконується з напрямними типу “ластівчин хвіст”, які слугують для його установки та закріплення на державці

різцетримача [2]. Регулювання висоти встановлення різця слугує гвинт зі стопорною гайкою.

Конструктивно розміри призматичних фасонних різців приймають в залежності від глибини профілю деталі (див. рис. 2.1 та табл. 2.1) [7].

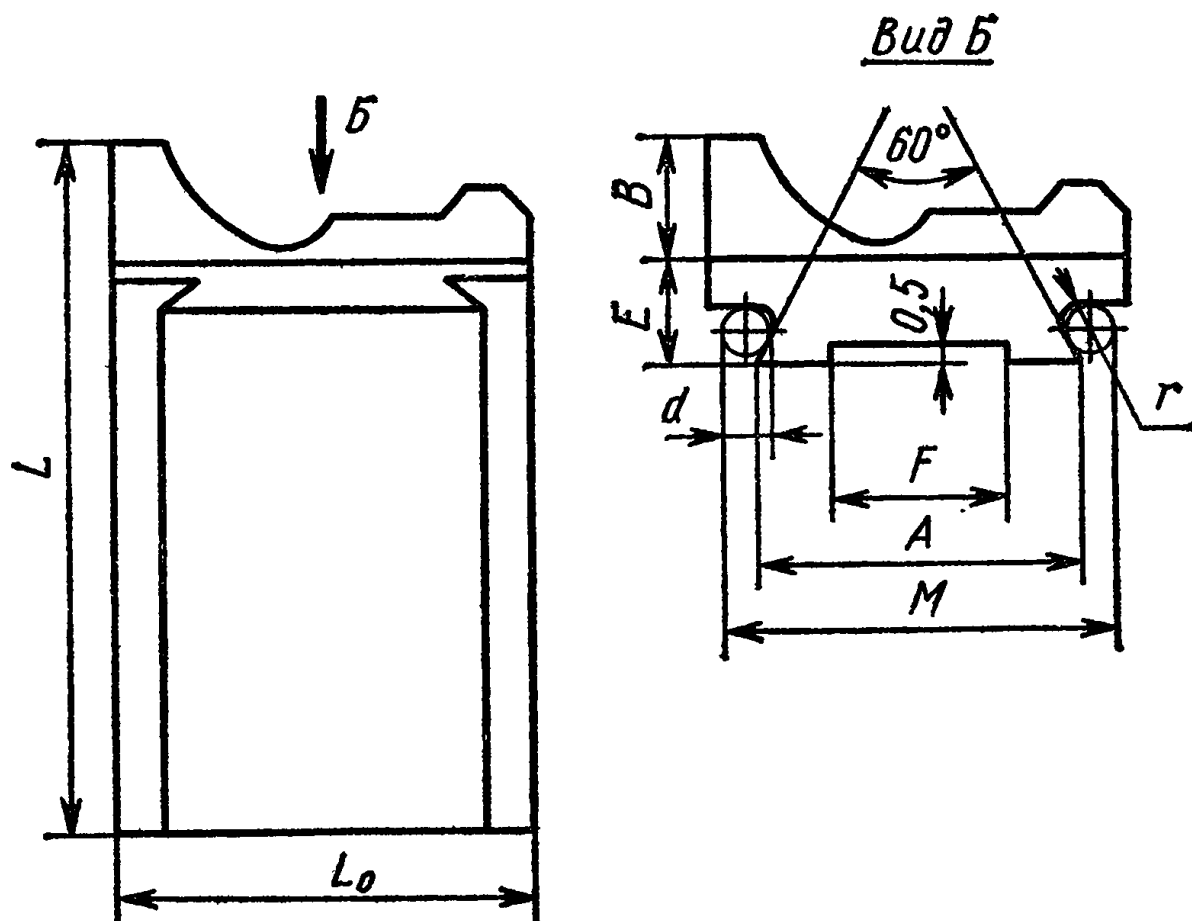


Рисунок 2.1 – Конструктивні розміри призматичного різця

Таблиця 2.1 – Розміри призматичних різців (в мм)

t	Розміри різця						Розміри хвостовика різця в залежності від діаметра ролика			
	B	L	E	A	F	r	d	M	d	M
До 4	9	75	4	15	7	0,5	4	21,31	3	18,577
Від 4 до 6	14	75	6	20	10	0,5	6	29,46	4	24,000
» 6 » 10	19	75	6	25	15	0,5	6	34,46	4	29,000
» 10 » 14	25	90	10	30	20	1,0	10	45,77	6	34,846
» 14 » 20	35	90	10	40	25	1,0	10	55,77	6	44,846
» 20 » 28	45	100	15	60	40	1,0	15	83,66	8	64,536

2.3. Побудова розрахункової схеми профілю призматичного різця

Із точки O_1 , яка являє собою на схемі вісь обертання деталі, будуюмо ряд концентричних окружностей, радіуси яких дорівнюють радіусам вузлових точок профілю деталі ($r_1, r_2, r_3 \dots$) (рис. 2.2).

Перетинання окружності мінімального радіусу r_{\min} з горизонтальною прямою визначає точку T' профілю деталі. Із точки T' під кутом γ до горизонтальної прямої проводимо пряму, яка являє собою на схемі передню поверхню різця. Всі інші вузлові точки ріжучої крайки різця визначаються як результат перетину сліду передньої поверхні різця з окружностями відповідних радіусів деталі (точки $T_1, T_2, T_3 \dots$).

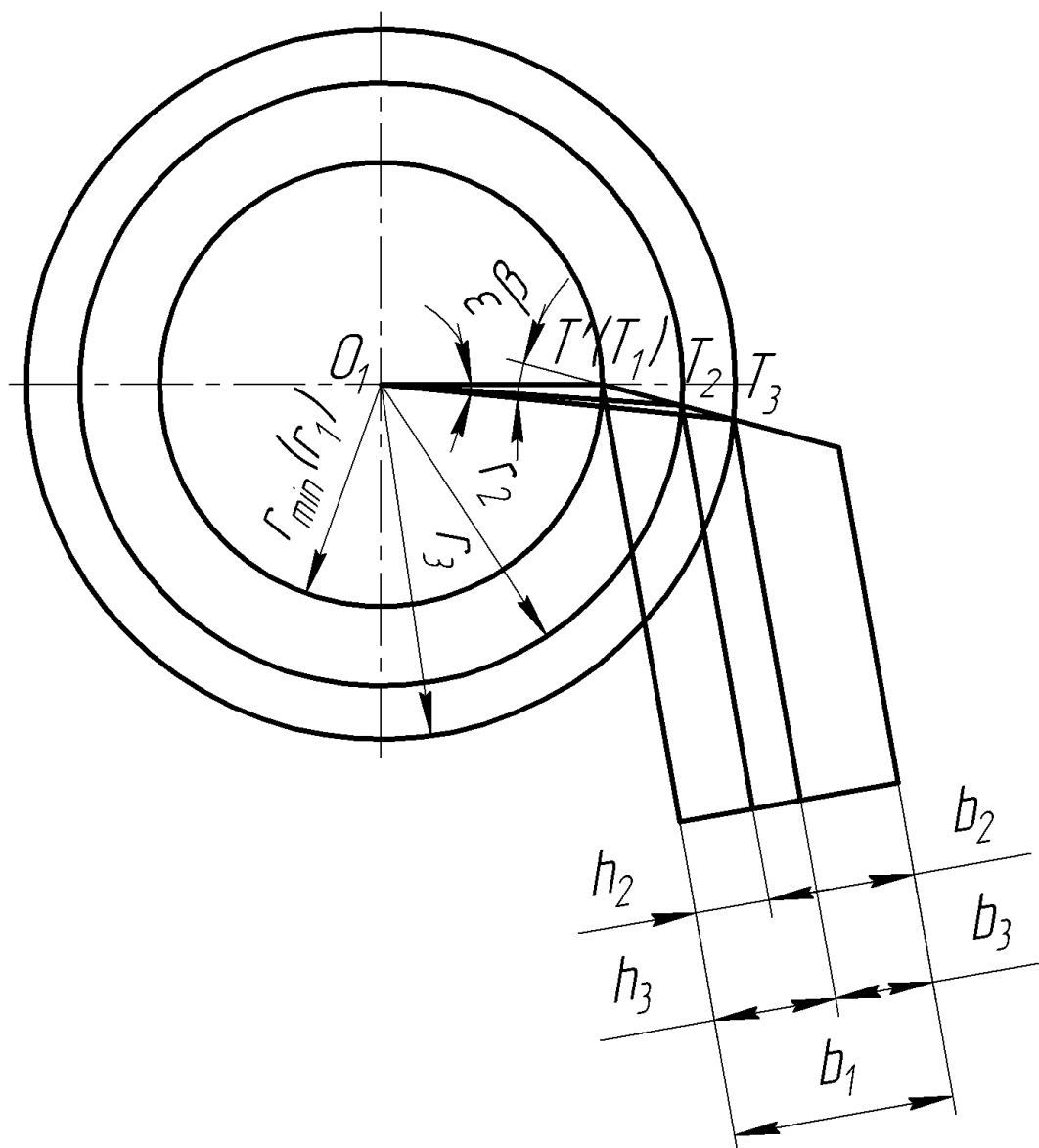


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема профілю призматичного різця

З'єднавши точки T_1, T_2, T_3, \dots з центром деталі O_1 та з точкою T' , отримаємо низку трикутників, у яких відомі сторона O_1T' , відрізки між точками T_1, T_2, T_3, \dots та центром деталі O_1 (за величиною рівними відповідним радіусам вузлових точок) та протилежний їм кут величиною $\pi - \gamma$. За теоремою синусів можна знайти кути $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$ між передньою поверхнею різця та радіусами, що відповідають точкам T_1, T_2, T_3, \dots . Для точки, що співпадає з точкою T' , кут $\beta = 0$.

Знаходимо останній невідомий кут $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$ кожного з означених вище трикутників як різницю між переднім кутом γ та відповідним кутом $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$. Знаючи радіуси r_1, r_2, r_3, \dots вузлових точок, відповідні їм кути $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots$ та величину r_{\min} відрізка O_1T' , розраховуємо за теоремою косинусів відстані від точок T_1, T_2, T_3, \dots до точок T' .

Проектуючи дані відрізки на площину, перпендикулярну задній поверхні різця у точку T' , знаходять відповідні висоти профілю h_1, h_2, h_3, \dots та відстані b_1, b_2, b_3, \dots до опорної поверхні різця, зважаючи на розмір B з табл. 2.1.

2.4. Корегувальний розрахунок профілю призматичного різця

Корегувальний розрахунок виконуємо у відповідності з рекомендаціями, що викладені в [2, 3, 5, 7, 14].

Розрахунки проводимо за допомогою програми [див. додаток А]. Початкові дані до розрахунку та назви змінних, що присутні у розрахунку наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Початкові дані та назви змінних програмного розрахунку призматичного фасонного різця

№ п/п	Назва	Розмірність	Позначка в літературі	Позначка в програмі
1	2	3	4	5
1	Кількість вузлових точок	шт.	N	n
2	Лічильник вузлових точок	–	i	i

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
3	Номінальні зовнішні діаметри у вузлових точках деталі	мм	d_{ni}	dn_i
4	Нижнє граничне відхилення зовнішнього діаметра	мм	es_i	es_i
5	Верхнє граничне відхилення зовнішнього діаметра	мм	ei_i	ei_i
6	Передній кут в точці з найменшим діаметром	°	γ	γ
7	Задній кут в точці з найменшим діаметром	°	α	α
8	Габаритна висота різця	мм	B	B
9	Середні діаметри у вузлових точках	мм	Dcp_i	ds_i
10	Середні радіуси у вузлових точках	мм	Rcp_i	r_i
11	Найменший радіус для вузлових точок деталі	мм	R_{min}	rm
12	Кут між площинами, що проходять через вісь деталі та точками на перетині передньої поверхні різця з колами, що відповідають даній вузловій точці та вузловій точці з найменшим радіусом	°	β_i	β_i
13	Кут між передньою поверхнею різця та площиною, що проходить через вісь деталі та точкою на перетині передньої поверхні різця з колом, що відповідає даній вузловій точці	°	ε_i	ε_i
14	Відстань між точками перетину передньої поверхні різця з колами, що відповідають даній вузловій точці та вузловій точці з найменшим радіусом	мм	A_i	a_i
15	Висота профілю різця у відповідній вузловій точці	мм	h_i	h_i
16	Відстань від точки профілю різця до його опорної поверхні	мм	b_i	b_i

Осьові розміри між вузловими точками профілю різця приймаються рівними відповідним розмірам між вузловими точками профілю деталі.

Розрахунок призматичного фасонного різця за допомогою спеціалізованого математичного пакету MathCAD.

1. Початкові данні для розрахунку

Кількість вузлових точок

$$n := 5 \quad i := 1..n$$

Номинальні діаметри, верхні та нижні відхилення розмірів у вузлових точках

$$dn_1 := 10 \quad es_1 := 0.025 \quad ei_1 := 0.010$$

$$dn_2 := 20 \quad es_2 := 0.015 \quad ei_2 := 0.002$$

$$dn_3 := 14 \quad es_3 := -0.006 \quad ei_3 := -0.017$$

$$dn_4 := 10 \quad es_4 := -0.006 \quad ei_4 := -0.017$$

$$dn_5 := 6 \quad es_5 := -0.006 \quad ei_5 := -0.017$$

Передній кут в точці з найменшим радіусом

$$\gamma := 20 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{360}$$

Задній кут в точці з найменшим радіусом

$$\alpha := 12 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{360}$$

Середні діаметри вузлових точок

$$ds_i := dn_i + 0.5 \cdot (es_i + ei_i)$$

Середні радіуси вузлових точок

$$r_i := \frac{ds_i}{2} \quad r = \begin{pmatrix} 5.009 \\ 10.004 \\ 6.994 \\ 4.994 \\ 2.994 \end{pmatrix}$$

Найменший радіус вузлової точки

$$rm := \min(r) \quad rm = 2.994$$

Корекційний розрахунок профіля різця

$$\beta_i := \arcsin\left(\frac{rm \cdot \sin(\pi - \gamma)}{r_i}\right)$$

$$\beta \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = \begin{pmatrix} 11.798 \\ 5.875 \\ 8.419 \\ 11.833 \\ 20 \end{pmatrix}$$

$$\epsilon_1 := \gamma - \beta_1$$

$$\epsilon \cdot \frac{360}{2 \cdot \pi} = \begin{pmatrix} 8.202 \\ 14.125 \\ 11.581 \\ 8.167 \\ -9.542 \times 10^{-15} \end{pmatrix}$$

$$a_1 := \sqrt{r_m^2 + (r_1)^2 - 2 \cdot r_m \cdot r_1 \cdot \cos(\epsilon_1)}$$

$$a = \begin{pmatrix} 2.089 \\ 7.138 \\ 4.105 \\ 2.074 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$h_1 := a_1 \cdot \cos(\gamma + \alpha)$$

$$h = \begin{pmatrix} 1.772 \\ 6.053 \\ 3.481 \\ 1.759 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Габаритна висота різця

$$B1 := \text{if}(\max(h) < 4, 9, 100)$$

$$B2 := \text{if}(\max(h) < 6, 14, 100)$$

$$B3 := \text{if}(\max(h) < 10, 19, 100)$$

$$B4 := \text{if}(\max(h) < 14, 25, 100)$$

$$B5 := \text{if}(\max(h) < 20, 35, 45)$$

$$B := \min(B1, B2, B3, B4, B5)$$

$$B = 19$$

Креслярські розміри

$$b_1 := \text{round}(B - h_1, 2)$$

$$h_1 := \text{round}(h_1, 2)$$

$$b = \begin{pmatrix} 17.23 \\ 12.95 \\ 15.52 \\ 17.24 \\ 19 \end{pmatrix}$$

$$h = \begin{pmatrix} 1.77 \\ 6.05 \\ 3.48 \\ 1.76 \\ 0 \end{pmatrix}$$

2.5. Розробка робочого креслення призматичного фасонного різця

Робоче креслення виконуємо у відповідності з рекомендаціями, що викладені в [1].

Для правильної орієнтації фасонного профілю в процесі шліфування і досягнення необхідної точності обробки різця вказуються висоти крайніх поверхонь з допусками і прив'язкою до базових опорних поверхонь.

Основні розміри, які вказуються на робочому кресленні: габаритні розміри, розміри хвостової частини, розміри крайніх поверхонь профілю, глибина і кут заточування.

На робочому кресленні вказуються необхідні допуски, шорсткість обробки, марка сталі і твердість після термообробки, маркування і місце його розташування.

Допуски на висотні розміри профілю різця у розрахункових точках призначаємо у розмірі $1/2$ від поля допуску відповідних діаметральних розмірів деталі. Номінальні лінійні розміри профілю різця відповідають номінальним лінійним розмірам профілю деталі.

2.6. Проектування державки призматичного фасонного різця

Кріплення призматичних різців 3 в корпусі 2 спеціальних державок відбувається зазвичай за допомогою «ластівчиного хвоста» гвинтами 6 через затискну накладку 5 (рис. 2.3).

Розміри «ластівчиного хвоста» вибираються конструктивно в залежності від параметрів фасонного профілю. Встановлення різця по висоті здійснюється за допомогою регулюючого гвинта 4 або шпильки, що закручуються з протилежної торцевої сторони різця. При цьому за рахунок додаткової опори призматичний різець має більш жорстку установку [16].

Сама різцева державка для призматичного різця закріплюється за допомогою гвинтів 1, що закручуються у шпонки 7, встановленні в пазу супорта верстата.

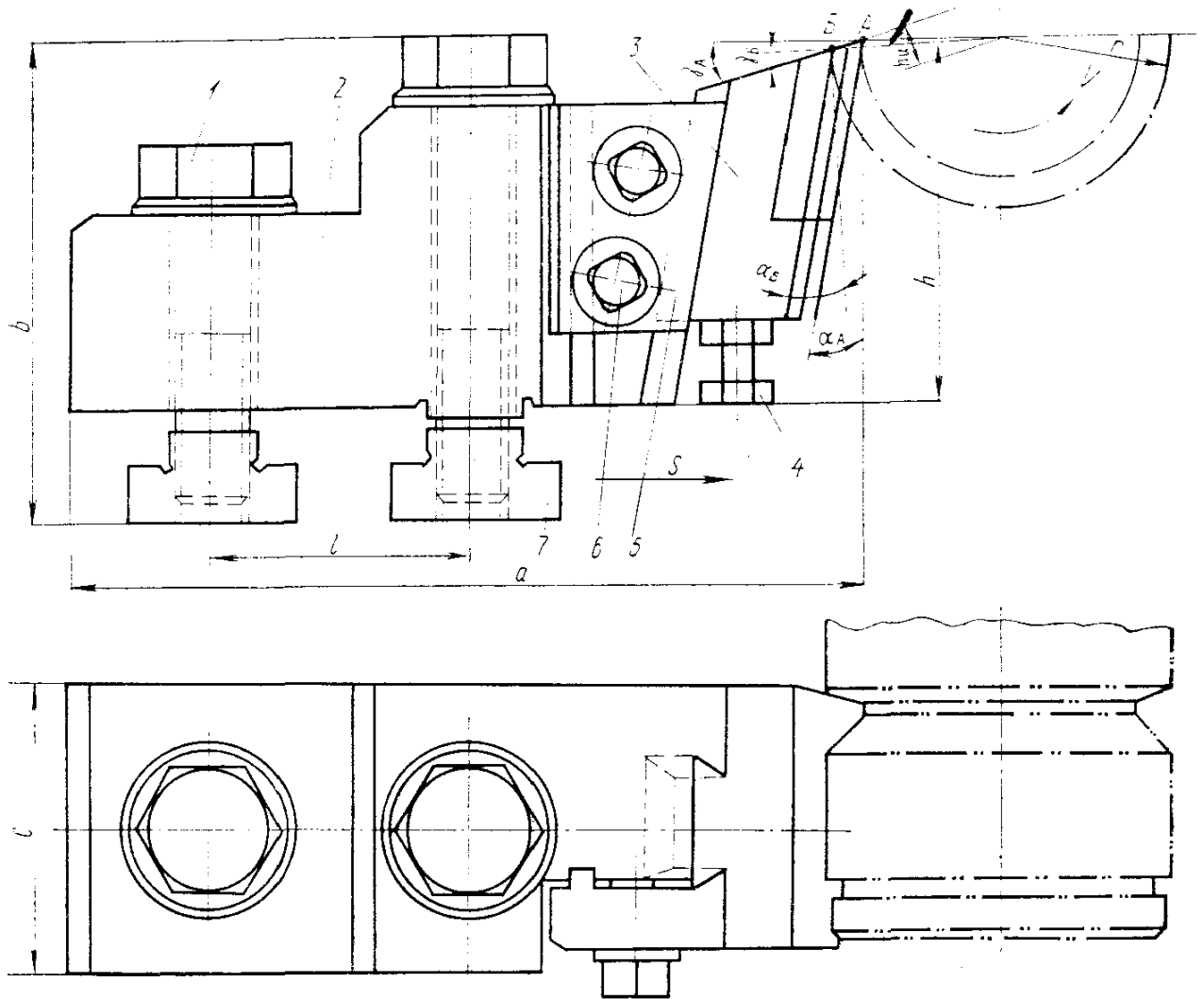


Рисунок 2.3 – Державка призматичного фасонного різця

Таким чином, конструкція державки призматичного фасонного різця дозволяє встановлювати на безпосередньо сам призматичний фасонний різець, забезпечуючи можливість виконання операцій точіння деталей обертання, які мають складний профіль.

ВИСНОВКИ

З аналізу інформаційних джерел виходить декілька тверджень: по-перше на промислових підприємствах залишаються технологічні задачі, для вирішення яких застосовують фасонний інструмент; по-друге з фасонних токарних різців більш розповсюдженими є призматичні та круглі фасонні різці, менш розповсюджені обкатувальні та тангенціальні.

Перевагами обробки фасонним інструментом, в тому числі й призматичними фасонними різцями, є отримання за один робочий хід зразу усього фасонного профілю деталі. Це прискорює час виконання, спрощує кінематику процесу обробки та забезпечує необхідну якість обробки, а саме геометричну точність фасонного профілю деталі.

Особливістю процесу обробки деталей круглого профілю фасонним призматичним інструментом є різання усіма точками фасонного профільного різального леза одночасно. Оскільки кінематика процесу різання фасонним інструментом передбачає наявність головного обертального руху деталі та прямолінійного руху подачі, то саме цей фактор впливає на спрощення кінематики процесу та дозволяє підвищує якість обробки.

Однак застосування для процесу обробки фасонних різців має і певні негативні наслідки: значно більші сили різання, через одночасну обробку усього профілю заготовки, що збільшує навантаження на виконавчі органи верстату; можливі несприятливі умови збігання зливної стружки, шари якої через особливості фасонного профілю можуть заважати один одному. Тому реалізація операцій точіння фасонним тангенціальним різцем потребує потужного верстатного обладнання з необхідною жорсткістю виконавчих органів.

До того ж, процес проектування, виготовлення та забезпечення працездатної різальної кромки фасонного інструменту має вищу складність, чим звичайних універсальних токарних різців з лінійними або коловими різальними кромками.

Фасонні різці застосовуються для обробки поверхонь складного профілю на верстатах токарної групи в умовах виробництва деталей великих партій. Як правило, вони є спеціальними інструментами, призначеними для обробки однієї деталі. Переваги фасонних різців – ідентичність оброблених деталей, великий термін служби, висока загальна і розмірна стійкість, суміщення попередньої і фінішної обробок, простота встановлення та налагодження на верстаті – роблять їх незамінними в автоматизованому виробництві, особливо на токарних автоматах.

Доцільність застосування призматичного фасонного інструменту при обробці деталей складного зовнішнього фасонного профілю зростає при зростанні кількості деталей у партій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
2. Грановский Г.И. Фасонные резцы /Г.И. Грановский, К.П. Панченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 307 с.
3. Дарманчев С.К. Фасонные резцы /С.К. Дамарчев. – Л.: Машиностроение, 1968 – 168 с.
4. ДСТУ 2233:2021. Інструменти різальні. Терміни та визначення понять. – [На заміну ДСТУ 2233-93 ; чинний від 2022-09-01]. – Вид. офіц. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 38 с.
5. Зубовецька Н. Т. Проектування та технологія виготовлення металорізальних інструментів [Електронний ресурс] : Посібник / Н. Т. Зубовецька.– Луцьк, 2018 р.
6. Ігнат'єв, Е. С. Основні тенденції розвитку сучасного різучого інструменту / Е. С. Ігнат'єв, О. В. Лисенко // Наукові записки : зб. наук. пр. - Кіровоград : КНТУ, 2011. - Вип. 11, ч. 1. - С. 221-225.
7. Кирсанов Г.Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г.Н. Кирсанов и др. - М.: Машиностроение, 1986.- 288 с.
8. Металорізальні інструменти: навчальний посібник / С. В. Швець. – Суми: Сумський державний університет, 2019. – 272 с.
9. Проектування та виробництво різального інструмента : метод. рекомендації до виконання практ. роб. для студ. спец. 131 - Прикладна механіка та 133 - Галузеве машинобудування / [уклад. : О. В. Лисенко, П. М. Єр'омін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. металорізальних верстатів та систем. - Кропивницький : ЦНТУ , 2020. - 48 с.

10.Різальний інструмент : метод. вказівки до викон. курсового проекту для студ. напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка", спец. 131 "Прикладна механіка" та 133 "Галузеве машинобудування" / [уклад. О. В. Лисенко, В. М. Лисенко] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. металорізальних верстатів та систем. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 96 с.

11.Різальний інструмент [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Л.М. Данилова, С.В. Лапковський, В.П. Приходько –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 147 с.

12.Справочник технолога – машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М: Машиностроение, 1985. – Т.1 – 496 с.; Т.2 - 496 с.

13.Справочник технолога-машиностроителя. В 2. Том 2. Под ред. д-ра техн. наук проф. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.

14.Стискін Г.М. та ін. Інструменти для механічної обробки матеріалів. – Львів, 2000.– 497 с.

15.Филиппов, Г.В. Режущий инструмент / Г.В. Филиппов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд.-е, 1981. – 392 с.

16.Фрумин, Ю.А. Комплексное проектирование инструментальной оснастки / Ю.А. Фрумин. – М.: Машиностроение, 1987. – 344 с.

17.Хаэт, Г.Л. Сборный твердосплавный инструмент / Г.Л. Хаэт, В.М. Гах, В.С. Губенко. – М.: Машиностроение, 1989. – 254 с.

18.Iscar tools. Turning tools. – 2002.– 810 с.

19.Sandvic Coromant. Выбор токарного инструмента и режимов резания. – 1978. – 57с.

20.Sandvic Coromant. Corokey: Руководство по выбору инструмента. Точение – фрезерование – сверление. – 1998. –N4. – 169 с.

21.TaeguTec. Токарная обработка.– 2022.– 360 с.

