

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського”

В.І. Солодкий, О.А. Плівак

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Частина I та II

*Рекомендовано Методичною радою
КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за технічними спеціальностями*

КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ – 2018

Рецензенти: Пермяков О.А. – д.т.н., проф., завідувач кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів НТУ "ХПІ".

Кліменко С.А. – д.т.н., проф., заступник директора інституту надтвердих матеріалів ім. Б.М. Бакуля НАН України

Відповідальний редактор: Равська Наталія Сергіївна д.т.н., проф.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 29.03.2018 р) за поданням Вченої ради ММІ (протокол № 6 від 29.01.2018 р.)

Електронне мережне навчальне видання

*Солодкий Валерій Іванович, канд. техн. наук, доц.
Плівак Олександр Анатолійович, інж., зав. лаб. технічних
вимірювань*

**РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
Частина I та II**

Різальний інструмент: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей / В.І. Солодкий, О.А. Плівак: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,83 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 278 с.

У посібнику розглянуті питання конструктивних та геометричних параметрів різального інструменту. Описані конструктивні особливості кожного інструменту та галузь його застосування. Наведено методи вимірювання геометричних параметрів основних елементів інструменту. Подані додаткові відомості про інструмент та приклади спеціальних конструкцій.

В.І. Солодкий, О.А. Плівак, 2018
КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

ДО СТУДЕНТА

Матеріал, викладений у посібнику, охоплює основні типи стандартного металорізального інструменту, який застосовують у загальному машинобудуванні кінця ХХ початку ХХІ століть.

За тематикою матеріал розташовано від простого до складного та передбачає вивчення загальних конструкцій і вимір головних геометричних параметрів різальної частини інструменту.

ДО ВИКЛАДАЧА

З методологічної точки зору посібник поділено на дві умовні частини.

Перша – охоплює історію, засоби вимірювання та термінологію відповідно до діючих стандартів.

Друга – безпосереднє вивчення різальних інструментів загального застосування.

На думку авторів такий розподіл сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

ВІД АВТОРІВ

В основу викладеного матеріалу покладений багаторічний досвід особистого проведення лабораторних та практичних занять.

Під час написання посібника, велику уваги було приділено детальному опису вимірювальних пристроїв та роботи з ними. Автори умисно оминали комп'ютеризовані системи, зосередившись на стандартних загально-відомих засобах вимірювання.

Розділ термінології майже дослівно цитує діючі державні стандарти. Але в окремих випадках додані більш детальні пояснення, що сприяють засвоєнню матеріалу.

Розділи додаткових відомостей, що є кінцевими для більшості інструментів надають відомості про окремі особливі риси інструменту та його передові конструкції.

*Україна
Київ, 2018*

*В.І. Солодкий
О.А. Плівак*

Зміст

ЧАСТИНА I

Загальні питання	16
1 ІСТОРІЯ ІНСТРУМЕНТУ	17
2 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ	23
2.1 Безпека перед початком роботи	24
2.2 Безпека під час роботи	24
2.3 Аварійні ситуації	25
2.4 Закінчення роботи	26
3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	27
3.1 Загальні положення	27
3.2 Кінематичні елементи	27
3.3 Системи координат	30
3.4 Координатні площини	31
3.5 Характеристики зрізуваного шару	31
3.6 Елементи леза	32
4 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ	42
4.1 Кутомір Семенова	42
4.2 Кутомір Бабчиніцера	45
4.3 Кутомір маятниковий	46
4.3.1 Переваги маятникового кутоміру.	46
4.3.2 Недоліки маятникового кутоміру.	46
4.4 Штангенциркуль	46
4.5 Штангензубомір	51
4.5.1 Принцип роботи	51
4.5.2 Технічні характеристики	51
4.5.3 Послідовність роботи	51
4.6 Ноніус	53

ЧАСТИНА II	
Конструкція інструменту	56
5 РІЗЦІ ТОКАРНІ	57
5.1 Теоретичні відомості	57
5.1.1 Конструктивні елементи	57
5.1.2 Типи різців	59
5.1.3 Нормувальні площини	62
5.1.4 Кути різця	65
5.2 Дослідна частина	67
5.2.1 Конструктивні параметри	67
5.2.2 Поновлення працездатності	71
5.3 Контрольні питання	76
5.4 Додаткові відомості	78
6 СВЕРДЛА	87
6.1 Теоретичні відомості	87
6.1.1 Конструктивні елементи	87
6.1.2 Різальна частина	89
6.1.3 Геометричні параметри	92
6.2 Дослідна частина	94
6.2.1 Конструктивні параметри	96
6.2.2 Поновлення працездатності	102
6.3 Контрольні питання	107
6.4 Додаткові відомості	109
7 ЗЕНКЕР	112
7.1 Теоретичні відомості	112
7.1.1 Призначення	112
7.1.2 Конструктивні елементи	113
7.1.3 Схема роботи	118
7.1.4 Геометричні параметри	120
7.2 Дослідна частина	122
7.2.1 Конструктивні параметри	124
7.2.2 Поновлення працездатності	124
7.3 Контрольні питання	128

7.4	Додаткові відомості	130
8	РОЗВЕРТКИ	132
8.1	Теоретичні відомості	132
8.1.1	Конструктивні елементи	132
8.1.2	Типи розверток	135
8.1.3	Робоча частина	137
8.1.4	Геометричні параметри	141
8.1.5	Допуск на виготовлення	143
8.2	Розвертки спеціальні	143
8.2.1	Розвертки регульовані	143
8.2.2	Торцеві розвертки.	146
8.2.3	Конічні розвертки	146
8.3	Дослідна частина	148
8.3.1	Конструкція інструменту	149
8.3.2	Поновлення працездатності	150
8.4	Контрольні питання	152
8.5	Додаткові відомості	155
9	МІТЧИКИ	157
9.1	Теоретичні відомості	157
9.1.1	Принцип дії	158
9.1.2	Конструктивні елементи	159
9.1.3	Геометричні параметри	162
9.1.4	Типи мітчиків	165
9.2	Дослідна частина	167
9.2.1	Конструкція інструменту	170
9.2.2	Поновлення працездатності	173
9.3	Контрольні питання	174
9.4	Додаткові відомості	177
10	ПЛАШКИ	180
10.1	Теоретичні відомості	180
10.1.1	Конструктивні елементи	180
10.1.2	Геометричні параметри	184
10.1.3	Різьбонарізні головки	188

10.2	Дослідна частина	191
10.2.1	Конструкція інструменту	192
10.2.2	Поновлення працездатності	194
10.3	Контрольні питання	196
10.4	Додаткові відомості	198
11	ПРОТЯЖКИ	200
11.1	Теоретичні відомості	200
11.1.1	Принцип роботи	200
11.1.2	Конструктивні елементи	201
11.1.3	Схеми різання	205
11.1.4	Зуби протяжки	209
11.1.5	Шліцьові протяжки	211
11.1.6	Шпонкові протяжки	212
11.2	Дослідна частина	213
11.2.1	Конструкція інструменту	214
11.2.2	Поновлення працездатності	215
11.3	Контрольні питання	216
11.4	Додаткові відомості	220
12	ФРЕЗИ	223
12.1	Теоретичні відомості	223
12.1.1	Типи фрез	223
12.1.2	Конструктивні елементи	234
12.1.3	Геометричні параметри	237
12.2	Дослідна частина	238
12.2.1	Конструкція інструменту	239
12.2.2	Поновлення працездатності	244
12.3	Контрольні питання	246
12.4	Додаткові відомості	249
13	ФРЕЗИ ЧЕРВ'ЯЧНІ	253
13.1	Теоретичні відомості	253
13.1.1	Принцип роботи	254
13.1.2	Конструктивні елементи	254
13.1.3	Геометричні параметри	260

13.2	Дослідна частина	261
13.2.1	Конструкція інструменту	262
13.2.2	Поновлення працездатності	266
13.3	Контрольні питання	267
13.4	Додаткові відомості	269

Перелік ілюстрацій

1.1	Давні часи	17
1.2	Тейлор Ф.У.	17
1.3	Нартов А.С.	18
1.4	Верстат Нартова	18
1.5	Модслі Г.	19
1.6	Верстат Модслі	19
1.7	Зворикін К.О.	20
1.8	Термопара професора Усачова	21
1.9	Родін П.Р.	21
3.1	Елементи різання	34
3.2	Токарський різець	35
3.3	Швидкості та напрями різання	36
3.4	Статична система координат	37
3.5	Кінематична система координат	38
3.6	Кути різання. Статична система координат	39
3.7	Кути різання. Кінематична система координат	40
4.1	Кутомір Семенова	43
4.2	Застосування кутоміру Семенова	44
4.3	Варіанти вимірювання кутоміром Семенова	44
4.4	Кутомір Бабчиніцера	45
4.5	Маятниковий кутомір	47
4.6	Штангенциркуль	48
4.7	Сучасні штангенциркулі	50
4.8	Штангензубомір	52
4.9	Педро Нуніш	53
4.10	Ноніуси	55
5.1	Поверхні та рухи	57
5.2	Елементи різця	58
5.3	Різці прохідні та підрізні	59
5.4	Різці розточні	59
5.5	Різці канавкові та різьбові	61
5.6	Різці ліві/праві	61
5.7	Основні геометричні параметри різця	63

5.8	Лезо різця в статичній системі координат	64
5.9	Напрямок сходу стружки	66
5.10	Кути у плані	68
5.11	Передній та задній кути	70
5.12	Заточування різців	71
5.13	Ескіз різця (приклад)	75
5.14	P-тип	80
5.15	C-тип	80
5.16	S-тип	81
5.17	M-тип	81
6.1	Конструктивні елементи свердла	88
6.2	Різальна частина свердла	90
6.3	Геометрія свердла	91
6.4	Вплив кута при вершині	93
6.5	Геометрія різальної кромки	95
6.6	Вимірювання переднього кута	97
6.7	Вимірювання свердла	98
6.8	Вимірювання заднього кута	99
6.9	Задній кут	101
6.10	Загострення свердла	102
6.11	Ескіз свердла	108
7.1	Типи зенкерів	113
7.2	Цільний зенкер	114
7.3	Різальна частина зенкера	115
7.4	Насадний зенкер	117
7.5	Оправка насадного зенкера	117
7.6	Торцевий переріз зенкеру	118
7.7	Схема роботи зенкера	119
7.8	Геометричні параметри зенкеру	121
7.9	Вимірювання геометрії зенкеру	123
7.10	Заточування зенкера	125
7.11	Ескіз насадного зенкеру	129
8.1	Розвертка стандартна	133
8.2	Типи розверток	134
8.3	Робоча частина розвертки	136

8.4	Вороток	137
8.5	Заборний конус	138
8.6	Стружкові канавки розвертки	140
8.7	Кутовий крок зубців розвертки	141
8.8	Задній кут розвертки	142
8.9	Допуски на розвертку	144
8.10	Розвертка регульована розжимна	145
8.11	Розвертка регульована розсувна	145
8.12	Розвертка торцева регульована	146
8.13	Комплект конічних розверток	147
8.14	Вимірювання кутів розвертки	150
8.15	Установка розвертки	151
8.16	Ескіз розвертки	154
9.1	Мітчик стандартний	157
9.2	Комплект мітчиків	159
9.3	Схема утворення різьби	159
9.4	Заборна частина мітчика	160
9.5	Деталь та мітчик	161
9.6	Задні кути	162
9.7	Затилювання мітчика	163
9.8	Машинний та ручний мітчики	165
9.9	Гвинтові канавки мітчика	166
9.10	Укорочена канавка	166
9.11	Прямий гайкових мітчик	168
9.12	Г-подібний гайковий мітчик	168
9.13	Мітчик через крок	169
9.14	Стенд вимірювання мітчика	169
9.15	Вимірювання заднього кута мітчика	171
9.16	Установка мітчика	173
9.17	Ескіз мітчика	176
9.18	Робота мітчиком	177
9.19	Мітчик з конічною різьбою зборного конуса	177
9.20	Сучасні мітчики	178
9.21	Свердло-мітчик	178
9.22	Вороток для мітчика	178

10.1	Стандартна плашка	180
10.2	Робота воротком	180
10.3	Плашка	181
10.4	Зубці плашки	182
10.5	Плашка у плашкотримачі	183
10.6	Різальний елемент плашки	185
10.7	Геометрія плашки	186
10.8	Заточування заборного конусу	187
10.9	Головка різенарізна (тангенціальна)	189
10.10	Радіальна кругла головка	190
10.11	Радіальна кругла плашка	190
10.12	Радіальна призматична головка	190
10.13	Комплект радіальних плашок	190
10.14	Тангенціальна головка	191
10.15	Комплект тангенціальних плашок	191
10.16	Передній кут плашки	193
10.17	Заточування передньої поверхні	195
10.18	Ескіз плашки	197
11.1	Протяжка та прошивка	200
11.2	Принцип роботи протяжки	201
11.3	Елементи протяжки	203
11.4	Схеми різання	205
11.5	Розділення стружки канавками	206
11.6	Групова протяжка	206
11.7	Група із трьох зубців	207
11.8	Групова кругла протяжка	208
11.9	Форма канавки зуба	209
11.10	Різальні зуби	210
11.11	Калібрувальні зуби	210
11.12	Переточування зубців	210
11.13	Шліцьова протяжка	211
11.14	Шпонкова протяжка	212
11.15	Заточування протяжки	215
11.16	Ескіз шпонкової протяжки	218
11.17	Ескіз круглої протяжки	219

12.1 Фрези циліндричні	223
12.2 Застосування фрез	224
12.3 Фрези основні типи	226
12.5 Фрези прорізні	227
12.4 Типи дискових фрез	228
12.6 Фасонні фрези	229
12.7 Фрези кінцеві	230
12.8 Фреза шпонкова	231
12.9 Фрези кінцеві	232
12.10 Фреза шпонкова	232
12.11 Т-подібна фреза	233
12.12 Гострозаточений зуб	235
12.13 Гострозаточені та затиловані фрези	236
12.14 Затилування	236
12.15 Задній кут фрези	241
12.16 Побудова затиловочної кривої	242
12.17 Установка фрези	245
12.18 Ескіз шпонкової фрези	247
12.19 Ескіз кінцевої фрези	248
13.1 Зубофрезерний верстат	253
13.2 Черв'ячна фреза	254
13.3 Конструктивні параметри	255
13.4 Основні черв'яки	256
13.5 Параметри профілю	257
13.6 Подвійне затилування	259
13.7 Висота зуба в нормальному перерізі	263
13.8 Нормальний крок	264
13.9 Вимірювання затилування	265
13.10 Передній кут фрези	266
13.11 Заточування черв'ячних фрез	266
13.12 Ескіз черв'ячної фрези	268

Перелік прикладів

4.1	Приклад (Вимір кута)	42
4.2	Приклад (Вимір кута)	42
5.1	Приклад (Заточування різця 1)	72
5.2	Приклад (Заточування різця 2)	73
6.1	Приклад (Задній кут свердла)	101
6.2	Приклад (Заточування свердла)	105
7.1	Приклад (Зенкер у центрах)	126
7.2	Приклад (Зенкер у головці)	127
8.1	Приклад (Заточування розвертки)	151
9.1	Приклад (Величина затилування)	164
9.2	Приклад (Задній кут мітчика)	172
9.3	Приклад (Установка мітчика)	174
10.1	Приклад (Величина затилування плашки)	187
10.2	Приклад (Передній кут плашки)	194
11.1	Приклад (Заточування протяжки)	216
12.1	Приклад (Фрези. Затилування)	238
12.2	Приклад (Заміна спіралі Архімеда)	243

Перелік таблиць

13.1	Процес затилування	258
------	------------------------------	-----

ЧАСТИНА І

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ

1 ІСТОРІЯ ІНСТРУМЕНТУ

Історія розвитку металорізальних інструментів невід’ємна від історії цивілізації (рис. 1.1).



Рис. 1.1: Давні часи

Особливо інтенсивний розвиток металорізальні інструменти отримали в кінці XIX на початку XX століття [1, 2]. З одного боку це пов’язано з бурхливим розвитком машинобудівного виробництва та з усе зростаючими потребами в точному продуктивному інструменті, з іншої – з розвитком науки про різання металів.

Сучасне інструментальне виробництво зобов’язано своїм розвитком американському інженеру Тейлору Фредеріку Уїнслоу¹ (рис.1.2) який працював на межі XIX та XX століть [3].

Тейлор був першим хто застосував більш-менше наукові принципи в організації інструментального забезпечення виробництва. В часи Тейлора ніяких “нормативів” не існувало. Кожний робітник сам вирішував, як обробляти деталь і скільки часу на це потрібно. Одним словом – як хотів, так і робив. Тейлор запровадив те, що у сучасному виробництві називають нормативами різання та часу².



Рис. 1.2: Тейлор Ф.У.

¹Тейлор Ф.У. (20.03.1856 – 21.03.1915 р.) Президент Американської спілки інженерів-механіків. Засновник “Спілки сприяння науковому менеджменту”.

²За що був зненавиджений тодішніми профспілками та робітниками, котрі не дуже переймались працею.

Треба розуміти, що рівень розвитку техніки (а загалом і рівень життя) залежать від того, яким інструментом користуються на виробництві. Адже все, що створено навколо нас зроблено за допомогою інструменту. Не має значення що це, автомобіль чи кулькова ручка. Навіть для виготовлення верстатів, котрі виготовляють верстати, потрібен інструмент.

Оброблення матеріалів різанням відоме вже більше трьох тисяч років. Перші верстати для оброблення різанням приводилися в рух людиною. Їх застосовували ще в стародавньому Єгипті.



Рис. 1.4: Верстат Нартова

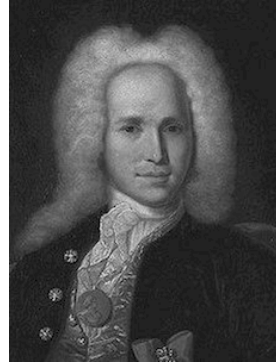


Рис. 1.3: Нартов А.С.

Верстати з водяним приводом для свердління зброярських стволів використовували в XVIII ст. на тульських збройових заводах. Час свердління складав 40-50 годин. У Петербурзі для такої ж операції використовували коней.

На початку XVIII ст. у 1712 році російський винахідник А.К. Нартов³ (рис. 1.3) створив самохідний супорт і прообраз сучасного токарного верстата (рис. 1.4). Верстати А.С. Нартова, створені в 1712-1729 рр., збереглися

³ Андрій Константинович Нартов (1693 – 1756) - російський учений, механік і скульптор, статський радник, член Академії наук (1723 – 1756), винахідник першого у світі токарно-гвинторізного верстата з механізованим супортом і набором змінних зубчастих коліс.

до нашого часу в Санкт-Петербурзькому музеї “Ермітаж” та в Паризькому національному музеї мистецтва і ремесел.

У 1794 р. 23-річний англієць Г.Модслі⁴ (рис. 1.5) створив супорт, який за допомогою гвинтів переміщується в двох напрямках (рис. 1.6). Шедевром стала створена Модслі верстатна автоматична лінія для обробки дерев'яних корабельних блоків.

У ХІХ ст. в якості приводу почали використовувати парові машини, створені Джеймсом Уаттом⁵. Однією з найскладніших задач у виготовленні цієї машини виявилось розточування відлитих циліндрів.



Рис. 1.5: Модслі Г.

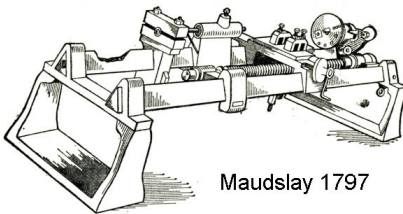


Рис. 1.6: Верстат Модслі

Ця проблема, кінець кінцем, була розв'язана, коли Джон Уілкінсон винайшов горизонтально-розточувальний верстат, що дозволило Дж.Уатту перейти до промислового виробництва парових машин.

Обробка металів різанням в тому вигляді, в якому вона нам відома тепер, розпочинається з впровадження цього верстата. Дослідження фізики процесів різання металів почалося 100 років тому.

⁴Генрі Модслі (англ. *Henry Maudslay*; 22 серпня 1771 року - 14 лютого 1831 року) – британський винахідник інструментів, штампів і верстатів, вважається одним з творців токарно-гвинторізного верстата.

⁵Джеймс Уатт (англ. *James Watt*; 19 січня 1736 – 19 серпня 1819) – шотландський інженер, винахідник-механік. Член Единбурзького королівського суспільства (1784), Лондонського королівського суспільства (1785), Паризької академії наук (1814)[1]. Ввів першу одиницю потужності - кінську силу. Його ім'ям названа одиниця потужності – ват.

У царській Росії основоположником наукового різання металів є професор Петербурзького гірського інституту Іван Августович Тіме, який в другій половині XIX ст. на Луганському заводі досліджував усі найважливіші питання стружкоутворення під час оброблення пластичних і крихких матеріалів.

Подальший розвиток вітчизняна теорія різання отримала наприкінці XIX ст. в роботах проф. К.О. Зворикіна⁶ (рис. 1.7), який в 1893 р. визначив систему сил, що діють на контактних поверхнях інструменту.



Рис. 1.7: Зворикін К.О.

Запропонована К.О. Зворикіним схема сил, з доповненнями зробленими проф. С.С. Рудником, дійсна і в теперішній час.

Новий напрям в дослідженні процесу різання металів був окреслений майстром-механіком Петербурзького політехнічного інституту Я.Г. Усачовим на початку XX ст.

Якщо І.А. Тіме і К.А. Зворикін – основоположники механіки процесу різання, то Я.Г. Усачов⁷ – основоположник фізики різання металів. Він уперше застосував мікроскоп для вивчення процесу різання металів, що дозволило йому довести існування окрім "площини сколювання" ще і "площини ковзання" у процесі різання.

⁶Костянтин Олексійович Зворикін (25 березня 1861, Муром — 7 липня 1928, Київ) – професор; декан механічного факультету (1898–1904), ректор Київського політехнічного інституту (1904-1905); завідувач науково-дослідної кафедри механічної технології (1922-1927).

⁷Яків Григорович Усачов (17 жовтня 1873 – 28 жовтня 1941 р). Народився в селі Микільське Курського повіту Курської губернії в сім'ї селянина. Закінчив три класи сільської школи, Самоучки опанував вищу математику, фізику. Основна наукова праця – “Явления, которые происходят при резании металлов”. – Пг.: тип. Р.Г. Шредера, 1915.

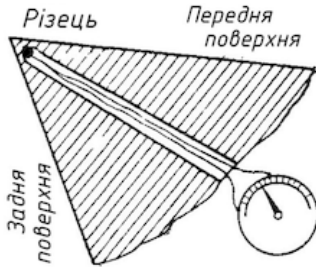


Рис. 1.8: Термопара професора Усачова

Усачов перший розробив методи виміру температур на поверхнях різця (рис. 1.8) і експериментально визначив залежність температури від основних параметрів процесу різання; він створив теорію утворення наросту, встановив явище наклепання обробленої поверхні.

Наука про різання металів найуспішніше почала розвиватися у ХХ ст. У 1935 р. була створена Комісія з різання металів. Під її керівництвом впродовж п'яти років проводилися експериментальні і теоретичні дослідження процесу різання, в якому брали участь науково-дослідні інститути, заводські лабораторії і передові робітники. На підставі цих досліджень були розроблені найбільш ефективні конструкції різальних інструментів.

У теперішній час наука про інструментальне виробництво трансформувалась в науку про формування поверхонь деталей. Засновником цього напрямку став проф. П.Р. Родін⁸ (рис. 1.9).

Праця проф. Родіна “Основы формообразования поверхностей резанием” поклала початок теоретичним основам оброблення деталей складного профілю [4]. У книзі розглянуті способи утворення і визначення початкових інструментальних поверхонь та принципи проектування на їх основі високопродуктивного металорізального інструменту.

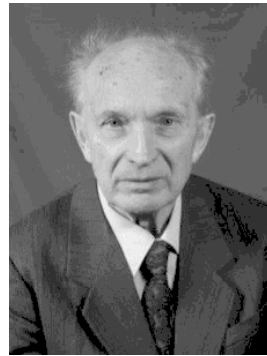


Рис. 1.9: Родін П.Р.

⁸Родін Петро Родіонович (1922 – 2007 рр.). З 1978 по 1991 – завідувач кафедрою “Інструментальне виробництво” Київського політехнічного інституту.

Роботи Родіна П. були визнані за межами України. Навчальний посібник “Проектирование и производство режущего инструмента” перекладено на англійську мову. Підручник “Металлорежущие инструменты” виданий у Китаї.

Підручник “Основы формообразования поверхностей. Лабораторный практикум” був першою працею в галузі теорії формоутворення складних поверхонь⁹.

Література

- [1] Грановский Г.И. Русские ученые – основоположники науки о резании металлов./ Г.И. Грановский. - М.: Машгиз, 1952. - 418 с.
- [2] Резание металлов / [Г.И. Грановский, П.П. Грудов, В.А. Кривоухов та ін.]. – Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1954. – 472 с.
- [3] Тейлор Ф. Искусство резать металлы / Ф. Тейлор. – Спб.: Издание инженера Л.А. Левинстера, 1909. – 324 с.
- [4] Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием. УКиєв, Издательское объединение “Вища школа”, 1977, 192 с.

⁹Родин П.Р., Равская Н.С., Солодкий В.И. Основы формообразования поверхностей. Лабораторный практикум. Киев, 1998.– 194 с.

2 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

Під час виконання дослідницької роботи по вивченню конструкції металорізального інструменту, необхідно дотримуватись певних правил безпеки [5]

1. До самостійної експлуатації вимірювальних приладів допускаються особи що пройшли навчання безпечним методам виконання робіт.

2. Кожен із студентів зобов'язаний пройти ввідний інструктаж по охороні праці і пожежної безпеки, та первинний інструктаж на робочому місці.

3. Не рідше за 1 раз в 6 місяців кожен працівник лабораторії технічних вимірювань зобов'язаний пройти повторний інструктаж.

4. В процесі роботи необхідно виконувати тільки ту роботу по якій проведений інструктаж.

5. Працівник при виконанні робіт зобов'язаний дотримуватися загальних вимог пожежної та електричної безпеки.

6. При травмуванні працівник зобов'язаний повідомити керівника робіт, при необхідності звернутися до медичної установи.

7. При нещасному випадку з ким-небудь із спільно працюючих, необхідно надати першу долікарську допомогу потерпілому і негайно повідомити про те, що сталося безпосередньому керівникові.

8. Інструмент, прилади і устаткування мають бути справними, правильно укомплектовані і відповідати їх прямому призначенню. Переносити і зберігати прилади необхідно в спеціальних сумках, футлярах, ящиках.

9. Працівник (студент) несе відповідальність за дії, які можуть спричинити нештатні ситуації, ушкодження устаткування.

10. Ухилення від проходження інструктажу і перевірки знань по охороні праці є підставою для недопущення до роботи з

приладами

11. У випадку порушення правил безпеки винні притягуються до дисциплінарної відповідальності, аж до звільнення з роботи у відповідності до Трудового Кодексу України.

12. Якщо порушення правил охорони праці пов'язане з спричиненням майнового збитку підприємству, винні несуть матеріальну відповідальність у встановленому законом порядку.

2.1 Безпека перед початком роботи

13. Перед початком роботи необхідно:

- узяти вимірювальні прилади, ознайомитися з інструкцією з експлуатації проділів;
- перевірити справність вимірювального приладу;
- переконатися в достатності освітленості робочого місця;
- підготувати до роботи вимірювальні прилади.

2.2 Безпека під час роботи

14. Не допускається використання вимірювальних приладів :

- з простроченим строком атестації;
- пошкоджених і тих що потребують ремонту і перевірки;
- таких, що не відповідають встановленому класу точності виміру.

15. Забороняється робити виміри при знятій кришці корпусу приладу.

16. При необхідності зарядки акумуляторної батареї робити підключення в правильній послідовності:

1. Підключити батарею до зарядного пристрою,
2. Підключити зарядний пристрій до електромережі.

Відключення робиться в зворотній послідовності.

17. При установці батарей у вимірювальний прилад, уникати її контакту із струмопровідними частинами корпусу приладу та уникати розряду батарей і поразки електричним струмом.

18. Працівникам (студентам) лабораторії забороняється:

- робити самостійний ремонт вимірювальних приладів;
- використовувати вимірювальні прилади в режимах, не передбачених технічними умовами.

2.3 Аварійні ситуації

19. У разі виникнення на ділянці роботи аварійної ситуації (пожежа, займання, травма, обвал або обвалення) необхідно припинити роботи, вжити заходи до ліквідації аварії (гасіння пожежі), негайно повідомити керівника робіт, а в необхідному випадку – викликати пожежну команду, аварійну допомогу.

20. До надання першої долікарської допомоги потерпілим в результаті аварії необхідно приступити негайно після встановлення характеру травми.

21. Якщо потерпілий не може самостійно пересуватися, його слід зручно укласти у безпечне місце, ослабити одяг, що стягує частини, при втраті свідомості – дати понюхати нашатирний спирт, а за відсутності дихання – зробити штучне дихання.

22. Разом з наданням долікарської допомоги, слід викликати швидку допомогу, або відправити потерпілого до медпункту.

23. Використовуючи наявну аптечку, ще до приїзду швидкої допомоги або перевезення потерпілого до медичної установи, за наявності у нього прихованих ран зробити перев'язку, сильної кровотечі – накладити джгут, а при переломі – шину.

24. Надаючи першу долікарську допомогу потерпілому необхідно керуватися “Інструкцією по наданню першої допомоги”.

2.4 Закінчення роботи

25. Після закінчення роботи необхідно:

- вимкнути вимірювальні прилади;
- очистити прилади від забруднень;
- укласти їх у футляри;
- вимірювальні прилади здати на зберігання відповідальному.

Література

- [1] ДНАОП 0.00-8.03-93 Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві;
- [2] ДНАОП 0.00-4.15-98 Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- [3] ДНАОП 0.00-4.12 Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- [4] ДНАОП 1.1.10-1.04-01 Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями.
- [5] <http://instruktor.ucoz.net> Типові інструкції з техніки безпеки.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Терміни та визначення (рис. 3.1–3.7 на с. 34–40) подані відповідно до Державних стандартів України [1, 2].

3.1 Загальні положення

Оброблення різанням [різання]

Оброблення, яке полягає в утворенні нових поверхонь шляхом відділення поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки.

Утворення поверхонь супроводжується деформуванням і руйнуванням поверхневих шарів матеріалу.

Стружка

Деформований та відділений в результаті оброблення різанням поверхневий шар матеріалу заготовки.

Різальний інструмент

Інструмент для оброблення різанням.

3.2 Кінематичні елементи

Головний рух різання [рух різання] – D_r

Прямолінійний поступальний чи обертальний рух заготовки чи інструмента, який відбувається з найбільшою швидкістю у процесі різання.

Головний рух різання може входити до складу складного формотворного руху, наприклад, під час точіння різі.

Швидкість головного руху різання – v

Лінійна швидкість заданої точки різальної кромки або заготовки у головному русі різання.

Рух подачі – D_s

Прямолінійний або обертальний рух різального інструмента чи заготовки, швидкість якого менша ніж швидкість головного руху різання, призначений для того, щоб поширити відділення шару матеріалу на всю оброблювану поверхню.

Рух подачі може бути неперервним або переривистим. Рух подачі може входити до складу формотворного руху, наприклад, під час шліфування різи.

Дотичний рух – D_d

Прямолінійний, поступальний чи обертальний рух різального інструмента, швидкість якого менша від швидкості головного руху різання і дотична до різальної кромки, призначений для того, щоб змінювати ділянки, що контактують з заготовкою різальної кромки.

Результуючий рух різання – D_e

Сумарний рух різального інструмента відносно заготовки, який містить в собі головний рух різання, рух подачі і дотичний рух.

Швидкість руху подачі – v_s

Лінійна швидкість заданої точки різальної кромки у русі подачі.

Оброблювана поверхня

Поверхня заготовки, яка частково або повністю видаляється під час оброблення

Оброблена поверхня

Поверхня утворена на заготовці в результаті оброблення

Швидкість руху подачі [швидкість подачі] – v_s

Лінійна швидкість заданої точки у русі подачі.

Подача – S

Відношення відстані, пройденої заданою точкою різальної кромки або заготовки уздовж траєкторії цієї точки у русі подачі, до відповідної кількості циклів чи визначених часток циклу іншого руху під час різання або до кількості визначених часток циклу цього іншого руху.

Під циклом руху розуміють повний оберт, хід або подвійний хід різального інструмента чи заготовки. Часткою циклу є частина оберт, яка відповідає кутовому кроку зубців різального інструмента. Під ходом розуміють рух в обидва бiки під час зворотно-поступального руху.

Подача на оберт – S_o

Подача, яка відповідає одному оберт, інструмента чи заготовки.

Подача на зубець – S_z

Подача, яка відповідає повороту інструмента чи заготовки на один кутовий крок зубців різального інструмента.

3.3 Системи координат

Інструментальна система координат (ІСК)

Прямокутна система координат з початком на вершині леза, орієнтована відносно геометричних елементів різального інструмента, прийнятих за базу .

Інструментальну систему координат застосовують під час виготовлення та контролю інструмента. Вона не завжди відображає дійсне значення геометричних параметрів, але є прийнятною для контролю інструмента поза верстатом.

Статична система координат (ССК)

Прямокутна система координат з початком у заданій точці різальної кромки, орієнтована відносно напрямку швидкості головного руху різання.

Статичну систему координат застосовують у повсякденні. Вона не враховує рух подачі але є достатньою для практичного застосування у виробництві.

Кінематична система координат (КСК)

Прямокутна система координат з початком у заданій точці різальної кромки, орієнтована відносно напрямку швидкості результуючого руху різання.

Кінематична система координат найбільш точно відображає геометричні параметри інструменту під час його роботи, чези це її застосовують у теоретичних дослідженнях.

3.4 Координатні площини

Основне призначення координатних площин – бути базовим елементом для вимірювання геометричних параметрів.

Основна площина – P_v

Координатна площина, проведена через задану точку різальної кромки перпендикулярно до напрямку головного або результуючого руху різання у цій точці.

Площина різання – P_n

Координатна площина, дотична до різальної кромки у заданій точці та перпендикулярна до основної площини.

Головна січна площина – P_τ

Координатна площина, перпендикулярна до лінії перетину основної площини та площини різання.

Робоча площина – P_s

Площина в якій розміщені напрями швидкостей головного руху різання та руху подачі.

3.5 Характеристики зрізаного шару

Площа зрізаного шару [площа зрізу] – f

Площа перерізу зрізаного шару.

Товщина зрізаного шару [товщина зрізу] – a

Довжина нормалі до поверхні різання, проведена через задану точку різальної кромки, обмежена перерізом зрізаного шару.

Ширина зрізаного шару – b

Довжина сторони перерізу зрізаного шару, утвореної поверхнею різання

3.6 Елементи леза

Передня поверхня леза [передня поверхня] – A_γ

Поверхня леза інструмента, яка контактує в процесі різання із зрізуваним шаром і стружкою.

Задня поверхня леза – A_α

Поверхня леза інструмента, яка контактує в процесі різання з поверхнею заготовки

Різальна кромка – K

Кромка леза інструмента, утворена перерізом (перетином) передньої та задньої поверхні леза

Радіус кривизни різальної кромки – ρ

Радіус кривизни різальної кромки у перерізі її нормальною площиною.

Історично склалось так, що у більшості спеціалізованої літератури цей параметр називають “радіус округлення різальної кромки”.

Передній кут – γ

Кут у січній площині між передньою поверхнею леза та основною площиною.

Задній кут – α

Кут у січній площині між задньою поверхнею леза та площиною різання.

Кут загострення – β

Кут у січній площині між передньою та задньою поверхнями леза

Кут нахилу кромки – λ

Кут у площині різання між різальною кромкою та основною площиною.

Кут у плані – φ

Кут в основній січній площині між площиною різання та робочою площиною.

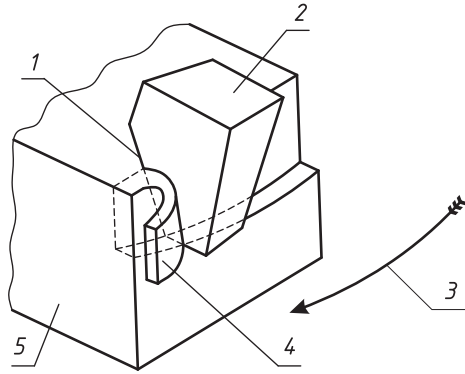


Рис. 3.1: Елементи різання
[ДСТУ 2249-93]

- 1 – різальна кромка K утворена перетином задньої A_α та передньої A_γ площин різального елемента;
- 2 – лезо інструменту, різальний елемент інструменту;
- 3 – результуючий рух різання D_e – результуючих рух як сума: головного руху різання та руху подачі;
- 4 – стружка, що відділяється від заготовки;
- 5 – заготовка, деталь що обробляється у теперішній час.

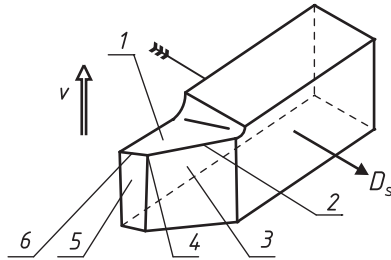


Рис. 3.2: Токарський різець
[ДСТУ 2249-93]

- 1 – передня поверхня A_γ ;
- 2 – головна різальна кромка K ;
- 3 – головна задня поверхня A_α ;
- 4 – вершина різця;
- 5 – допоміжна задня поверхня;
- 6 – допоміжна різальна кромка;
- v – швидкість головного руху різання;
- D_s – рух подачі.

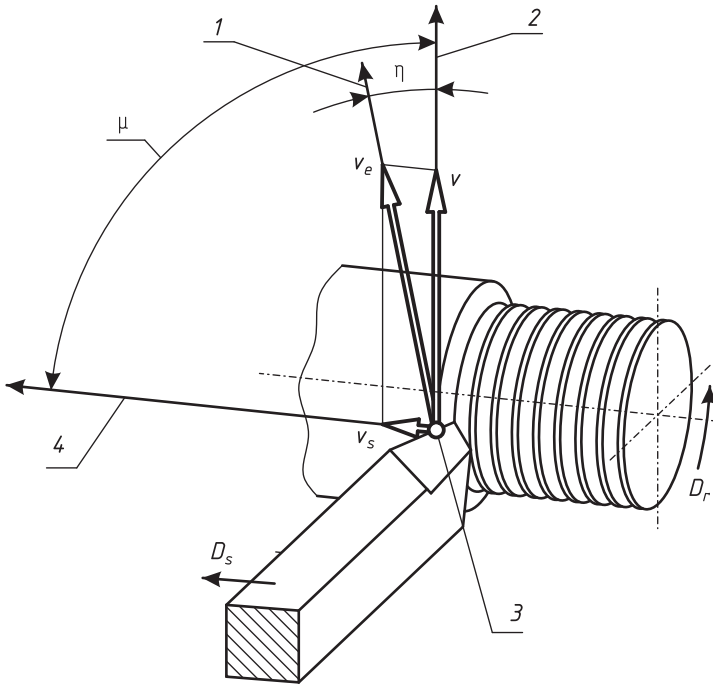


Рис. 3.3: Швидкості та напрями різання
[ДСТУ 2249-93]

- 1 – напрям швидкості результуючого руху різання;
- 2 – напрям швидкості головного руху різання;
- 3 – досліджувана точка різальної кромки;
- 4 – напрям руху швидкості подачі;
- v – швидкість головного руху різання;
- v_e – швидкість результуючого руху різання;
- v_s – швидкість руху подачі;
- η – кут швидкості різання;
- D_r – головний рух різання;
- D_s – рух подачі.

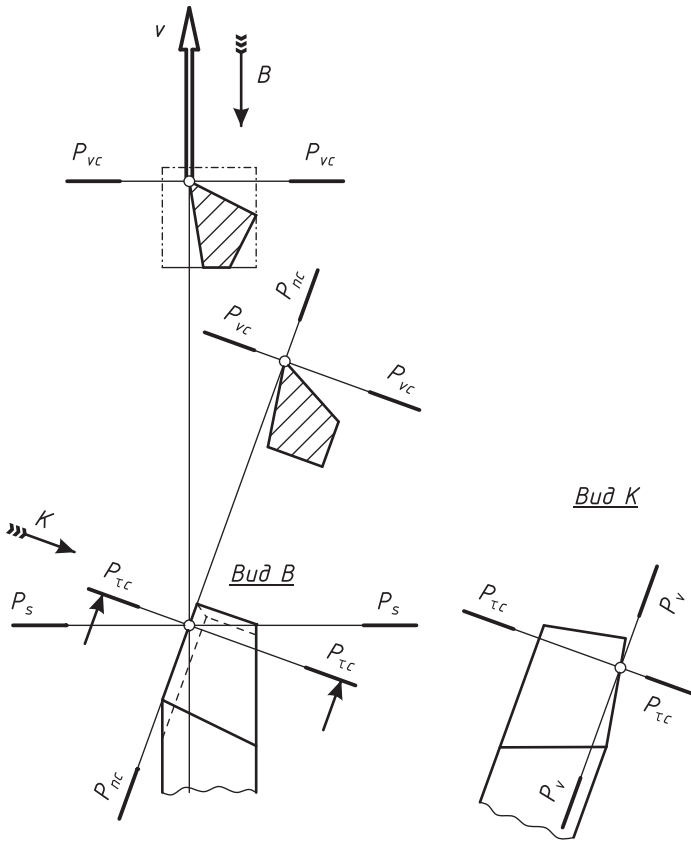


Рис. 3.4: Статична система координат
[ДСТУ 2249-93]

- v – швидкість головного руху різання;
- P_{vc} – основна площина у статичній системі координат;
- $P_{\tau c}$ – головна січна площина у статичній системі координат;
- P_{nc} – площина різання у статичній системі координат;
- P_s – робоча площина.

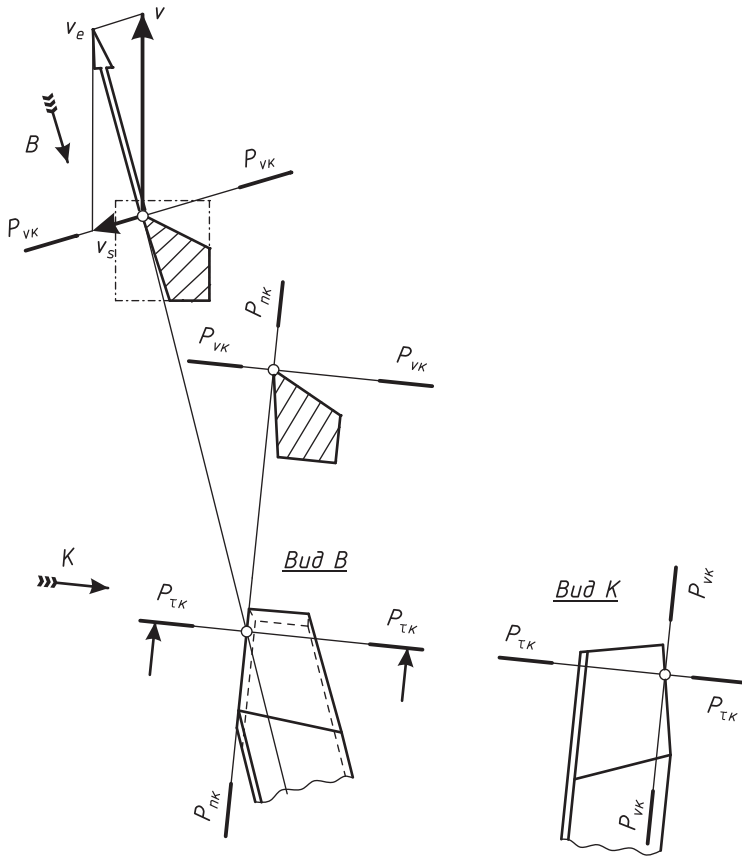


Рис. 3.5: Кінематична система координат [ДСТУ 2249-93]

- v – швидкість головного руху різання;
- v_e – швидкість результуючого руху різання;
- v_s – швидкість руху подачі;
- P_{vk} – основна площина у кінематичній системі;
- P_{tk} – головна січна площина у кінематичній системі;
- P_{nk} – площина різання у кінематичній системі.

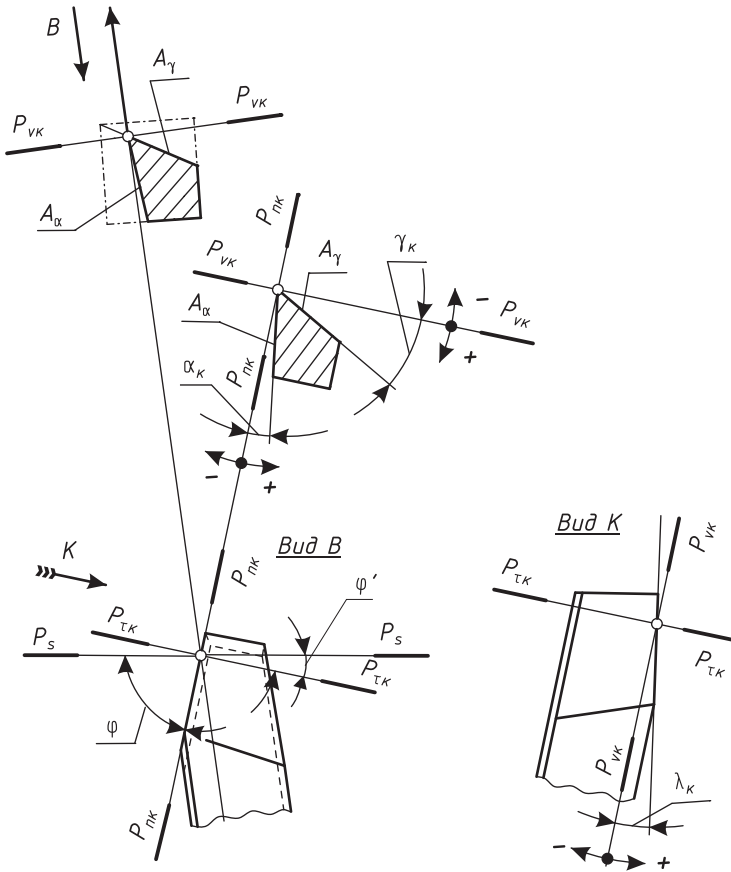


Рис. 3.7: Куті різання. Кінематична система координат [ДСТУ 2249-93]

- α – задній кут;
- γ – передній кут;
- ε – кут при вершині свердла.
- λ – кут нахилу різальної кромки;
- φ – кут у плані.

Література

- [1] ДСТУ 2233-93 Інструменти різальні. Терміни та визначення.
- [2] ДСТУ 2249-93 Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення.

4 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАННЯ

4.1 Кутомір Семенова

Достатньо досконалим є кутомір заводу "Калібр" конструкції Д.С. Семенова (рис. 4.1). Цей кутомір складається з дуги 1 з нанесеною на неї градусною шкалою 5, по якій переміщається пластинка 3 і жорстко прикріплений до неї ноніус 4. На пластинці 7 є держатель 9, за допомогою якого закріплюється косинець 2 з лінійкою 8.

Пластинка 6 жорстко сполучена з дугою 1. Основна градусна шкала розділена на 130° , проте шляхом установки в різні положення вимірювальних деталей кутоміра можна вимірювати кути від 0 до 320° за рис. 4.2. Можливі схеми подано на рис. 4.3. Похибка виміру становить $\pm 2'$.

Приклад 4.1 (Вимір кута)

Щоб зробити відлік кута α по такому кутоміру, коли лінійка 8 займає положення, відмічене літерою "А", необхідно передусім подивитися, між якими діленнями розташовано нульове ділення ноніусу.

Наприклад це ділення розташоване між цифрами 33 і 34 основної градусної шкали 5. Після цього знаходять справа те ділення ноніусу 4, яке збігається з одним з найближчих ділень основної шкали. Нехай це ділення співпадає з позначкою що відповідає $10'$. Отже, шуканий кут α складає $33^\circ 10'$.

Приклад 4.2 (Вимір кута)

Тепер нехай необхідно виміряти кут β , що відповідає положенню лінійки 8, відміченого буквою "Б" (або зовсім знятій з косинця 2). Легко бачити, що кут β є тупим кутом, що складається з суми кутів: α і прямого кута.

Величина кута α визначена раніше і рівна $33^\circ 10'$. Таким чином отримуємо

$$\beta = \alpha + 90^\circ = 33^\circ 10' + 90^\circ = 123^\circ 10'.$$

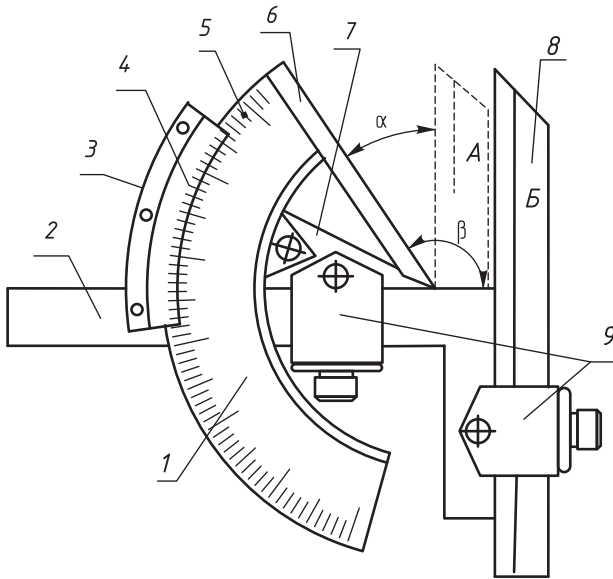


Рис. 4.1: Кутомір Семенова

- 1 – дуга кутоміру;
- 2 – косинець прямокутний;
- 3 – пластина з ноніусом;
- 4 – ноніус;
- 5 – шкала кутоміру;
- 6 – примірювальна пластина;
- 7 – опорна пластина;
- 8 – пересувна лінійка із скосом;
- 9 – держатель.

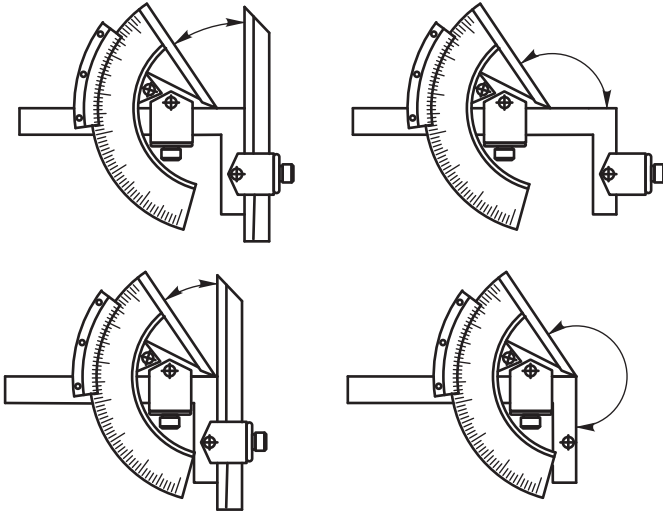


Рис. 4.2: Застосування кутоміру Семенова

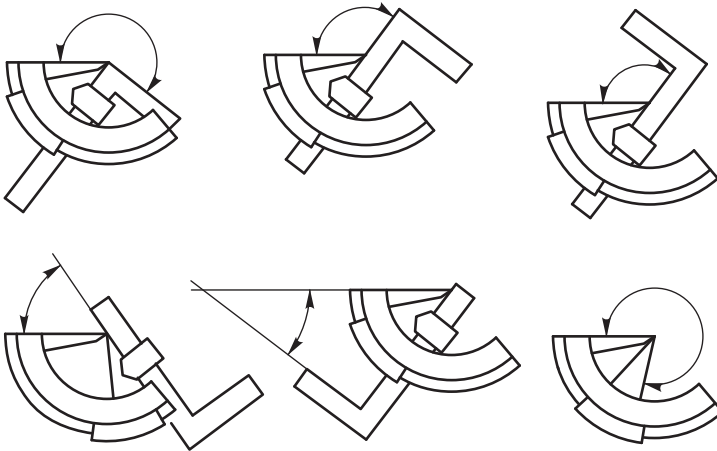


Рис. 4.3: Варіанти вимірювання кутоміром Семенова

4.2 Кутомір Бабчиніцера

Кутомір системи Бабчиніцера (рис. 4.4,*а*) призначений виключно для вимірювання передніх та задніх кутів різального інструменту. На корпусі, що має вигляд дуги, нанесена шкала 3 кількості зубців. Відлік значення кута виконують по ноніусу 4. Опорну планку 5 завжди притискають до сусіднього зуба інструменту 1. Безпосередній контакт між кутоміром і поверхнею інструменту виконує деталь 2.

На рис. 4.4,*б* подано положення елементів кутоміру під час вимірювання заднього кута (фрези 1). На рис. 4.4,*в* зображена положення елементів кутоміру під час вимірювання переднього кута.

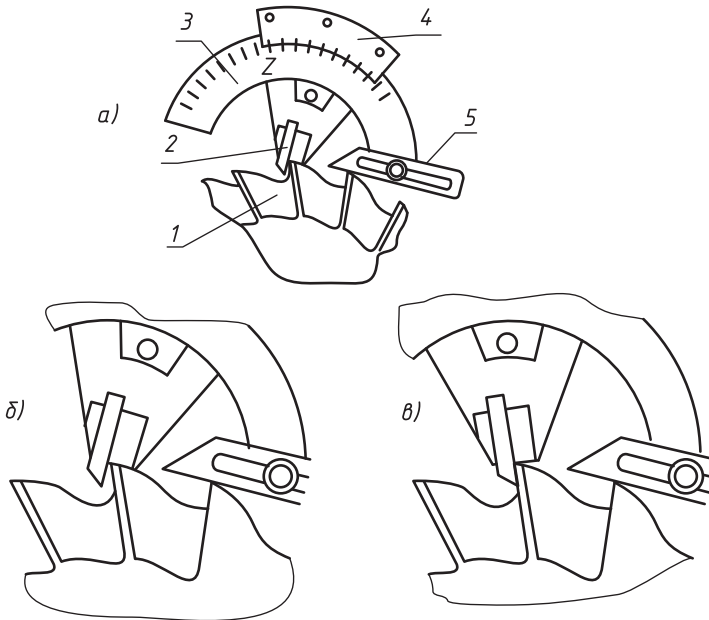


Рис. 4.4: Кутомір Бабчиніцера

4.3 Кутомір маятниковий

Кутомір маятниковий типу ЗУРИ-м (ТУ 2-034-666-82) призначений для вимірів кутів різальних інструментів різних видів (рис. 4.5). Робота кутоміра заснована на принципі дії маси маятника, жорстко сполученого зі стрілкою та шкалою у вигляді кола.

Кути повороту маятника відлічуються за допомогою стрілки за круговою шкалою. В процесі виміру контрольну лінійку кутоміра пристикують до поверхні різального інструменту. Кутомір має облаштування для фіксації положення стрілки. Ціна поділки шкали 1° Похибка показань $20'$.

На рис. 4.5 подано застосування маятникового кутоміру для вимірювання гуомкетричних параметрів інструменту. Рис. 4.5,а – визначення кута між зубцями фрези. Рис. 4.5,б – вимірювання переднього та заднього (рис. 4.5,в) кутів. За схемою на рис. 4.5,г визначають кут нахилу стружкових канавок.

4.3.1 Переваги маятникового кутоміру.

Простота застосування – від не потребує ніяких налаштувань. Отримання результату безпосередньо по шкалі без додаткових обчислень.

4.3.2 Недоліки маятникового кутоміру.

Інструмент що вимірюють повинен базуватись на поверхні положення якої обов'язково необхідно знати. Неможливо виміряти кут тримаючи інструмент який вимірюють у просторі. Він обов'язково повинен бути якимось зафіксований.

4.4 Штангенциркуль

Штангенциркуль (*нім. Stangenzirkel*) - це універсальний вимірювальний інструмент, який призначається для виміру зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів.

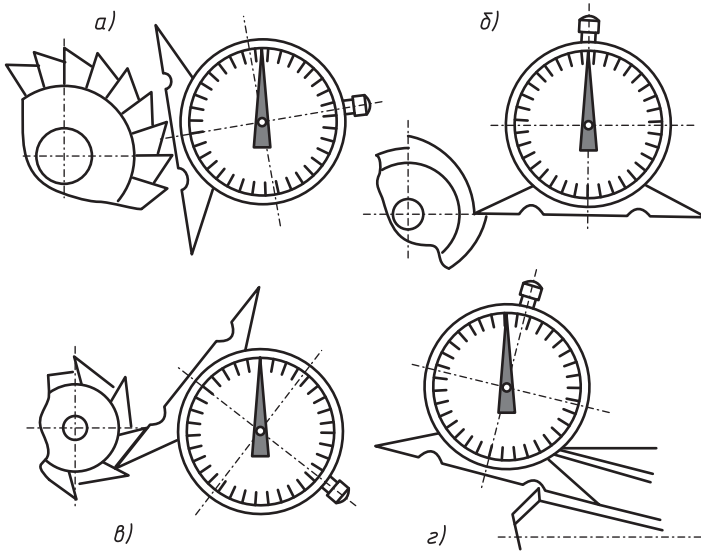


Рис. 4.5: Маятниковий кутомір

- а) – визначення кутового кроку зубців фрези
- б) – визначення переднього кута зенкеру;
- в) – визначення заднього кута фрези;
- г) – визначення кута нахилу стружкової канюки свердла або зенкеру.

Зауваження. Стрілка маятникового кутоміру завжди займає вертикальне положення. Отже, базова поверхня (площина) від якої здійснюють відлік повинна бути завжди горизонтальною (або вертикальною).

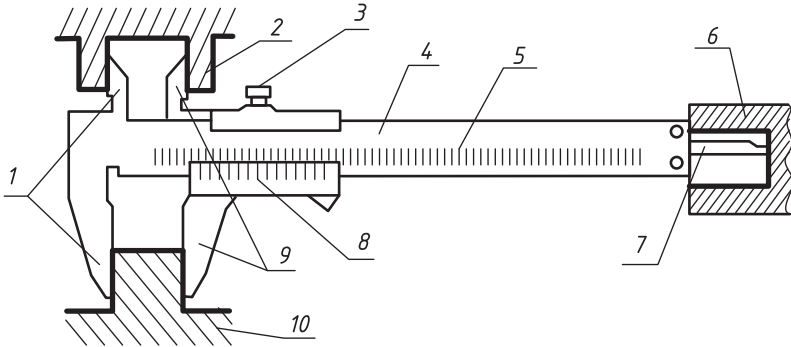


Рис. 4.6: Штангенциркуль

- 1 – нерухомі вимірювальні губки;
- 2 – деталь (отвір) який вимірюють;
- 3 – стопорний гвинтик;
- 4 – штанга (сам штангенциркуль);
- 5 – поділки шкали у міліметрах або дюймах;
- 6 – деталь що вимірюють (глибина отвору);
- 7 – глибиномір;
- 8 – ноніус;
- 9 – рухомі губки штангенциркулю;
- 10 – деталь що вимірюють (товщина).

Штангенциркуль (рис. 4.6) є найпоширенішим інструментом виміру, оскільки зручний в застосуванні, має просту конструкцію і здатний швидко показати результат.

Назва штангенциркуля, пов'язано з конструктивними особливостями цього інструменту. Він має вимірювальну штангу з основною шкалою і ноніус - допоміжну шкалу, вживану для відліку доль ділень. Максимальна точність вимірів варіюється, залежно від моделі, в межах від десятих до сотих доль міліметра. Точніші результати можна отримати тільки за допомогою мікрометра, який має похибку вимірювання 0,007 мм.

Історично, період появи і розвитку штангенциркуля відносять до початку XVII століття, адже саме тоді з'явився перший дерев'яний штангенциркуль. Проте, перший справжній штангенциркуль з ноніусом в сучасному розумінні з'явився у використанні всього триста років тому – у кінці XVIII століття, в Лондоні. Слід зазначити, що сучасний штангенциркуль - це лише вдосконалений, у відповідність з новими технологіями, аналог того самого першого інструменту кінця вісімнадцятого століття.

Цікавим є той факт, що в німецькій мові словом *Stangenzi-
gkel* називають циркуль, вживаний для зображення кіл і дуг великих радіусів. По-німецьки, штангенциркуль називається *Messschieber* (розсувний вимірник) або *Schieblehre*¹⁰.

Штангенциркулі, залежно від способу зображення результату, бувають:

- ноніусні – обладнані звичайним ноніусом (рис. 4.6);
- циферблатні – які замість ноніусу оснащені циферблатом годинного типу для зручності і швидкості зняття показчиків (рис. 4.7,а);
- цифрові – мають цифровий, рідкокристалічний дисплей, для найвищої точності виміру і зручності прочитування результатів (рис. 4.7,б).

Працюючи з штангенциркулем, рекомендується протирати його серветкою, змоченою у розчині масла з гасом, після чого досуха витирати. Зберігати штангенциркуль рекомендується в захисному чохлаі.

Не допускається падіння або грубі удари штангенциркуля, для запобігання деформації штанги інструменту, а також подряпин на вимірювальних поверхнях, які можуть спричинити зниження точності виміру приладу.

¹⁰У Радянському Союзі, на професійному сленгу штангенциркулі називали “колумбіком”.

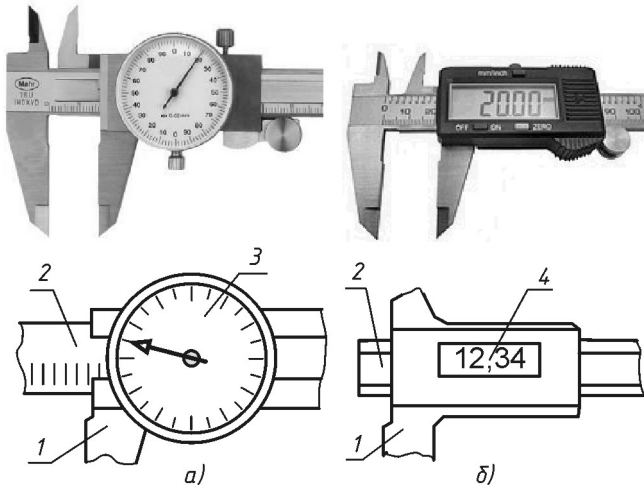


Рис. 4.7: Сучасні штангенциркулі

- а) – штангенциркуль годинникового типу;
- б) – штангенциркуль цифровий;
- 1 – рухома вимірювальна губка;
- 2 – штанга циркулю;
- 3 – кругова шкала годинникового типу, ціна поділки за шкалою 0,02 мм;
- 4 – цифровий дисплей, дискретність 0,01 мм.

Зауваження. Насправді похибка вимірювання обома штангенциркулями дещо більша ніж вказано вище. Інструменти дозволяють отримати результат з похибкою приблизно 0,05 та 0,03 мм відповідно.

4.5 Штангензубомір

Штангензубомір з ноніусом типу ШЗН (рис. 4.8) призначений для вимірювання відстані між боковими поверхнями зубу циліндричних прямозубих та косозубих коліс зовнішнього зачеплення 11 і 12 степені точності ГОСТ 1643-81 по постійній хорді або по хорді ділильного кола.

4.5.1 Принцип роботи

В рамці з нерухомою губкою 4 у двох взаємно перпендикулярних пазах переміщується штанга з рухомою губкою 5 та висотна лінійка 1.

На штанзі нанесена міліметрова горизонтальна шкала, на висотній лінійці – вертикальна. Рамка має ноніус 3. Для точної установки на розмір висотної лінійки і штанги з рухомою губкою слугує рамка 2. Гвинт 6 стопорить їх положення.

4.5.2 Технічні характеристики

Штангензубомір має наступні метрологічні параметри

Діапазон модулів, мм	1-18
Діапазон вимірювання по горизонтальній шкалі, мм	0-33
Діапазон вимірювання по вертикальній шкалі, мм	0-23
Відлік по ноніусу	0,05
Похибка вимірювання, мм	±0,05

4.5.3 Послідовність роботи

1. Виставити висотну лінійку на відстань від постійної хорди до кола вершин зубців.

2. Виконати вимірювання у такій послідовності.

2.1. встановити штангензубомір на зубчастому вінці таким чином, щоб висотна лінійка притислась до вершини одного з зубців.

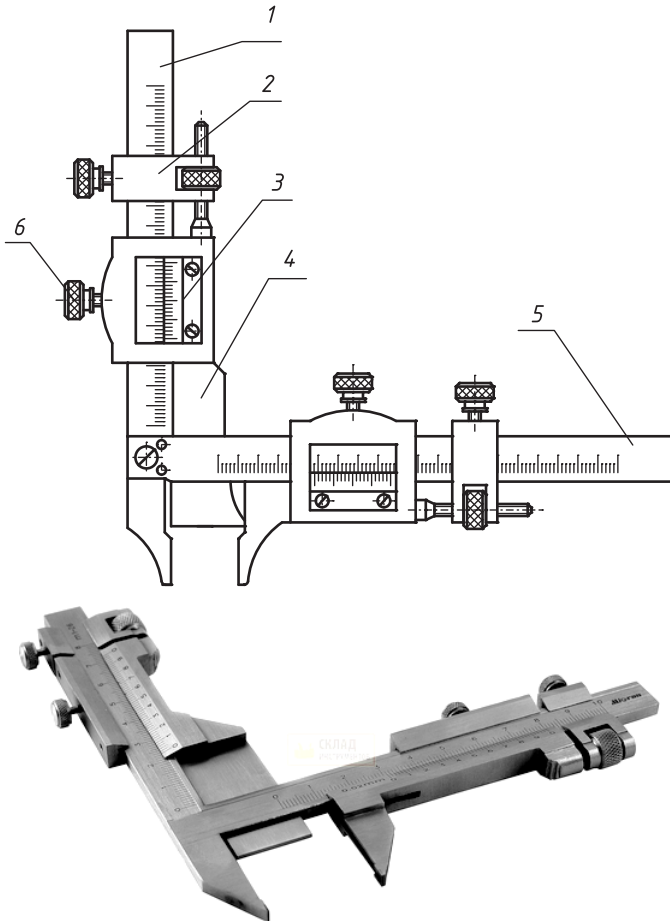


Рис. 4.8: Штангензубомір

2.2. Зсунути рухому губки до контакту обох губок з бічними поверхнями зубу.

2.3. Виконати відлік товщини зубу по горизонтальній шкалі.

3. Під час вимірювання товщини зубу необхідно слідкувати щоб зубомір був встановлений на головку зубу в площині перпендикулярній до твірної зубу, а опорна поверхня висотної лінійки була перпендикулярна до радіусу колеса, який проходить через середину зуба.

4. Після закінчення вимірювань протерти інструмент та заховати у шухлядку.

4.6 Ноніус

Ноніус був винайдений португальським математиком Педро Нунішем¹¹ (рис. 4.9). У той час, він працював над винаходом навігаційного приладу, проте принцип, заснований на тому, що людське око точніше визначає збіг ділень на шкалах, ніж відносне положення одного ділення між двома іншими, ліг в основу ноніусу, названого в його честь.

Сучасну конструкцію шкали ноніусу придумав французький математик П'єр Верньєр¹² в 1631 році, тому, на честь його, ноніус також називають "верньєр".

Під час вимірювання штангенциркулем ціле число міліметрів відраховують за міліметровою шкалою штанги до нульо-



Рис. 4.9: Педро Нуніш

¹¹Педро Нуніш (*порт. Pedro Nunes; 1502, Алкасер-ду-Сал – 11.08.1578, Коїмбра*) – португальський математик, засновник навігації

¹²П'єр Верньєр (*фр. Pierre Vernier 19.08.1580 р., Орнан – 14.09.1637 р, там же*) математик та винахідник з Бургундії.

вого штриха ноніусу, а десяті долі міліметра – за шкалою ноніусу, починаючи з нульової відмітки до тієї риски, яка збігається з будь-якою рисою міліметрової шкали штанги¹³.

Приклади зчитування показів під час вимірювання штангенциркулем наведені на рис. 4.10

- а) – побудова ноніусу 0,1 мм;
- б) – відлік розміру з ноніусом 0,1 мм;
- в) – побудова ноніусу 0,05 мм;
- г) – відлік розміру з ноніусом 0,05мм.

Зауваження 1. Окрім наведених типів ноніусів (0,1 та 0,05 мм) існують засоби вимірювання з ноніусом 0,02 мм. Однак треба розуміти, що їх застосування вимагає додержування досить жорстких вимог до методики вивірювання.

Зауваження 2. Усі вимірювальні засоби, котрі засновані на застосуванні ноніусу, доцільно застосовувати тільки для вимірювання з точністю до першого знаку після коми. Коли ж необхідно мати більшу точність – краще скористатись мікрометром.

¹³Метод. вказівки до викон. лаборатор. роботи «Оцінка точності штангенциркуля. Вимірювання розмірів штангенінструментом» для студ. напряму підготовки 6.050503 – Машинобудування [Текст] /Уклад.: Ю.І. Адаменко, О.М Герасимчук., С.В. Майданюк, О.А. Плівак.– К.: НТУУ «КПІ», 2014.-18 с.

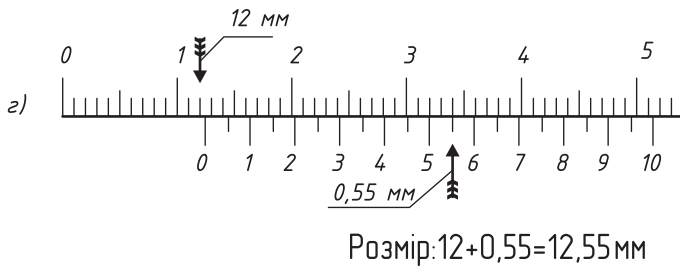
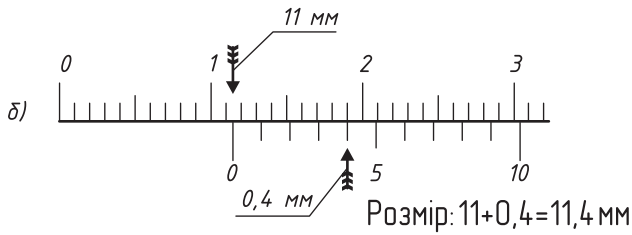
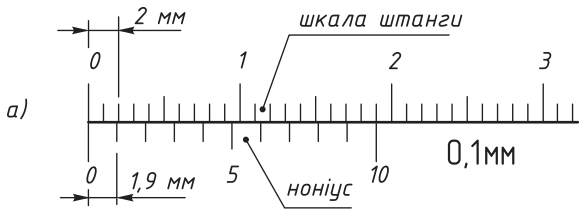


Рис. 4.10: Ноніуси

ЧАСТИНА II

КОНСТРУКЦІЯ ІНСТРУМЕНТУ

5 РІЗЦІ ТОКАРНІ

5.1 Теоретичні відомості

Токарний різець

Однолезовий інструмент для оброблення з поступальним або обертальним головним рухом різання та можливістю руху подачі у будь якому напрямку.

Токарні різці призначені для оброблення деталей з циліндричними, конічними, фасонними і торцевими поверхнями, що утворюються в результаті обертання заготовки і переміщення різця відносно осі обертання (рис. 5.1).

5.1.1 Конструктивні елементи

Різець складається з головки (*робочої частини*), і тіла (*стержня*), що служить для закріплення різця на верстаті в різцетримачі і має такі конструктивні елементи рис. 5.2.

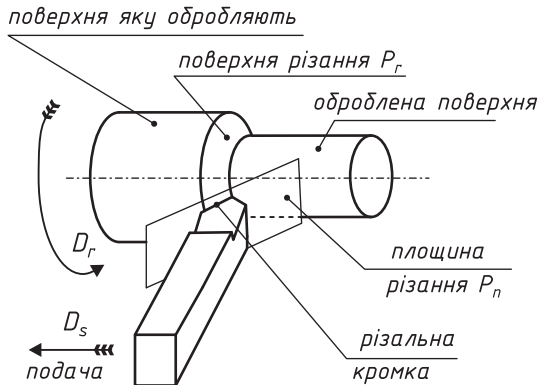


Рис. 5.1: Поверхні та рухи

Передня поверхня A_γ – це поверхня леза інструменту, що контактує в процесі різання із стружкою.

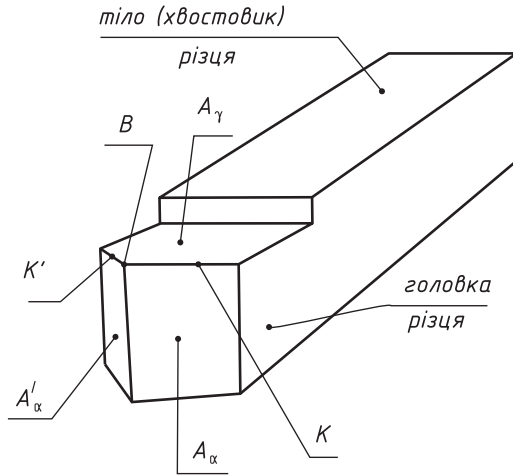


Рис. 5.2: Елементи різця

На передній поверхні шар металу, що видаляється (*стружка*), деформується і ковзає по ній, при дуже високих питомих тисках, викликаючи знос і підвищений нагрів інструменту.

Передня поверхні різця – це його найбільш важлива поверхня, адже весь процес оброблення виконує саме вона.

Головна різальна кромка K – частина різальної кромки, що формує більшу сторону перерізу зрізаного шару.

Допоміжна різальна кромка K' – це кромка, що формує меншу сторону зрізу шару металу, що зрізується різцем. Ця кромка звернена до вже обробленої поверхні деталі.

Головна задня поверхня A_α – це поверхня леза інструменту яка прилягає до головної різальної кромки.

Допоміжна задня поверхня A'_α – це поверхня леза інструменту що прилягає до допоміжної різальної кромки. Вона обернена у бік обробленої поверхні заготовки.

Вершина різця B – місце сполучення передньої і двох задніх поверхонь. Іншими словами – це точка перетину головної і допоміжної різальних кромки.

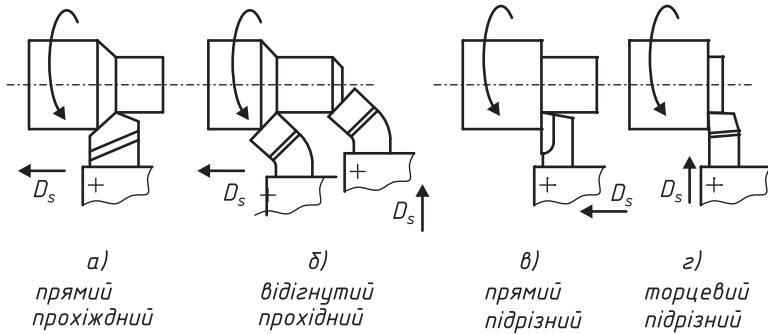


Рис. 5.3: Різці прохідні та підрізні

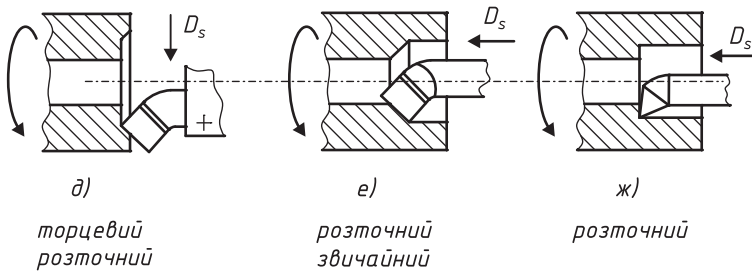


Рис. 5.4: Різці розточні

5.1.2 Типи різців

У сучасному виробництві застосовують такі основні типи токарних різців.

Прямий прохідний різець (рис. 5.3,а) призначений для оброблення простих циліндричних деталей з великим припуском. Конструкція відрізняється значною жорсткістю, але має незначний боковий виліт і тому не може обробляти торцеві поверхні.

Відігнутий прохідний (рис. 5.3,б) призначений для оброблення простих циліндричних деталей з великим припуском.

Конструкція відрізняється значною жорсткістю. Від прямого прохідного відрізняється тим, що може обробляти як циліндричні так і торцеві поверхні. Отже, така конструкція є більш універсальною.

Прямий підрізний (рис. 5.3, *в*) – основне призначення, оброблення прямокутних уступів. Може застосовуватись для точіння “напрохід”, але має підвищену складову зусилля орієнтовану в напрямку подачі. У практичній роботі це найбільш універсальна конструкція, яка дозволяє оброблювати майже всі типи зовнішніх поверхонь на токарному верстаті.

Торцевий підрізний (рис. 5.3, *г*) – цей різець застосовується виключно для оброблення торцевих поверхонь з припуском на оброблення в межах 1-2 мм..

Торцевий розточний (рис. 5.4, *д*) – застосовують для оброблення торцевих поверхонь, які мають отвір. Має підвищену продуктивність і не потребує значної точності установки на верстаті.

Розточний звичайний (рис. 5.4, *е*) – застосовують для розточування отворів, з метою збільшення діаметру або покращення його форми, чи зменшення шорсткості поверхні після свердління.

Розточний (рис. 5.4, *ж*) – застосовують для утворення отворів що мають прямокутний уступ. Як правило, це оброблення посадкових отворів під підшипники або торцеві упори.

Канавковий (відрізний) (рис. 5.5, *з*) – застосовують тільки для утворення прямокутних канавок або відрізки (відділення) деталі від заготовки.

У разі застосування для утворення канавок, канавковий різець має ширину леза рівну ширині канавки. У разі коли канавковий різець застосовують для відрізання деталі від заготовки – застосовують різець з мінімальною шириною леза. Це забезпечує мінімізацію перетворення матеріалу в стружку.

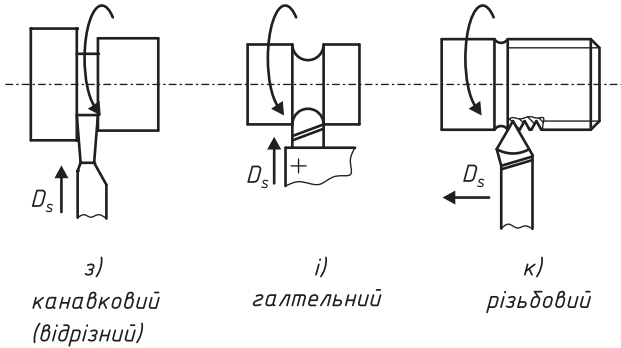


Рис. 5.5: Різці канавкові та різьбові

Галтельний (рис. 5.5, б) – застосовують для утворення галтелей та фасонних канавок незначної глибини.

Різьбовий (рис. 5.5, в) – це інструмент спеціального призначення, його застосовують тільки для точіння зовнішніх різьбових поверхонь будь-якої форми.

Ліві/праві різці

Незалежно від конкретного типу всі перелічені різці поділяють на “праві” та “ліві”. Цей поділ залежить від напрямку руху подачі з яким рухається різець під час роботи.

Різницю між лівим/правим різцем пов’язують з напрямом великого пальця відповідної руки, що видно на рисунку 5.6 – напрям пальця співпадає з напрямом руху подачі.

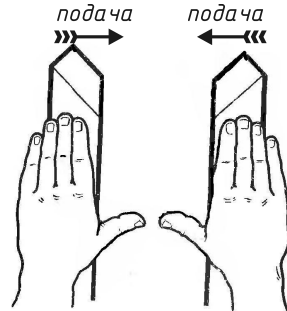


Рис. 5.6: Різці ліві/праві

Практично праві/ліві різці є віддзеркаленням одне одного. Найбільше поширення отримали “праві” різці – так склалось історично.

У сучасному автоматизованому виробництві застосовують

різці, які можуть працювати як “вліво” так і “вправо” не змінюючи жодного конструктивного елементу.

5.1.3 Нормувальні площини

Робочу частину різця заточують по трьох площинах (передня, головна задня, допоміжна задня). В результаті заточування (загострення різця) утворюються кути (геометричні параметри різця).

Базою для виміру кутів різця є наступні площини:

- основна площина різання P_v (рис. 5.1 та рис. 5.7);
- головна січна площина P_τ (рис. 5.7).

Основна площина P_v – це координатна площина, проведена через точку M різальної кромки перпендикулярно до вектору \vec{v} швидкості головного або результатного руху різання в цій точці. Отже $P_v \perp \vec{v}$.

У загальному випадку, кожна точка різальної кромки різця має свою основну площину P_v .

Однак здебільшого, за основну площину різця приймають ту, що відповідає вершині різця (рис. 5.7). Зазвичай це площина паралельна до нижньої опорної поверхні різця.

Площина різання P_n – це площина, дотична до різальної кромки в заданій точці і перпендикулярна до основної площини. Вона співпадає з вектором швидкості різання. Отже $P_n \perp P_v \parallel \vec{v}$.

Головна січна площина P_τ – площина, перпендикулярна до лінії перетину основної площини P_v і площини різання P_n . Вона перпендикулярна до проекції різальної кромки на основну площину P_v . Не треба плутати головну січну площину P_τ з площиною P_N перпендикулярною до різальної кромки K .

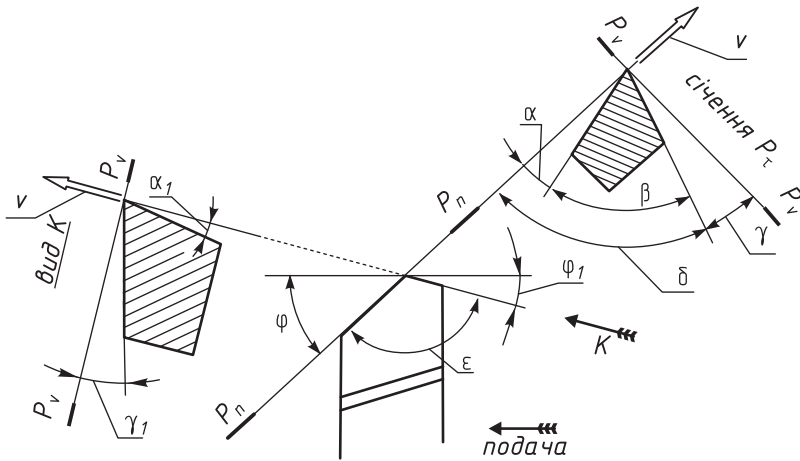


Рис. 5.8: Лезо різця в статичній системі координат

- v – швидкість різання;
- P_{τ} – головна січна площина;
- P_v – основна площина;
- P_n – площина різання;
- ϵ – кут при вершині різця;
- β – кут загострення різця;
- δ – кут різання.
- φ та φ_1 – кути у плані, головний та допоміжний;
- γ та γ_1 – передні кути, головний та допоміжний;
- α та α_1 – задні кути, головний та допоміжний.

5.1.4 Кути різця

Основні нормувальні площини токарного різця представлені на рис. 5.7, а геометричні параметри у статичній системі координат на рис. 5.8.

Статична система координат

Прямокутна система координат з початком у заданій точці різальної кромки, орієнтована відносно напрямку швидкості головного руху різання.

Головний передній кут γ – це кут в головній січній площині P_τ , між передньою поверхнею A_γ леза і основною площиною P_v .

Головний задній кут α – це кут в головній січній площині P_τ між задньою поверхнею A_α і площиною різання P_n .

Головний кут загострення β – це кут в головній січній площині P_τ між передньою A_γ і задньою A_α площинами леза різця.

$$\text{Сума кутів } \alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Кут різання δ вимірюють в головній січній площині P_τ між передньою поверхнею леза A_γ і площиною різання P_n . Математично кут різання дорівнює $\delta = \alpha + \beta$.

Кут в плані φ – це кут, в основній площині P_v між площиною різання P_n і робочою площиною P_s .

Допоміжний кут в плані φ_1 – це менший кут між проекцією допоміжної різальної кромки на основну площину і робочу площину P_s .

Кут при вершині в плані ε – це кут між проекціями головної і допоміжної різальних кромки на основну площину.

$$\text{Сума кутів } \varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$$

Кут нахилу кромки λ – це кут в площині різання P_n між різальною кромкою і основною площиною P_v (рис. 5.9).

Кут λ нахилу головної різальним вважається позитивним, коли вершина різця є нижчою точкою різальної кромки і негативним, коли вершина різця є найвищою точкою різальної кромки.

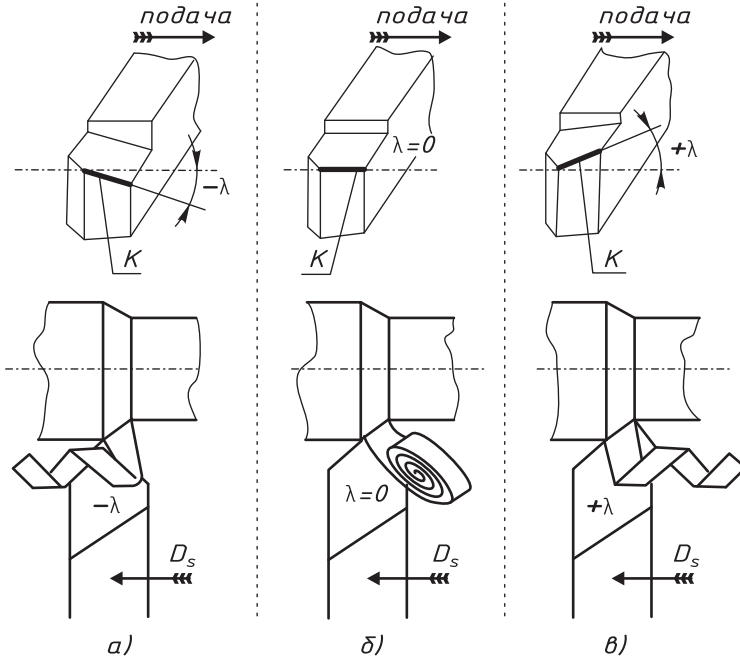


Рис. 5.9: Напрямок сходу стружки

- а) – кут нахилу різальної кромки від'ємний $\lambda < 0$;
- б) – кут нахилу різальної кромки нульовий $\lambda = 0$;
- в) – кут нахилу різальної кромки додатній $\lambda > 0$;
- K – різальна кромка різця;
- D_s – рух подачі різця відносно деталі.

5.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції токарних різців загального призначення та визначення його геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення:

- токарні різці;
- засоби вимірювання.

Постановка задачі:

- ознайомитись з основними типами різців;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості конструкції різців;
- виміряти геометричні параметри токарного різця;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз різця та звіт.

Послідовність роботи

1. Визначити основні конструктивні елементи різця.
2. Виміряти та позначити основні геометричні параметри інструменту.
3. Оформити звіт.

5.2.1 Конструктивні параметри

1. За рис. 5.10 виміряти кути в плані:
 - головний кут в плані φ ;
 - допоміжний кут в плані φ_1 ;
 - кут при вершині ϵ .
2. За рис. 5.11 виміряти:
 - головний передній кут γ ;

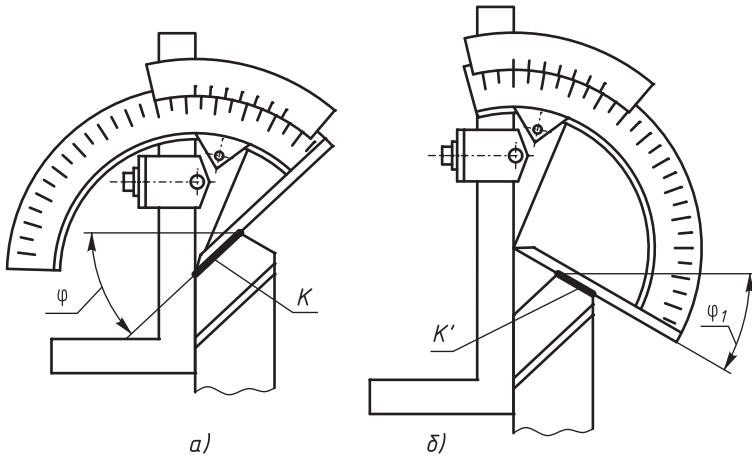


Рис. 5.10: Кути у плані

- а) – вимірювання головного кута у плані;
- б) – вимірювання допоміжного кута у плані;
- K* – головна різальна кромка;
- K'* – допоміжна різальна кромка;
- φ – головний кут у плані;
- φ_1 – допоміжний кут у плані.

- задній кут α ;
- кут загострення β ;
- кут різання δ .

3. За рис. 5.13 виконати (формат А3) ескіз інструменту.

4. Позначити на ескізі, виміряні попередньо кути різальної частини різця.

5. Позначити на ескізі:

- головну передню поверхню A_γ ;
- головну задню поверхню A_α ;
- допоміжну задню поверхню A'_α ;
- головну різальну кромку K ;
- допоміжну різальну кромку K' ;
- вершину леза B .

6. Позначити на ескізі, в інструментальній системі координат:

- основну площину P_{vi} ;
- головну площину різання P_{ni} ;
- допоміжну площину різання P'_{ni} ;
- робочу площину P_{si} .

7. Позначити на ескізі головну січну площину P_τ , виконати переріз по головній січній площині, на якому позначити:

- кромку K ;
- площини P_v та P_n ;
- поверхні A_γ та A_α ;

8. Позначити на ескізі допоміжну січну площину P'_v , виконати переріз по допоміжній січній площині, на якому позначити:

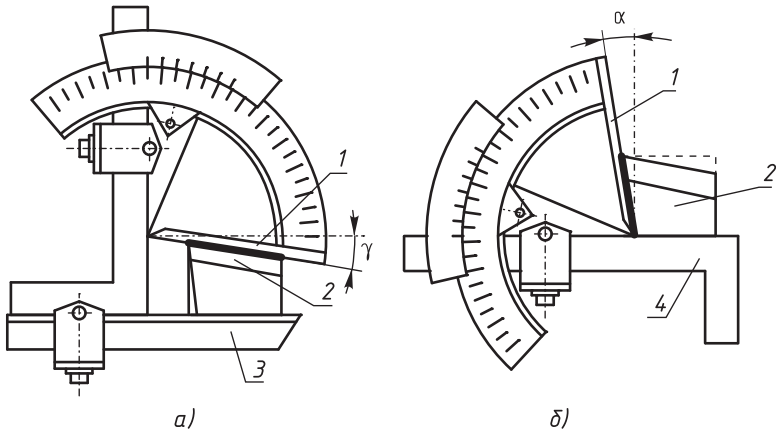


Рис. 5.11: Передній та задній кути

а) – вимірювання переднього кута γ ;

б) – вимірювання заднього кута α ;

γ – передній кут різця;

α – задній кут різця;

1 – вимірювальна рухома планка, притискається до поверхні різця кут нахилу якої вимірюють. Зазор між планкою і поверхнею різця бути не повинен;

2 – різець;

3 – опорна планка з різцем;

4 – опорна кутова планка з різцем.

- кромку K ;
- площини P_v та P_n ;
- поверхні A_α та A_γ ;
- допоміжний задній кут α_1 .

9. Перпендикулярно до площини P_n виконати вид, на якому позначити:

- вершину різця B ;
- кромку K ;
- основну площину P_v ;
- кут нахилу кромки λ .

5.2.2 Поновлення працездатності

Поновлення працездатності різців має окрему особливість – різці оснащені змінними різальними елементами не переточують. Змінний елемент просто змінюють.

Різці без змінних елементів – переточують по передній та задній поверхнях застосовуючи стандартне пристосування рис. 5.12

Кути повороту елементів пристосування можливо розрахувати за наступними математичними залежностями [2, ст. 675].

Задня поверхня

$$\begin{aligned}\theta_A &= \varphi + \alpha_N \sin \lambda, \\ \theta_B &= \alpha_N \cos \lambda \sin \varphi, \\ \theta_B &= \alpha_N \cos \lambda \cos \varphi,\end{aligned}$$

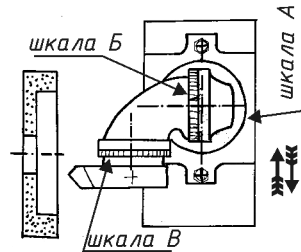


Рис. 5.12: Заточування різців

- де θ_A – кут повороту навколо осі А;
 θ_B – кут повтору навколо осі Б;
 θ_B – кут повороту навколо осі В;
 φ – кут у плані;
 α_N – задній кут у перерізі нормальному до різальної кромки;
 λ – кут нахилу різальної кромки.

Приклад 5.1 (Заточування різця 1)

Розрахувати кути установки заточувальної головки для заточування задньої поверхні токарного різця.

Вихідний дані:

- $\varphi = 60^\circ$ кут у плані
 $2\lambda = 5^\circ$ кут нахилу різальної кромки
 $\alpha_N = 12^\circ$ задній кут в перерізі перпендикулярному до різальної кромки

Рішення:

1. Визначення кута θ_A

$$\theta_A = \varphi + \alpha_N \sin \lambda = 60^\circ + 12^\circ \sin 5^\circ = 61^\circ 2'.$$

2. Визначення кута θ_B

$$\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \sin \varphi = 12^\circ \cos 5^\circ \sin 60^\circ = 10^\circ 21'.$$

3. Визначення кута θ_B

$$\theta_B = \alpha_N \cos \lambda \cos \varphi = 12^\circ \cos 5^\circ \cos 60^\circ = 5^\circ 58'.$$

Передня поверхня

$$\begin{aligned}\theta_A &= 90^\circ, \\ \theta_B &= 90^\circ + \lambda \cos \varphi + \gamma_N \sin \varphi, \\ \theta_B &= \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos (5 \cos \varphi)} - \lambda \sin \varphi,\end{aligned}$$

- де θ_A – кут повороту навколо осі А;
 θ_B – кут повтору навколо осі Б;
 θ_B – кут повороту навколо осі В;
 φ – кут у плані;
 γ_N – передній кут у перерізі нормальному до різальної кромки;
 λ – кут нахилу різальної кромки.

Приклад 5.2 (Заточування різця 2)

Розрахувати кути установки заточувальної головки для заточування передньої поверхні токарного різця.

Вихідний дані:

- $\varphi = 45^\circ$ кут у плані;
 $2\lambda = 5^\circ$ кут нахилу різальної кромки;
 $\gamma_N = 10^\circ$ задній кут в перерізі перпендикулярному до різальної кромки.

Рішення:

1. Визначення кута θ_A

$$\theta_A = 90^\circ.$$

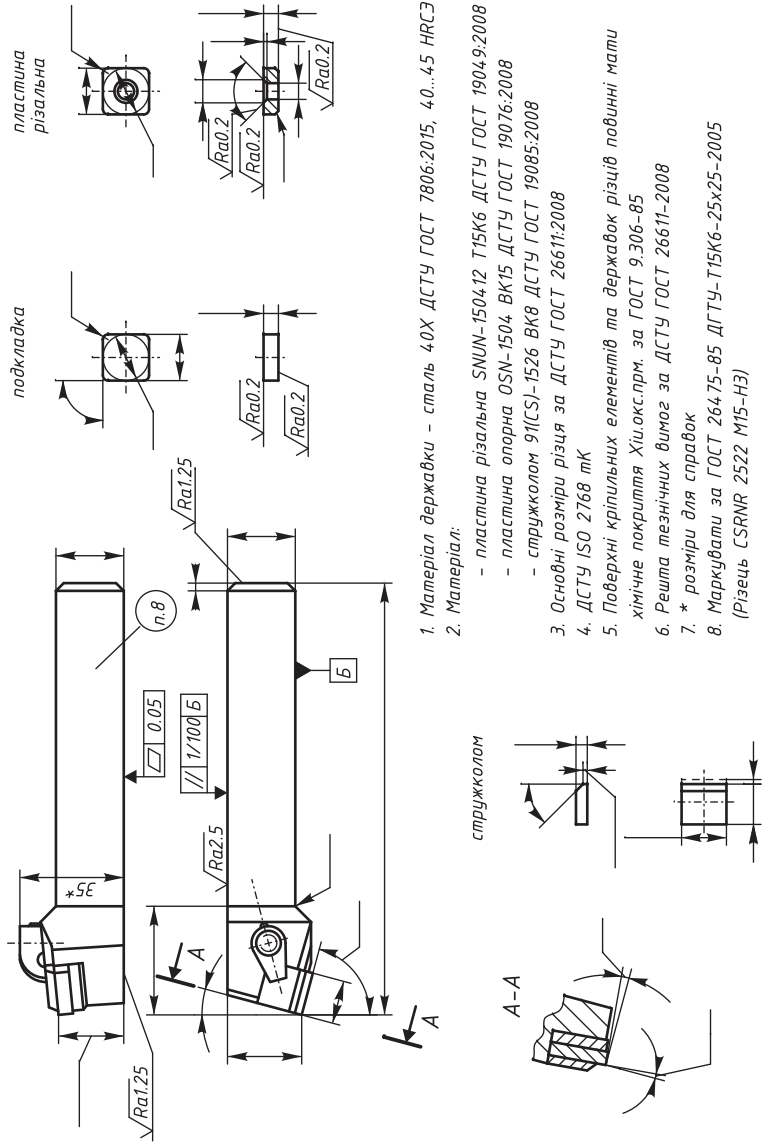
2. Визначення кута θ_B

$$\begin{aligned}\theta_B &= 90^\circ + \lambda \cos \varphi + \gamma_N \sin \varphi = \\ &= 90^\circ + 5^\circ \cos 45^\circ + 10^\circ \sin 45^\circ = 100^\circ 36' .\end{aligned}$$

3. Визначення кута θ_B

$$\begin{aligned}\theta_B &= \frac{\gamma_N \cos \varphi}{\cos (5 \cos \varphi)} - \lambda \sin \varphi = \\ &= \frac{10^\circ \cos 45^\circ}{\cos (5^\circ \cos 45^\circ)} - 5^\circ \sin 45^\circ = 3^\circ 32' .\end{aligned}$$

Зауваження. Поворот елементів пристрою необхідно виконувати у послідовності розрахунку кутів. Тобто, спочатку поворот по шкалі *A*, потім поворот по шкалі *B* і нарешті останній поворот по шкалі *B*.



1. Матеріал державки – сталь 40Х ДСТУ ГОСТ 7806:2015, 40...45 НРСЗ
2. Матеріал:
 - пластина різальна SNUN-150412 Т15К6 ДСТУ ГОСТ 19049:2008
 - пластина опорна OSN-1504 ВК15 ДСТУ ГОСТ 19076:2008
 - стружколом 91(CS)-1526 ВК8 ДСТУ ГОСТ 19085:2008
3. Основні розміри різця за ДСТУ ГОСТ 26611:2008
4. ДСТУ ISO 2768 mK
5. Поверхні кріпильних елементів та державок різців повинні мати хімічне покриття Хілокспрм. за ГОСТ 9.306-85
6. Решта технічних вимог за ДСТУ ГОСТ 26611-2008
7. * розміри для справок
8. Маркування за ГОСТ 26475-85 ДГТУ-Т15К6-25х25-2005 (Різець CSNR 2522 М15-НЗ)

Рис. 5.13: Ескіз різця (приклад)

5.3 Контрольні питання

1. Дати визначення поверхням заготовки при точінні: оброблювана, різання, оброблена.
2. Покажіть передній кута різця.
3. Покажіть задній кута різця.
4. Покажіть нормовані площини різця (основна, січна, різання).
5. Дати визначення головної і допоміжної задньою поверхонь, передньої поверхні.
6. По яких поверхнях заточують різець?
7. Що називається різцем?
8. Що таке лезо інструменту?
9. Що називається обробкою матеріалів різанням?
10. Що називається оброблюваною поверхнею?
11. Що називається обробленою поверхнею?
12. Що називається поверхнею різання?
13. Покажіть на лезі різця передню поверхню і дайте їй визначення.
14. Покажіть на лезі різця головну задню поверхню і дайте їй визначення.
15. Покажіть на лезі різця допоміжну задню поверхню і дайте їй визначення.
16. Покажіть на лезі різця головну різальну кромку.
17. Покажіть на лезі різця допоміжну різальну кромку; чим вона утворена?
18. Покажіть на різці його вершину; чим вона утворена?
19. Що таке основна площина і як вона позначається?
20. Що таке площина різання і як вона позначається?
21. Що таке головна січна площина і як вона позначається?
22. Що таке головний кут в плані?

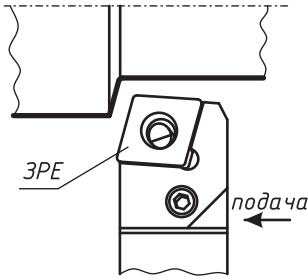
23. Що таке допоміжний кут в плані?
24. Що таке кут при вершині?
25. Що таке головний задній кут?
26. Що таке передній кут?
27. Що таке кут загострення?
28. Що таке кут різання?
29. Що таке кут нахилу головної різальної кромки?
30. Покажіть на кресленні кути в основній і головній січній площинах у прохідного відігнутого правого різця.
31. Покажіть на кресленні кути в основній і головній січній площинах у відрізного різця.
32. Покажіть на кресленні кути в основній і головній січній площинах у розточувального різця.

5.4 Додаткові відомості

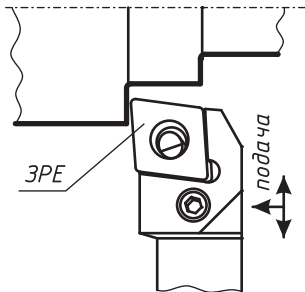
Різці автоматизованого виробництва

В автоматизованому виробництві застосовують різці оснащені змінними різальними елементами (ЗРЕ).

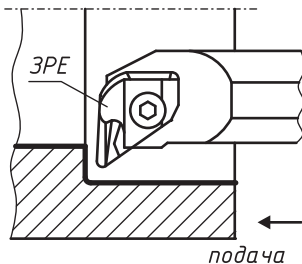
Основна відмінність такого інструменту – можливість застосування однієї оправки (корпусу) із різними різальними елементами. Наприклад, для чорнового або чистового точіння.



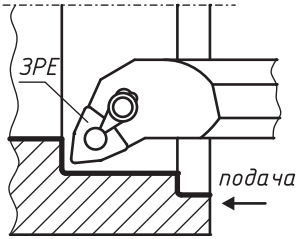
Прямий прохідний різець.
Призначений для оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь.



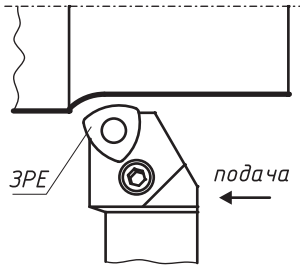
Прямий підрізний різець.
Призначений для оброблення торцевих поверхонь та уступів. У разі необхідності може обробляти торцеві поверхні. Є найбільш поширеним у застосуванні.



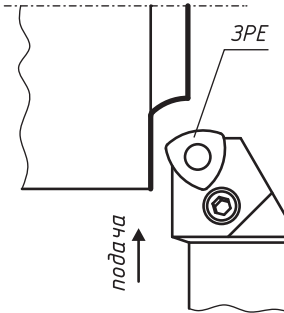
Розточувальний різець.
Призначений для розточування отворів. Напрямок подачі – паралельно осі отвору.



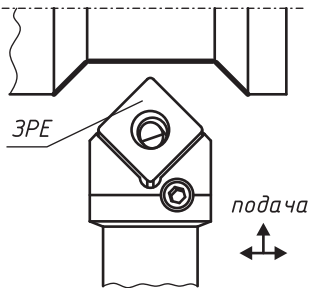
Розточувальний різець.
Призначений для розточування отворів. Напрямок подачі – як паралельно так і перпендикулярно осі отвору



Різець з округлою формою різальної кромки. Застосовують для фінішного оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь.



Різець з округлою формою різальної кромки. Застосовують для фінішного оброблення зовнішніх торцевих поверхонь.



Різець з квадратним різальним елементом. Конструкція оправки дозволяє обробляти деталь в протилежних напрямках “вліво” та “вправо”. Такий різець застосовують під час утворення канавок значної ширини.

На жаль, кожна фірма-виробник виготовляє інструмент своєї конструкції. Це обумовлене виключно ринковою політикою – придбавши інструмент однієї фірми, споживач вимушений і далі користуватись “послугами” цієї фірми.

Існує досить багато систем кріплення змінного різального елемента на оправці різця, але всі вони є різновидами чотирьох основних схем поданих нижче.

На всіх схемах (рис. 5.14 – 5.17) прийняті такі умовні позначення:

- 1 – змінний різальний елемент;
- 2 – підкладка під змінний різальний елемент.

Змінний різальний елемент

Різальний елемент може мати різну форму, яка залежить від конкретної технологічної операції.

Підкладка

Це пластина з твердої сталі. Її призначення – розподілити навантаження від різального елемента на оправку.

Отже, існують такі базові схеми кріплення змінного різального елемента на оправці токарного різця.

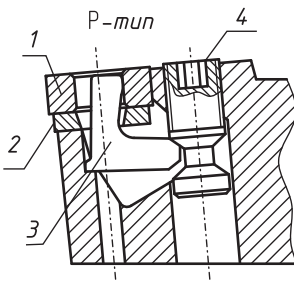


Рис. 5.14: P-тип

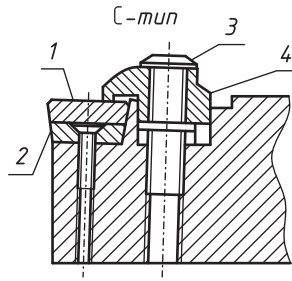


Рис. 5.15: C-тип

Р-тип

Найбільш широке поширення отримали конструкції інструменту (рис. 5.14), засновані на кріпленні різальних багатограничних пластин важелем 3, котрий повертається гвинтом 4. Цей спосіб забезпечує надійне закріплення різальної пластини і базування в корпусі інструменту при відносно великих допусках на виготовлення елементів кріплення.

С-тип

Кріплення пластин защіпкою (рис. 5.15) забезпечує найбільшу стійкість різців. Защіпка 4 закріплена гвинтом 3 дозволяє використовувати різальні пластини із задніми кутами, а так само пластини малих розмірів. Недоліком такого виду кріплення є громіздка конструкція.

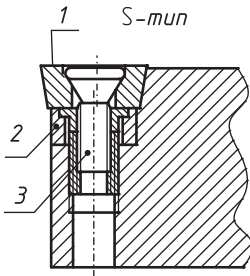


Рис. 5.16: S-тип

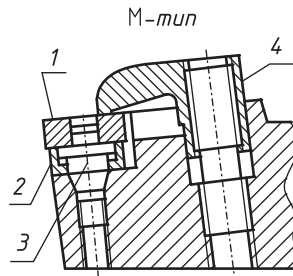


Рис. 5.17: M-тип

S-тип

З метою підвищення компактності, застосовують конструкцію інструменту з кріпленням різальних пластин гвинтом 3 (рис. 5.16). Така конструкція механізму кріплення різальних пластин не відрізняється високою мірою надійності її фіксації.

Проте з точки зору застосування цієї конструкції при закріпленні різальних пластин в різцевому блоці під час оброблення фасонних поверхонь, кріплення гвинтом є найпривабливішим.

Зауваження. Головною особливістю S-типу є те, вісь гвинта та вісь конічної головки не є збіжні. Головка виконана

тиком чином, щоб у момент затиску різального елемента вона притискала його бічною стороною. Отже, головка притискає пластину вниз та вбік (до оправки) одночасно.

М-тип

Защіпок 4 з пластиною на осі 3 (рис. 5.17) забезпечує достатню жорсткість кріплення пластин в різцевому блоці, але як і кріплення С-типу значне по габаритах. Конструкція кріплення різальних пластин на штифті не забезпечує жорсткості закріплення різальних пластин і точності установки.

Зауваження. Сучасні інструментальні виробники пропонують декілька десятків різновидів конструктивних схем кріпленні змінних різальних елементів. Кожен виробник рекламує свій виріб – як найкращий, але за експлуатаційними параметрами вони мало відрізняються один від одного.

Пілотні конструкції різців



Токарні різці сучасного виробництва
[EWS Group]



Модульна конструкція токарного різця
для верстата з ЧПК
[EWS Group]



Кріплення типу Р
[TaeguTec]



Кріплення типу С
[TaeguTec]



Кріплення типу S
[TaeguTec]



Кріплення типу M
[TaeguTec]

Література

- [1] В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. Резание металлов и режущий инструмент. - М. : Машиностроение, 1967. 500 с.
- [2] Краткий справочник металлиста. Изд.2-у. М.: Машиностроение, 1971 – 757 с.
- [3] П.Р. Родин. Металлорежущие инструменты. Киев "Вища школа", 1974, – 400 с.
- [4] ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения.
- [5] ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення : Обработка резанием. Термины, определения и обозначения : чинний від 1995-01-01. Офіц.вид. К. : Держстандарт України, 1994. – 63с
- [6] ГОСТ 5688-61 Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия.
- [7] ГОСТ 10047-62 Резцы из быстрорежущей стали. Технические условия.

6 СВЕРДЛА

6.1 Теоретичні відомості

Спіральне свердло

Осьовий різальний інструмент для утворення отворів в цільному матеріалі та/або збільшення діаметру наявного отвору.

Спіральне свердло – один з найпоширених інструментів сучасного машинобудування. Приблизно 30% всіх технологічних операцій – свердлення¹⁴.

В процесі роботи свердло здійснює два рухи:

- обертальний (*головний рух*);
- і поступальний (*рух подачі*).

Результатом складання цих рухів (поступального та обертально) є гвинтовий рух свердла, а відповідно і його різальних елементів. Свердло завжди здійснює безперервне різання. Кожна точка різальної кромки свердла рухається по гвинтовій траєкторії.

6.1.1 Конструктивні елементи

Свердло має такі основні конструктивні елементи (рис. 6.1):

Робоча та різальна частини

Це частина інструмента, яка безпосередньо виконує роботу – свердлить отвір. Її складовою частиною є різальна частина, яка безпосередньо зрізує матеріал заготовки.

¹⁴Насправді у спірального свердла немає ніякої спіралі. Спіральне свердло винайшли в Америці на межі ІХХ та ХХ ст. Спочатку його так і називали “американське свердло”. Теоретично правильно його називати – гвинтовим свердлом, через те що воно має стружкові канавки гвинтової форми. Але так вже склалося . . .

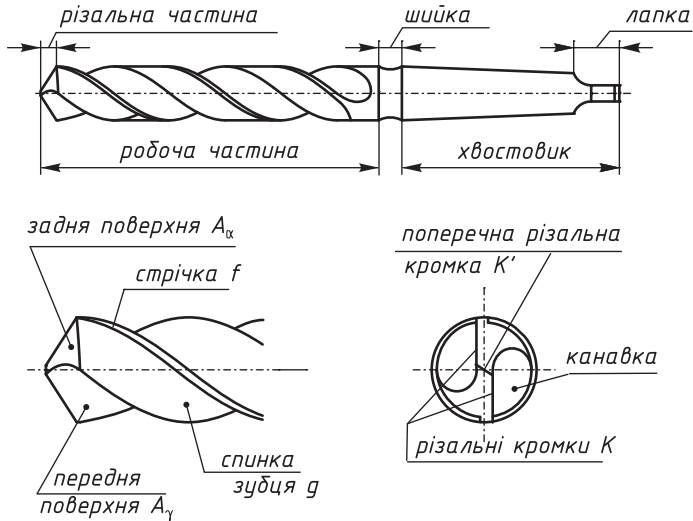


Рис. 6.1: Конструктивні елементи свердла

Хвостовик із лапкою	Це частина яка з'єднує інструмент (свердло) із верстатом. Хвостовик вставляють в отвір шпинделю верстата. З лапкою дещо складніше. Єдине призначення лапки – допомогти вийняти свердло із шпинделя.
Шийка	Це перехідна (<i>приєднувальна частина</i>) між робочою частиною та хвостовиком. Як правило на її поверхні наносять маркування.

Дещо про лапку та хвостовик

Крутний момент передає конічний хвостовик, завдяки тертю між ним та отвором шпинделю.

Лапка ніякого моменту не передає. Вона слугує для полегшення вийняття свердла із шпинделю.

6.1.2 Різальна частина

Різальна частина спірального свердла стандартної конструкції має такі елементи (рис. 6.2):

Дві передні поверхні A_γ – що є гвинтовими поверхнями постійного кроку. Можна стверджувати, що вони утворені гвинтовим рухом різальних кромek вздовж осі свердла. По цих поверхнях сходить стружка.

Дві задні поверхні A_α – їх форма залежить від способу заточування свердла і може бути:

- частиною гвинтової поверхні (*масове виробництво*);
- площиною (*твердосплавні*);
- конічною (*малосерійне виробництво*);
- циліндричною (*свердла малого діаметру*).

Дві головні різальні кромки K – утворені перетином передніх поверхонь (гвинтова поверхня канавок, по яких сходить стружка) і задніх поверхонь (поверхні, звернені до поверхні різання).

Поперечна різальна кромка K' – утворена перетином двох задніх поверхонь. Її форма визначається формою задніх поверхонь, які у свою чергу залежать від способу заточування свердла.

Дві стрічки свердла f – порівняно вузька ділянка на циліндричній (боковій) поверхні свердла ($f = 0,5 \dots 20$ мм). Вона забезпечує центрування свердла в оброблюваному отворі під час різання.

Дві спинки зубця g – це поверхня розташована безпосередньо за стрічкою на боковій циліндричній поверхні свердла. Вона має заниження на $0,5 \dots 1,5$ мм відносно зовнішнього діаметру свердла. Це заниження зроблено для того щоб у процесі роботи свердло не торкалось вже обробленої поверхні отвору.

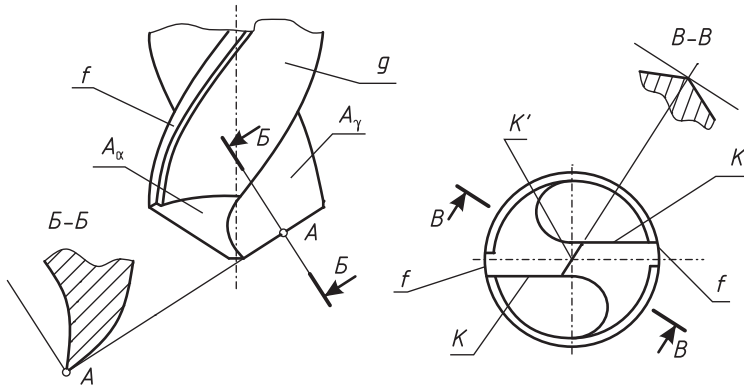


Рис. 6.2: Різальна частина свердла

- A – досліджувана точка різальної кромки;
 A_γ – передня гвинтова поверхня стружкової канавки;
 A_α – задня поверхня свердла (її форма залежить від способу заточування);
 f – бокова стрічка;
 g – спинка свердла;
 K – головна різальна кромка (дві штуки);
 K' – поперечна різальна кромка.

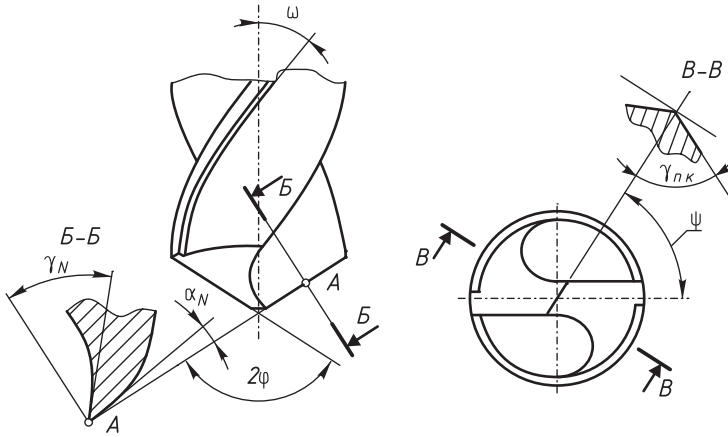


Рис. 6.3: Геометрія свердла

A – досліджувана точка різальної кромки;

2φ – кут при вершині свердла;

γ_N – передній кут свердла у площині нормальній до різальної кромки;

$\gamma_{нк}$ – передній кут поперечної різальної кромки (для свердла він від'ємний);

α_N – задній кут у площині нормальній до різальної кромки;

ψ – кут нахилу поперечної різальної кромки.

6.1.3 Геометричні параметри

Основні геометричні параметри (кути) стандартного свердла представлено на рис. 6.3. До них відносяться:

- кут ω нахилу гвинтової стружкової канавки;
- передній кут γ на головній різальній кромці K ;
- задній кут α на головній різальній кромці K ;
- кут нахилу ψ поперечної кромки K' ;
- кут 2φ при вершині свердла.

Кут 2φ при вершині свердла. Для свердла задають подвійний кут в плані 2φ – так його легше вимірювати. Кут 2φ – це кут між двома головними різальними кромками K свердла.

Для стандартного свердла ринкового призначення кут 2φ при вершині свердла приймають рівним 118° . Вплив величини кута φ на процес свердління видно з рис. 6.4.

Кут ω нахилу гвинтової канавки – це кут між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії (рис. 6.3), розташованої на зовнішньому діаметрі свердла.

Взагалі кут ω нахилу гвинтової канавки залежить від діаметру, на якому виконують вимірювання. Для кожної точки кромки свердла кут ω різний. Тому кут ω задають для зовнішнього діаметру свердла.

Кут ψ нахилу поперечної кромки K' (рис. 6.3) – визначає нахил поперечної різальної кромки K' відносно головної різальної кромки K .

Кут ψ вимірюють в площині перпендикулярній до осі свердла. Для стандартного свердла діаметром 15...80 мм кут ψ приймають рівним 55° . При такій величині кута ψ осьова складова сил різання виявляється найменшою.

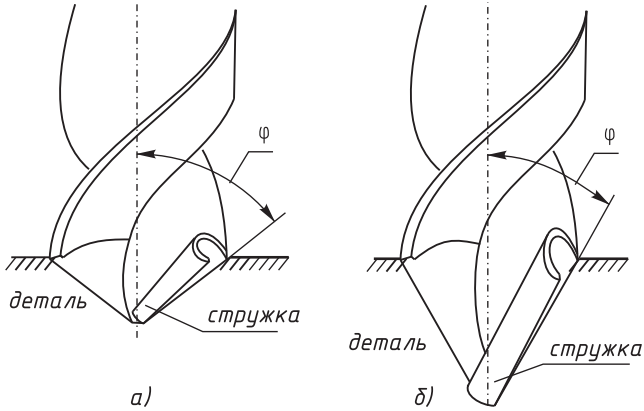


Рис. 6.4: Вплив кута при вершині

- а) – стружка розміщена у канавці;
 б) – стружка не може розміститись у канавці.

Передній кут γ свердла (рис. 6.5) можливо виміряти тільки для зовнішньої точки різальної кромки у площині паралельній до його осі.

Для інших точок різальної кромки передній кут γ доводиться розраховувати за формулою

- де γ_i – передній кут у розрахунковій точці;
 H – крок гвинтової канавки свердла, мм;
 r_i – відстань (радіус) від осі свердла до контрольованої точки, мм.

У свою чергу крок H гвинтової канавки свердла можливо розрахувати як

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega},$$

- де D – зовнішній діаметр свердла, мм;

ω – кут нахилу гвинтової канавки.

Задній кут α свердла (рис. 6.5) залежить від способу його заточування і, в загальному випадку, змінюється уздовж різальної кромки.

6.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції спірального свердла загального призначення та визначення його геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення:

- комплект свердел стандартної конструкції;
- засоби вимірювання.

Постановка задачі:

- ознайомитись з основними типами свердел;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості їх конструкції
- виміряти геометричні параметри спірального свердла;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз свердла та звіт.

Послідовність роботи

1. Визначити основні конструктивні елементи свердла.
2. Виконати (формат А3) ескіз свердла (рис. 6.11).
3. Виміряти та позначити на ескізі кути:
 - a) - головний кут в плані 2ϕ ;
 - b) - кут нахилу гвинтової канавки ω ;
 - c) - кут нахилу поперечної різальної кромки ψ .

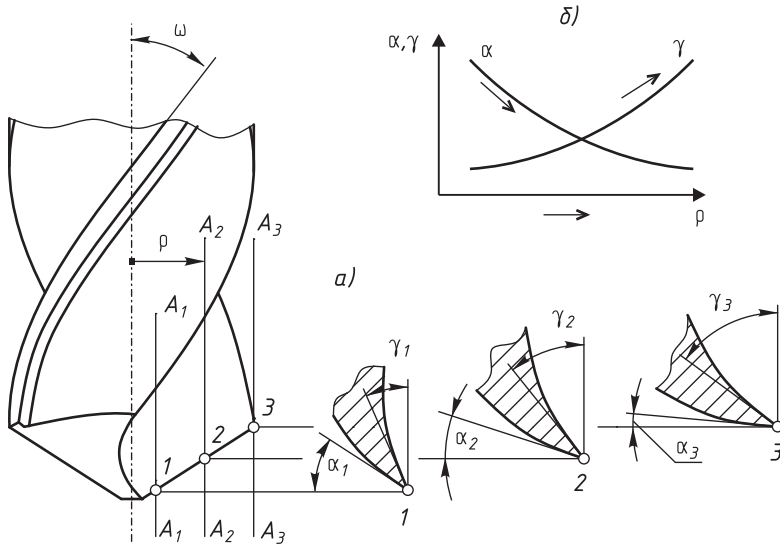


Рис. 6.5: Геометрія різальної кромки

- а) – передні та задні кути в різних точках кромки;
 б) – характер розподілу кутів вздовж кромки;
 A_i – перерізи паралельні до осі свердла;
 γ – передні кути у досліджуваних точках;
 α – задній кут у досліджуваних точках;
 ω – кут нахилу стружкової канавки на зовнішньому діаметрі свердла.

Зауваження. Кут ω ідентичний передньому куту γ_3 для крайньої точки 3 кромки виміряному у перерізі що паралельний осі свердла, тобто $\omega = \gamma_3$. Для інших точок це співвіднесення не дійсне.

4. Виміряти передній кут γ в площині що паралельна до осі свердла;
5. Розрахувати значення переднього кута для трьох точок кромки;
6. Виміряти задній кут $\alpha_{ц}$ у трьох точках різальної кромки (у циліндричному перерізі).
7. Розрахувати величину задніх кутів α_N у перерізах нормальних до різальної кромки.
8. Викреслити епюру розподілу задніх α_N та передніх кутів вздовж різальної кромки.

6.2.1 Конструктивні параметри

Вивчити та виміряти конструктивні елементи свердла. Результатом вивчення конструкції повинен бути ескіз свердла із розмірами (приклад на рис. 6.11 на с. 108).

Кут нахилу канавки

Кут ω нахилу стружкової канавки свердла можливо виміряти у такій послідовності:

- покласти свердло на чистий аркуш паперу (рис. 6.6,а);
- поруч з ним провести лінію паралельну свердлу (базова лінія БЛ);
- притиснути свердло та прокотити по аркушу (*результатом повинні бути вдавнені сліди*);
- виміряти кут ω між слідами свердла та базовою лінією.

Передній кут свердла

У стандартного спірального свердла передній кут γ_0 і кут ω нахилу стружкової канавки, виміряні у площині паралельній осі свердла, ідентичні. Тому передній кут γ_0 свердла вимірний на його периферії дорівнює куту ω .

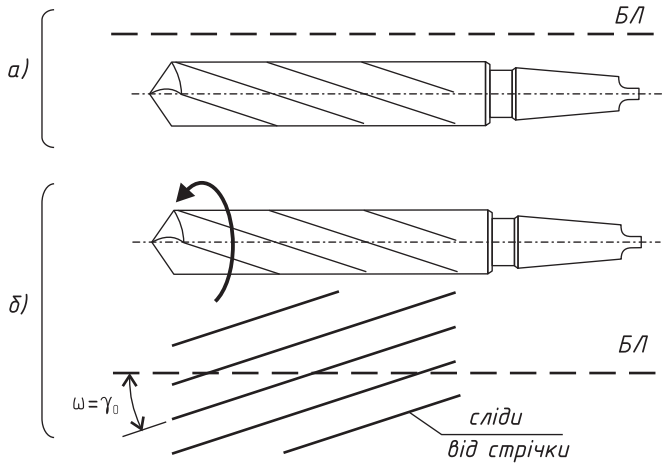


Рис. 6.6: Вимірювання переднього кута

Передній кут свердла можливо також виміряти застосовуючи інструментальний мікроскоп. Однак, зважаючи на технологію вимірювання та оптичні особливості мікроскопів, значної переваги це не дає.

Кут при вершині

Кут 2φ при вершині свердла та кут ψ нахилу поперечної різальної кромки, краще за все вимірювати за допомогою універсального кутоміра, як показано на рис. 6.7

Задній кут свердла

Задній кут $\alpha_{\text{ц}}$ у циліндричному перерізі свердла можливо виміряти тільки непрямым методом¹⁵.

4. Розглянемо рис. 6.8:

- свердло встановлено у втулці А, яка має можливість обертатись навколо своєї вісі;

¹⁵Непрямий метод вимірювання – це метод отримання результату за допомогою математичних розрахунків. Наприклад, об'єм кімнати можливо виміряти тільки в результаті перемноження певних розмірів.

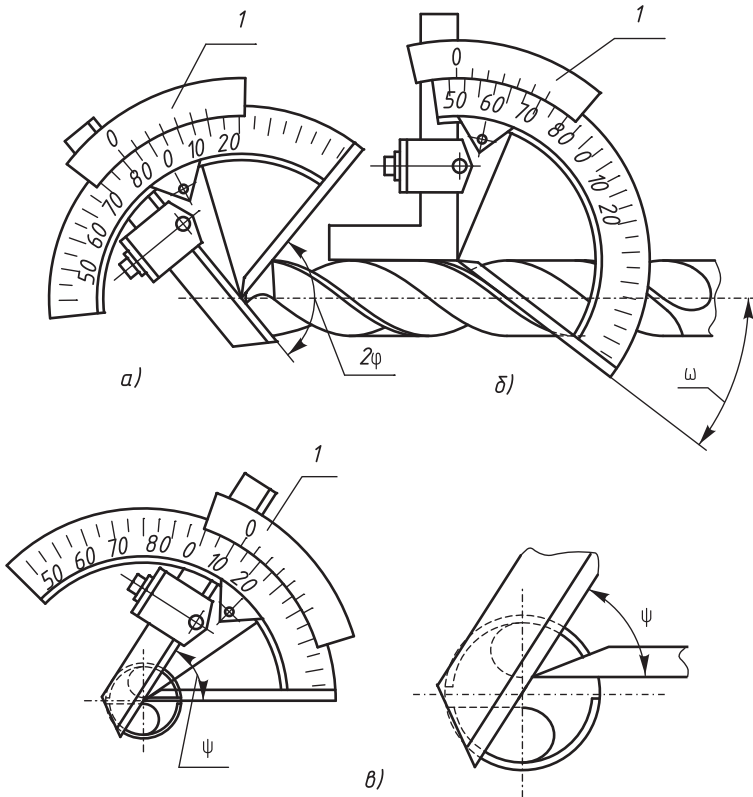


Рис. 6.7: Вимірювання свердла

- 1 – рухомий ноніус кутоміра;
 а) – схема вимірювання кута 2ϕ при вершині свердла;
 б) – схема вимірювання кута ω нахилу стружкової канавки свердла;
 в) – схема вимірювання кута ψ нахилу поперечної різальної кромки.

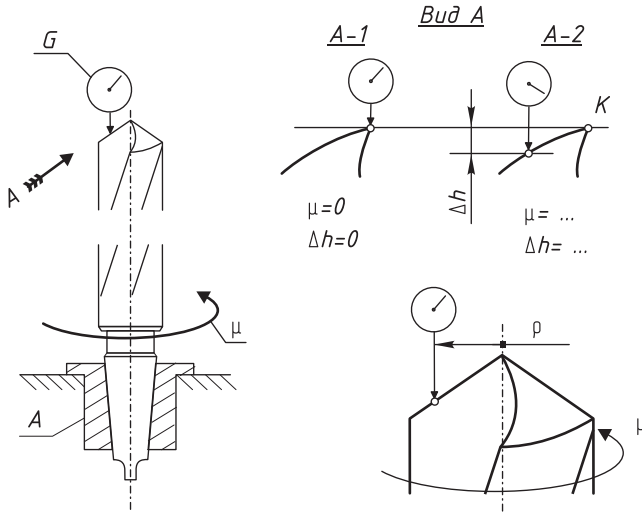


Рис. 6.8: Вимірювання заднього кута

- щуп індикатора G годинникового типу торкається задньої поверхні безпосередньо біля різальної кромки K (положення $A-1$).

5. Повернемо свердло (положення $A-2$):

- при повороті свердла на кут μ показання індикатора зміняться на величину Δh ;
- тоді задній кут $\alpha_{ц}$ свердла можливо розрахувати як

$$\operatorname{tg} \alpha_{ц} = \frac{\Delta h}{\rho \mu},$$

- де Δh – різниця показань індикатора годинникового типу до повороту свердла та після повороту;
- ρ – радіус на якому заходиться розрахункова точка (щуп індикатора) від осі свердла;
- μ – кут, на який було повернуто свердло, радіани.

Зауваження. Вимірний та розрахований таким способом задній кут $\alpha_{\text{ц}}$ не показує дійсну величину заднього інструментального кута. Це пояснюється тим, що не враховується форма задньої поверхні

6. Для визначення дійсної величини заднього кута $\alpha_{\text{ц}}$ вимірюваному у циліндричному перерізі (рис. 6.9) необхідно:

- не змінюючи величини радіусу ρ (не змінюючи положення індикатора G годинникового типу);
- декілька разів послідовно повернути свердло на $5-7^\circ$;
- після кожного повороту записати нову пару значень параметрів μ та Δh

μ°	0	5	10	...
Δh , мм	0			

- за отриманим рядом значень μ (у радіанах) та Δh побудувати графік за рис. 6.9 на якому:
 - крива Z – кільцевий переріз задньої поверхні A_α свердла на радіусі ρ ;
 - пряма D – дотична до кривої Z .
- порівняти отримані значення з результатами отриманими за методикою п. 5 на попередній сторінці.

7. Для визначення характеру розподілу заднього кута вздовж різальної кромки – необхідно провести виміри у трьох точках на різній відстані ρ від осі свердла, а саме:

- якомога ближче до серцевини свердла ρ_1 ;
- приблизно посередині різальної кромки ρ_2 ;
- на самій периферії свердла ρ_3 .

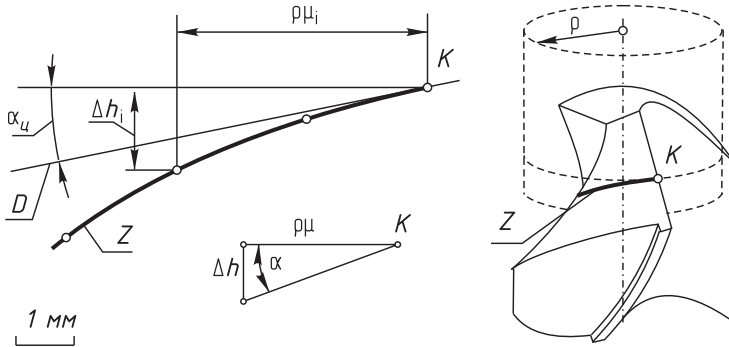


Рис. 6.9: Задній кут

Z – крива побудована за результатами вимірювання;

D – дотична до кривої Z ;

α_c – задній кут у циліндричному перерізі;

μ – кут повороту свердла у радіанах.

8. Задній кут α_N у перерізі нормальному до різальної кромки можливо розрахувати за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_c \sin \varphi.$$

Приклад 6.1 (Задній кут свердла)

За результатами вимірювань визначити задній кут свердла

Вихідні дані:

$\Delta h = 0,37$ мм різниця показань індикатора годинникового типу до повороту свердла та після повороту;

$\rho = 8,7$ мм радіус на якому заходиться розрахункова точка (щуп індикатора) від осі свердла;

$\mu = 11^\circ$ кут, на який було повернуто свердло;

$2\varphi = 118^\circ$ кут при вершині свердла.

Рішення:

1. Кут повороту μ у радіанах

$$\mu = 11^\circ = 0,19 \text{ рад.}$$

2. Задній кут свердла за результатами вимірювань

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{ц}} = \frac{\Delta h}{\rho \mu} = \frac{0,37}{8,7 \cdot 0,19} = 0,22,$$

звідки $\alpha_{\text{ц}} = 12^\circ 24'$.

3. Задній кут α_N у перерізі нормальному до різальної кромки свердла

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ц}} \sin \varphi = \operatorname{tg} 12^\circ 24' \sin 59^\circ = 0,188,$$

звідки $\alpha_N = 10^\circ 40'$.

6.2.2 Поновлення працездатності

Під час заточування відтворюють кутові параметри свердла: кут 2φ при вершині свердла, кут ψ нахилу поперечної різальної кромки та задній кут α на різальних лезах.

Свердла які застосовують для роботи на верстатах з ЧПК заточують по двом площинам, коли задня поверхня свердла утворена двома площинами – площиною R яка розташована безпосередньо біля різальної кромки, та площиною F яка розташована далі.

Для заточування свердла застосовують стандартне пристосування рис. 6.10 заточувального верстату¹⁶.

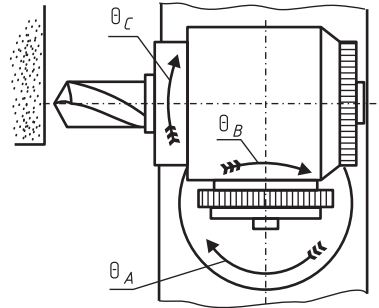


Рис. 6.10: Загострення свердла

¹⁶Подальший матеріал даного розділу люб'язно надав доц. Адаменко Ю. І.

Пристосування має три вісі обертання. Вісь A орієнтована вертикально, тобто перпендикулярно до столу верстата.

Вісь B орієнтована перпендикулярно до осі свердла та горизонтально відносно стола верстата.

Вісь C збігається з віссю свердла, тобто свердло має можливість обертатись навколо своєї осі.

Заточування свердла здійснюють у два етапи – спочатку обробляють площину R , а потім площину F . Можливі три наступні варіанти повороту свердла навколо осей заточувального пристрою:

- тільки навколо осей C і A ;
- тільки навколо осей B і A ;
- тільки навколо осей C і B .

Початкове положення

Вихідне положення свердла наведене на рис. 6.10. В початковому положенні осі C і B є горизонтальними, а вісь A – вертикальною прямою. Вісь свердла збігається з віссю C головки і йде перпендикулярно до робочої площини шліфувального круга. В початковий момент часу осі A , B і C є взаємно перпендикулярними.

Для того, щоб вірно встановити свердло під час заточування, його достатньо повернути лише навколо будь-яких двох осей. Під час повороту головки навколо осі C свердло обертається навколо своєї осі, а осі A і B при цьому не змінюють свого положення. Під час повороту навколо осі B вісь C змінить своє положення, а вісь A залишиться нерухомою.

Зауваження. У початковому положенні свердла різальна кромка повинна бути розташована горизонтально.

Аналітичні залежності розрахунку положень свердла під час заточування площин R і F за допомогою універсальної заточувальної головки наведені нижче.

Осі повороту	Площина R	Площина F
C та A $\theta_B^R = 0$ $\theta_B^F = 0$	$\theta_C^R = \theta^R$ $\operatorname{tg} \theta_A^R = \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^R}$	$\theta_C^F = \theta^F$ $\operatorname{tg} \theta_A^F = \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^F}$
B та A $\theta_C^R = 0$ $\theta_C^F = 0$	$\operatorname{tg} \theta_B^R = \frac{\operatorname{tg} \theta^R}{\operatorname{tg} \varphi}$ $\operatorname{tg} \theta_A^R = \operatorname{ctg} \varphi \cos \theta_B^R$	$\operatorname{tg} \theta_B^F = \frac{\operatorname{tg} \theta^F}{\operatorname{tg} \varphi}$ $\operatorname{tg} \theta_A^F = \operatorname{ctg} \varphi \cos \theta_B^F$
C та B $\theta_A^R = 0$ $\theta_A^F = 0$	$\theta_C^R = 90^\circ - \theta^R$ $\operatorname{tg} \theta_B^R = \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^R}$	$\theta_C^F = 90^\circ - \theta^F$ $\operatorname{tg} \theta_B^F = \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^F}$

у таблиці прийнято

$$\operatorname{tg} \theta^R = \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu},$$

$$\operatorname{tg} \theta^F = 2 \operatorname{ctg} \psi - \operatorname{tg} \theta^R,$$

$$\sin \mu = \frac{d}{D},$$

- де α – головний задній кут на периферії свердла;
 φ – кут при вершині свердла;
 ψ – кут нахилу поперечної різальної кромки свердла;
 d – діаметр серцевини свердла;
 D – зовнішній діаметр свердла.

Зауваження. Під час установки свердло треба повертати навколо осей у такій послідовності: $C \Rightarrow B \Rightarrow A$.

Приклад 6.2 (Заточування свердла)

Розрахувати кути установки заточувальної головки для заточування спірального свердла.

Вихідні дані:

$D = 22$ мм зовнішній діаметр свердла;

$d = 4$ мм діаметр серцевини;

$2\varphi = 120^\circ$ кут при вершині свердла;

$\psi = 55^\circ$ кут нахилу поперечної кромки;

$\alpha = 12^\circ$ задній кут свердла.

Рішення:

1. Визначення кута μ

$$\sin \mu = \frac{d}{D} = \frac{4}{22} = 0,1818,$$

звідки $\mu = 10^\circ 29'$.

2. Визначення кута θ^R

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta^R &= \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi - \sin \mu}{\cos \mu} = \frac{\operatorname{tg} 12^\circ \operatorname{tg} 60^\circ - \sin 10^\circ 29'}{\cos 10^\circ 29'} = \\ &= 0,1895, \end{aligned}$$

звідки $\theta^R = 10^\circ 44'$.

3. Визначення кута θ^F

$$\operatorname{tg} \theta^F = 2 \operatorname{ctg} \psi - \operatorname{tg} \theta^R = 2 \operatorname{ctg} 55^\circ - \operatorname{tg} 10^\circ 44' = 1,2109,$$

звідки $\theta^F = 50^\circ 27'$.

4. Кути установки під час заточування площини R

$$\begin{aligned} \theta_B^R &= 0^\circ, \\ \theta_C^R &= \theta^R = 10^\circ 44', \\ \operatorname{tg} \theta_A^R &= \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^R} = \frac{\operatorname{ctg} 60^\circ}{\cos 10^\circ 44'} = 0,5876, \end{aligned}$$

звідки $\theta_A^R = 30^\circ 26'$.

5. Кути установки під час заточування площини F

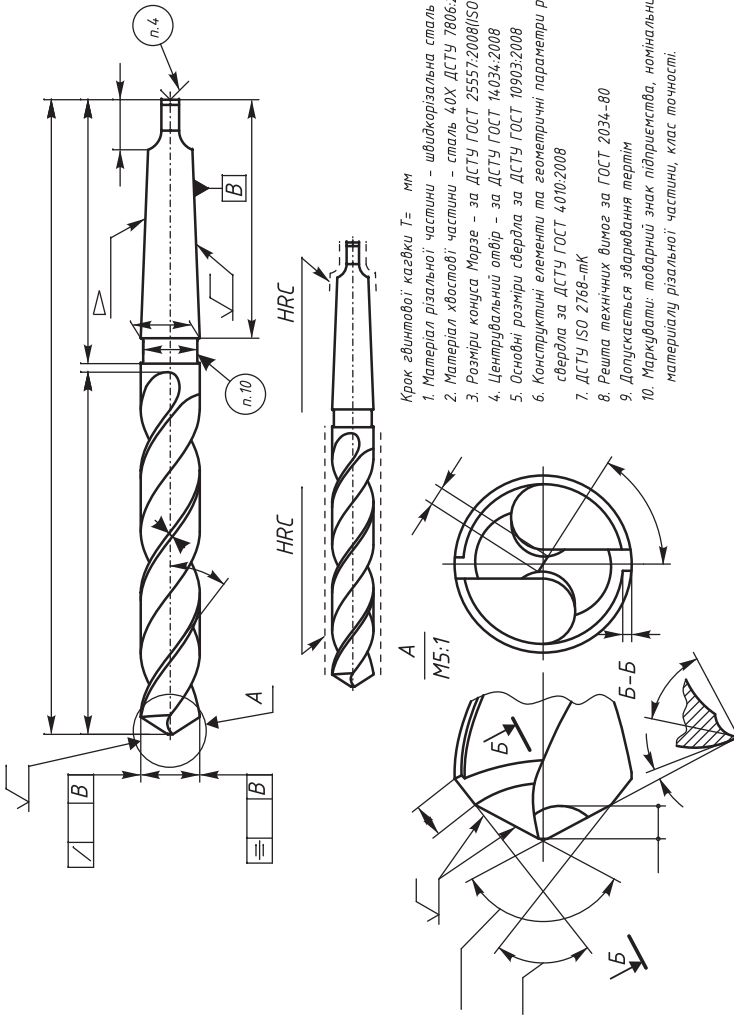
$$\begin{aligned}\theta_B^F &= 0^\circ, \\ \theta_C^F &= \theta^F = 50^\circ 27', \\ \operatorname{tg} \theta_A^F &= \frac{\operatorname{ctg} \varphi}{\cos \theta^F} = \frac{\operatorname{ctg} 60^\circ}{\cos 50^\circ 27'} = 0,9067,\end{aligned}$$

звідки $\theta_A^F = 42^\circ 12'$.

6. Після заточування проконтролювати кути свердла.

6.3 Контрольні питання

1. Покажіть передню та задню поверхні свердла.
2. Що впливає на форму задньої поверхні свердла?
3. Покажіть поперечну різальну кромку.
4. Поясніть від чого залежить форма поперечної кромки.
5. Покажіть бокову стрічку свердла. Навіщо вона?
6. По якій поверхні переточують свердло?
7. Покажіть кут нахилу поперечної кромки свердла.
8. Як виміряти задній кут свердла?
9. Як виміряти кут нахилу стружкової канавки?
10. Чому дорівнює передній кут свердла на його периферії?
11. Чи змінюється величина переднього кута свердла вздовж його різальної кромки?
12. Передній кут на поперечній різальній кромці свердла додатний чи від'ємний?
13. Чи змінюється величина заднього кута свердла вздовж його різальної кромки?
14. Що таке діаметр серцевини свердла?
15. В якому перерізі було знайдено задній кут свердла?
16. Якщо свердло було заточено по двом площинам, то яку форму має задня поверхня?



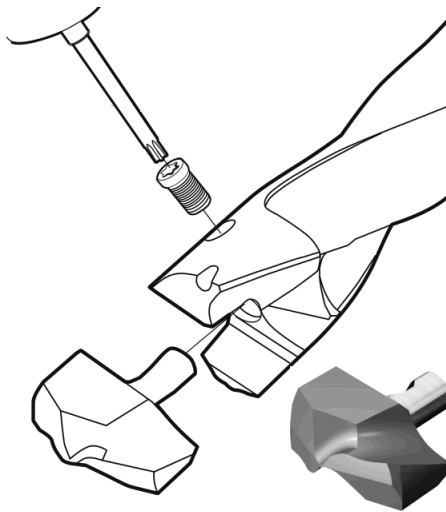
- Крок гвинтової каівки $T =$ мм
1. Матеріал різальної частини – швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265–73
 2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015
 3. Розміри конуса Морзе – за ДСТУ ГОСТ 25557:2008(ISO 296:1991)
 4. Центріфугальний отвір – за ДСТУ ГОСТ 14.034:2008
 5. Основні розміри свердла за ДСТУ ГОСТ 10903:2008
 6. Конструктивні елементи та геометричні параметри різальної частини свердла за ДСТУ ГОСТ 4010:2008
 7. ДСТУ ISO 2768-тк
 8. Решта технічних вимог за ГОСТ 2034–80
 9. Допускається зварювання терміт
 10. Маркування: товарний знак підприємства, номінальний діаметр, марка матеріалу різальної частини, клас точності.

Рис. 6.11: Ескіз свердла

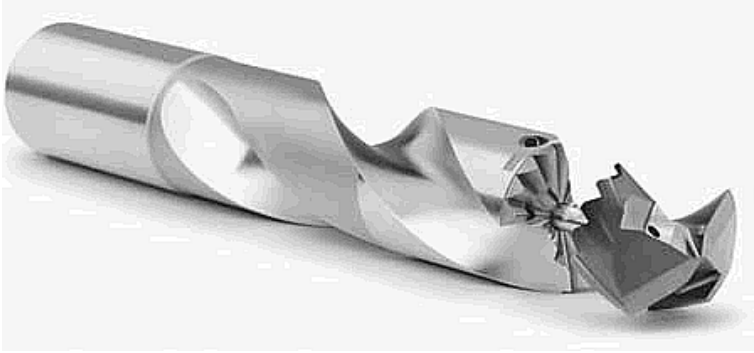
6.4 Додаткові відомості



Свердло із змінними твердосплавними
пластинами
[Sandvik Coromant]



Свердло із змінним різальним елементом
[Sandvik Coromant]



Свердло із змінним різальним модулем
[Vidia Group]

На відміну від свердел котрі мають змінні багатогранні пластини, така конструкція має цільний різальний модуль.

Це представник так званого модульного типу інструментів. Його особливість в тому, що залежно від потреб змінюють не тільки різальний елемент, а всю різальну частину (з потрібною геометрією та розмірами).

Застосування модульної конструкції інструменту дозволяє значно скоротити потребу в інструменті. Адже змінний модуль може мати не тільки іншу геометрію, але і будь-який розмір (звісно у розумних межах).

Література

- [1] В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. Резание металлов и режущий инструмент. - М. : Машиностроение, 1967. 500 с.
- [2] П.Р. Родин. Металлорежущие инструменты. Киев "Вища школа", 1974, 400 с.
- [3] ГОСТ 2034. Сверла спиральные. Технические условия
- [4] ГОСТ 25557-82. Конусы инструментальные. Основные размеры
- [5] ГОСТ 14034-74. Отверстия центровые. Размеры.
- [6] ГОСТ 2848-75. Конусы инструментов. Допуски. Методы и средства контроля.

7 ЗЕНКЕР

7.1 Теоретичні відомості

Зенкер

Осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми отвору та збільшення його діаметру.

7.1.1 Призначення

Зенкер призначений для оброблення вже існуючих отворів з метою покращення їх характеристик, або часткової зміни форми. Основні типи зенкерів наведені на рис. 7.1.

Циліндричний зенкер

Циліндричний зенкер (рис. 7.1, *a*) застосовують для покращення параметрів поверхні отвору, що вже існує.

Циліндричний зенкер зрізує незначний припуск, що дозволяє отримати поверхню з малою шорсткістю та більш правильною геометричною формою. Застосовують такий зенкер як проміжну технологічну операцію перед розвертування, нарізуванням різьби.

Отже, циліндричний зенкер застосовують у тих випадках, коли необхідно мати достатньо добру поверхню отвору.

Ступінчастий зенкер

Ступінчастий зенкер (рис. 7.1, *б*) застосовують для утворення посадкових поверхонь під головки болтів.

Ступінчастий зенкер завжди має напрямний циліндр *1*, який центрує зенкер відносно осі обробленого отвору.

Конічний зенкер

Конічний зенкер (рис. 7.1, *в*) утворює поверхні під конічні головки гвинтів. Інколи його застосовують для утворення фасок.

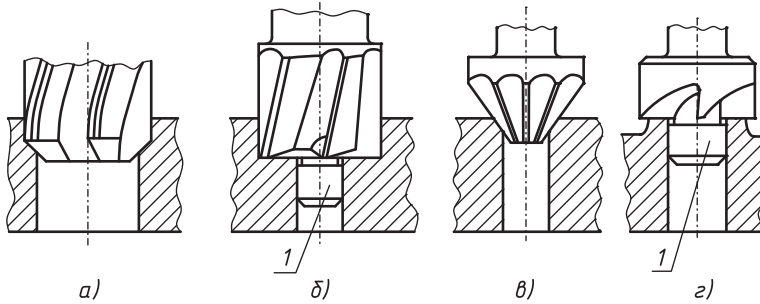


Рис. 7.1: Типи зенкерів
1 – напрямний циліндр.

Конічний зенкер, залежно від призначення, має стандартний кут при вершині: або 60° (для потайних гвинтів), або 90° (для зняття фасок).

Торцевий зенкер

Основне призначення торцевих зенкерів (рис. 7.1, г) це оброблення торцевих поверхонь для болтів у деталях отриманих методом литва.

7.1.2 Конструктивні елементи

Найбільш поширеним є циліндричний зенкер цільної конструкції (рис. 7.2) він складаються з таких частин.

Робоча частина	Це частина інструмента, яка безпосередньо виконує роботу – оброблює отвір.
Хвостовик із лапкою	Це частина яка з'єднує інструмент (зенкер) із верстатом. Хвостовик вставляють в отвір шпинделя верстата. Єдине призначення лапки – допомогти вийняти зенкер із шпинделя.
Шийка	Це перехідна (приєднувальна частина) між робочою частиною та хвостовиком. Як правило, на її поверхні наносять маркування.

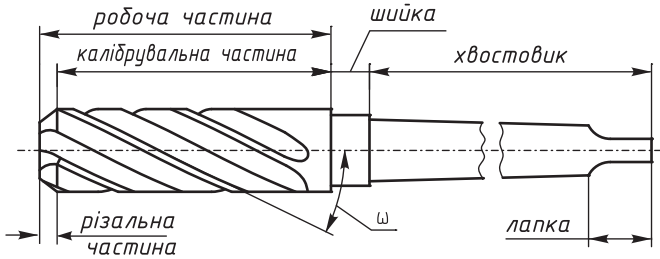


Рис. 7.2: Цільний зенкер

ω – кут нахилу стружкової канавки;

Зауваження. Калібрувальна частина зенкеру нічого не калібрує. Вісь процес різання локалізовано на різальній кромці.

Калібрувальна частина

Калібрувальна частина нічого не калібрує, це суто історична назва. Остаточний розмір обробленого отвору залежить від крайньої точки (діаметру) різальної частини (її різальних кромки).

Різальна частина

Різальна частина зенкера дуже схожа на різальну частину спірального свердла і має схожі конструктивні елементи, які детально показані на рис. 7.3.

Передня поверхня A_γ – це гвинтова поверхня постійного кроку по якій сходять зрізана стружка.

Задня поверхня A_α – у зенкера це проста площина. Заводи виробники інструменту інколи виконують задню поверхню як гвинтову.

Різальна кромка K – у зенкера це пряма лінія. Зенкер зрізає матеріал заготовки невеликої товщини, тому форма різальної кромки не має суттєвого впливу на процес різання.

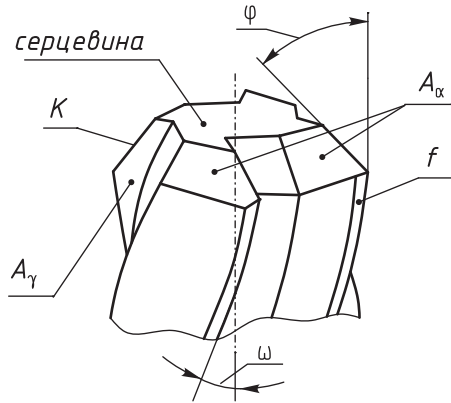


Рис. 7.3: Різальна частина зенкера

- φ – кут у плані при вершині;
- ω – кут нахилу стружкової канавки;
- K – різальна кромка (у зображеного зенкера їх чотири);
- f – стрічка на боковій поверхні калібрувальної частини, центрує інструмент у вже обробленому отворі (у зображеного зенкера їх чотири);
- A_γ – передня поверхня зенкера (у зображеного зенкера їх чотири);
- A_α – задня поверхня зенкера (у зображеного зенкера їх чотири).

Бокова стрічка f – шириною 1-2 мм центрує інструмент в обробленому отворі. Завдяки наявності 3-4 бокових стрічок, зенкер добре центрується в оброблюваному отворі.

Хвостовик слугую для закріплення інструмента в шпинделі верстата та передачі крутного моменту.

Лапка слугує виключно для того, щоб вийняти інструмент із шпинделю.

Напрямний циліндр мають зенкери, які утворюють посадкові поверхні під головки болтів. Їх призначення – центрувати зенкер відносно отвору, що вже існує.

Зенкер “виправляє” вже існуючий отвір отриманий і результаті свердлування. Це пояснюється тим, що зенкер має більшу жорсткість ніж свердло та зрізує тонший шар матеріалу заготовки.

Зовнішній діаметр

Критичним елементом зенкера є його зовнішній діаметр, котрий зменшується в процесі експлуатації інструмента. Результатом цього процесу є те, що зенкер, як інструмент ще є працездатним, але не може бути застосований через зміну (зменшення) свого діаметру.

З метою економії інструментального матеріалу, використовують збірні зенкери насадної конструкції (рис. 7.4). Такий зенкер надівають на оправку (рис. 7.5), котра має конічний посадковий конус 1.

Посадковий конус 1 центрую різальну частину на оправці. Крутний момент передається через торцеву шпонку 2.

Поперечний переріз

Зенкер видаляє тонкий шар припуску під оброблення, що дозволяє мати стружкові канавки незначного розміру. Профіль торцевого перерізу зенкерів різного призначення та різних конструкцій наведено на рис. 7.6. Зверніть увагу на значний (порівняно із свердлом) внутрішній діаметр зенкеру.

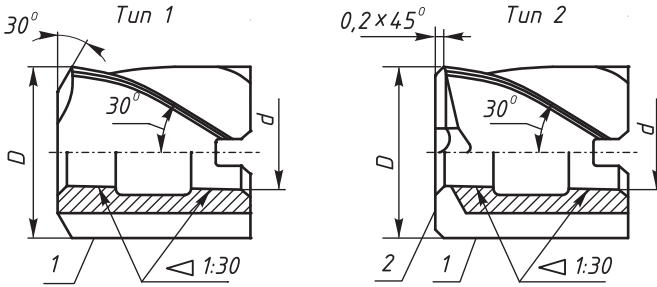


Рис. 7.4: Насадний зенкер

Тип 1 – оброблення циліндричних наскрізних отворів.

Має заборний конус з кутом 30° ;

Тип 2 – оброблення глухих отворів або отворів, що мають прямокутний уступ. Заборного конусу немає, але є торцеві зубці і невелика фаска.

1 – циліндрична (бокова) різальна кромка;

2 – торцева різальна кромка.

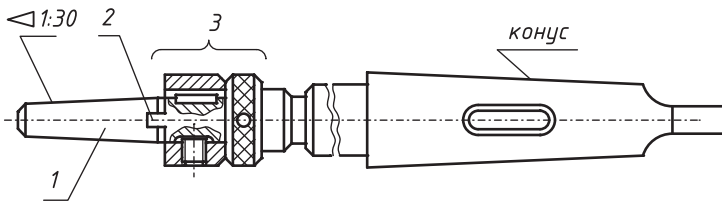


Рис. 7.5: Оправка насадного зенкера

1 – посадковий конус для встановлення зенкеру;

2 – торцева шпонка, яка передає крутний момент;

3 – блок регулювання осьового положення зенкеру.

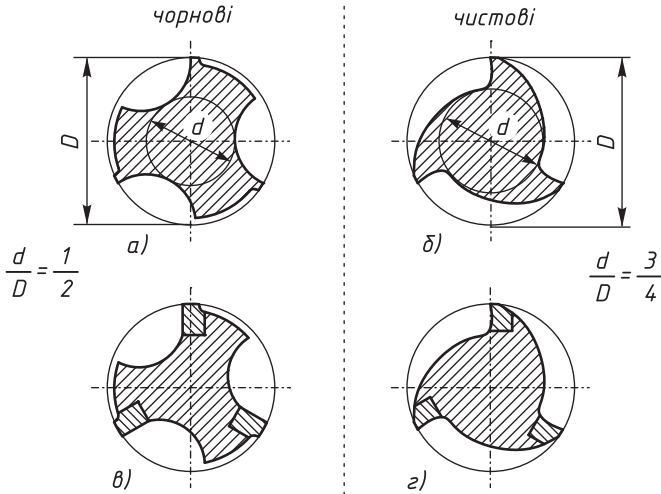


Рис. 7.6: Торцевий переріз зенкера

Профілі *а* та *б* за рис. 7.6 застосовують для зенкерів цільної конструкції виготовлених з інструментальних сталей.

Профілі *в* та *г* за рис. 7.6 застосовують для зенкерів оснащених різальними елементами виготовленими із твердого сплаву.

Відповідно до призначення – чорновий або чистовий, профілі *а* та *в* застосовують для чорнового оброблення, а профілі *б* та *г* – для чистового оброблення.

Зенкери для чистового оброблення мають невеликі стружкові канавки та відносно товсту серцевину. Це забезпечує значну жорсткість інструменту, а відповідно і мале викривлення осі оброблюваного отвору.

7.1.3 Схема роботи

Схема за якою зенкер зрізує припуск наведена на рис. 7.7. Вона однакова для всіх типів зенкерів.

Припуск *t* на сторону матеріалу, що видаляє чорновий зенкер становить 2-4 мм. Для чистових зенкерів припуск *t* лежить у межах 0,5-1 мм.

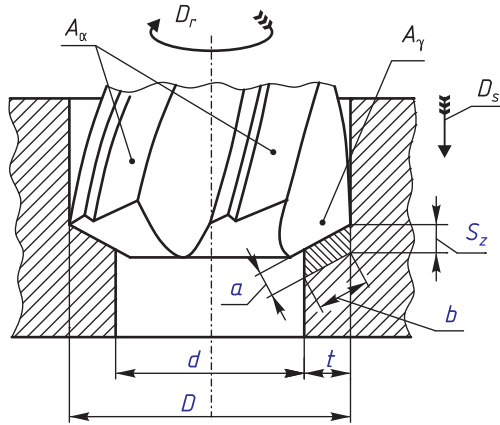


Рис. 7.7: Схема роботи зенкера

- d – діаметр отвору під зенкування;
 D – діаметр отвору утвореного зенкером;
 S_z – осьова подача зенкера що припадає на одне лезо $S_z = S_o/Z$, де: Z – кількість різальних елементів; S_o – осьова подача зенкеру;
 a – товщина зрізаного шару;
 b – ширина зрізаного шару;
 t – глибина (величина) припуску;
 A_γ – передня поверхня;
 A_α – задня поверхня.

Подача S_z на зуб залежить від осьової подачі S_o інструменту та кількості Z різальних елементів і становить $S_o = S_o/Z$. В середньому $S_o = 0,2 \dots 0,4$ мм/об.

Товщина зрізу a залежить від величини осьової подачі S_z на зуб і кута φ при вершині.

7.1.4 Геометричні параметри

Геометричні параметри різальної частини звичайного зенкеру для оброблення наскрізних отворів подано на рис. 7.8.

Переріз $N-N$ показує геометрію різальної кромки. Переріз N_1-N_1 показує геометрію бічної частини інструменту.

Кут ω нахилу стружкових канавок. Якщо зенкер має гвинтові стружкові канавки, необхідно визначити кут ω їх нахилу. Кут ω залежить від властивостей оброблюваного матеріалу і зазвичай лежить у межах $10-25^\circ$.

Передній кут γ виміряють у площині перпендикулярній до різальної кромки і позначають як γ_N .

Задній кут α різальної частини (на різальній кромці) зенкерів приймають у межах $6 \dots 15^\circ$. Задній кут на боковій калібрувальній частині, через наявність циліндричної стрічки f шириною $0,5 \dots 2$ мм, дорівнює нулю, .

Кут φ заборної частини є важливим елементом зенкера. Величина кута φ впливає на форму стружки і на відведення її з канавок. Якщо немає особливих умов, то рекомендується кут φ приймати в наступних межах:

- для обробки сталі $\varphi = 60^\circ$;
- для обробки чавуну $\varphi = 45^\circ$;
- для роботи в підрізуванні торця $\varphi = 90^\circ$;
- для зенкерів з твердими сплавами $\varphi = 60^\circ$;
- для двозубих зенкерів $\varphi = 75^\circ$.

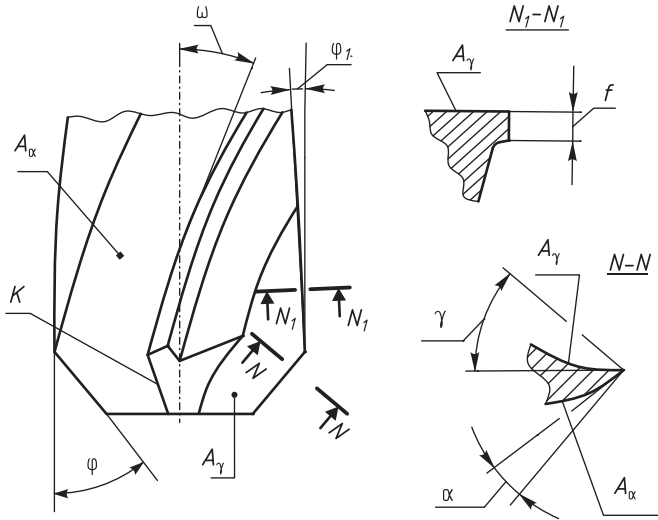


Рис. 7.8: Геометричні параметри зенкера

- K – різальна кромка;
- A_γ – передня поверхня;
- A_α – задня поверхня;
- f – бокова стрічка;
- φ – кут при вершині;
- φ_1 – кут зворотної конусності;
- ω – кут нахилу стружкової канавки;
- α – задній кут різального елемента;
- γ – передній кут різального елемента;

Кут φ_1 зворотної конусності забезпечує отримання циліндричного отвору.

Наявність зворотної конусності обумовлена наступним. Під час виготовлення зенкеру його шліфують по зовнішньому діаметру, але виготовити ідеально циліндричним неможливо. Якщо інструмент буде мати пряму конусність, то він утворить конусний отвір, а це неприпустимо. Тому в конструкцію зенкера закладають зворотню конусність в межах $1/3$ допуску на зовнішній діаметр зенкеру.

7.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції зенкера загального призначення та визначення його геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення:

- комплект зенкерів стандартної конструкції;
- засоби вимірювання – кутомір, штангенциркуль.

Постановка задачі

- ознайомитись з основними типами стандартних зенкерів;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості їх конструкції;
- виміряти геометричні параметри зенкеру;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз зенкеру та звіт.

Послідовність виконання

1. Вивчити основні елементи зенкера, їх призначення і конструкцію.

2. На підставі попереднього вивчення визначити тип і призначення інструменту.

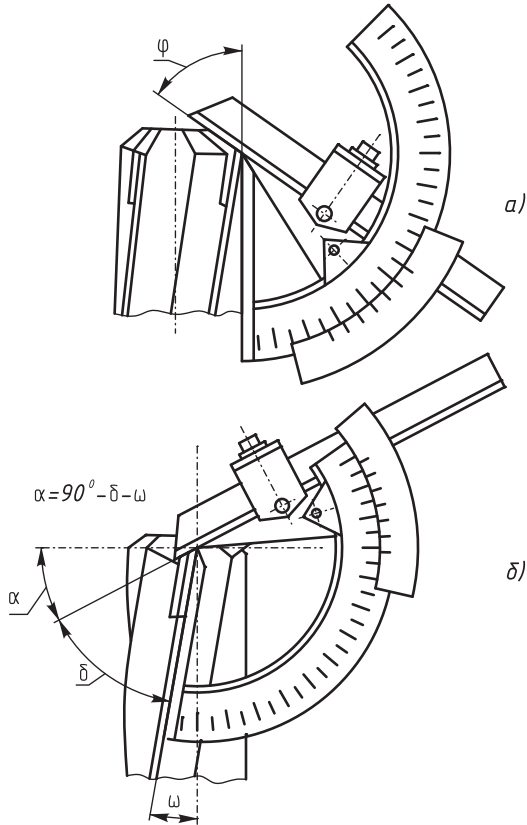


Рис. 7.9: Вимірювання геометрії зенкера

- а) – схема вимірювання кута заборного конусу;
б) – схема вимірювання кута загострювання δ .

3. Виміряти геометричні параметри інструменту (рис. 7.9).
 - 3.1. Виміряти кут ω нахилу стружкової канавки.
 - 3.2. Виміряти передній кут γ різальної частини.
 - 3.3. Виміряти задній кут α зенкера;
 - 3.4. Виміряти кут φ заборного конусу;
4. Виконати ескіз зенкеру формату АЗ (рис. 7.11).
5. Нанести значення кутових та лінійних параметрів інструменту на ескіз.
6. Позначити площини (основну, головну січну, різання).
7. Оформити звіт.

7.2.1 Конструктивні параметри

Вивчити та виміряти конструктивні елементи зенкеру. Результатом вивчення конструкції повинен бути ескіз свердла із розмірами (приклад на рис. 7.11 на с. 129).

Кут нахилу канавки

Кут ω нахилу стружкової канавки зенкеру можливо виміряти у такій послідовності:

- покласти зенкер на чистий аркуш паперу;
- поруч з ним провести лінію паралельну зенкеру (базова лінія БЛ);
- притиснути зенкер та прокотити по аркушу (*результатом повинні бути вдавнені сліди*);
- виміряти кут ω між слідами зенкеру та базовою лінією.

Кути при вершині

За рис. 7.9 на попередній сторінці виміряти кут заборного конусу та інші кути різальної частини.

7.2.2 Поновлення працездатності

Поновлення працездатності зенкера полягає в заточуванні його задніх поверхонь.

Варіант 1

Для заточування використовують стандартні центра рис. 7.10. Пристрій разом із зенкером 1 розвертають на величину кута φ заборного конусу, а передню поверхню опускають на упор 3 який розташовано нижче осі центрів.

Головною умовою якісного заточування є установка розміру h упору який можливо розрахувати за наведеними нижче формулами.

Вихідними параметрами для розрахунків є: діаметр зенкера, задній кут та кут заборного конусу. Розрахунки виконують у такій послідовності¹⁷

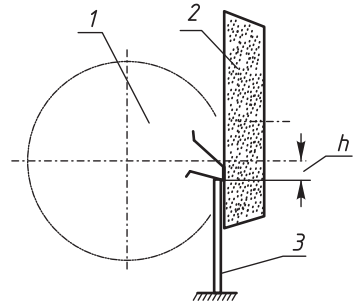


Рис. 7.10: Заточування зенкера

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi}, \\ h &= \frac{d}{2} \sin \theta, \end{aligned}$$

де α_N – задній кут зенкера у перерізі нормального до різальної кромки;

φ – кут заборного конусу;

d – діаметр зенкера;

h – зниження упору відносно осі центрів.

Після встановлення зенкера необхідно повернути стіл верстату на кут заборного конусу.

¹⁷Краткий справочник металлиста. под ред. Малова А.М. М., Машиностроение, 1971. – 767 с. Стр. 676.

Варіант 2

Для заточування зенкера застосовують стандартну поворотну головку¹⁸. У такому випадку для суміщення задньої поверхні заборного конусу із торцем абразивного круга, необхідно зенкер повехнути навколо горизонтальної осі на кут θ_r та потім навкруги вертикальної осі на кут θ_b

$$\operatorname{tg} \theta_b = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_r \qquad \operatorname{tg} \theta_r = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi},$$

де α_N – задній кут зенкера у перерізі нормальному до різальної кромки;

φ – кут заборного конусу;

Приклад 7.1 (Зенкер у центрах)

Заточити стандартний зенкер цілісної конструкції по задній поверхні застосовуючи центра.

Вихідний дані:

$d = 22 \text{ mm}$ діаметр зенкеру;

$\varphi = 60^\circ$ кут заборного конусу;

$\alpha_N = 15^\circ$ задній кут на заборній частині зенкру.

Рішення:

1. Визначення кута θ

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi} = \frac{\operatorname{tg} 15^\circ}{\cos 60^\circ} = 0,5359,$$

звідки $\theta = 28^\circ 11'$.

2. Визначення параметру h

$$h = \frac{d}{2} \sin \theta = \frac{22}{2} \sin 28^\circ 11' = 5,2 \text{ мм.}$$

¹⁸Палей М.М. Технология производства металлорежущих инструментов. М.: Машиностроение, 1982. – 256 с. Стр. 203.

3. Отже, опорна поверхня упору (вершина) повинна бути розташована на 5,2 мм нижче за ось центрів пристрою.

4. Після заточування перевірити кутові параметри інструменту та занести результати до звіту.

Приклад 7.2 (Зенкер у головці)

Заточити стандартний зенкер цілісної конструкції по задній поверхні застосовуючи стандартну поворотну головку заточувального аерстату.

Вихідні дані:

$\varphi = 60^\circ$ кут заборного конусу;

$\alpha_N = 15^\circ$ задній кут на заборній частині зенкру.

Рішення:

1. Визначення кута θ_Γ

$$\operatorname{tg} \theta_\Gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi} = \frac{\operatorname{tg} 15^\circ}{\cos 60^\circ} = 0,5359,$$

звідки $\theta_\Gamma = 28^\circ 11'$.

2. Визначення кута θ_B

$$\operatorname{tg} \theta_B = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta_\Gamma = \operatorname{tg} 60^\circ \cos 28^\circ 11' = 1,5267,$$

звідки $\theta_B = 56^\circ 46'$.

3. Отже, спочатку необхідно повернути зенкер навколо горизонтальної осі на кут $\theta_\Gamma = 28^\circ 11'$, а потім навколо вертикальної на кут $\theta_B = 56^\circ 46'$.

4. Після заточування перевірити кутові параметри інструменту та занести результати до звіту.

7.3 Контрольні питання

1. Поясніть призначенні зенкера.
2. В чому різниця між чорновим та чистовим зенкерами?
3. Чому дорівнює величина кута φ на забірній частині зенкера?
4. Для чого на боковій стороні зенкера роблять циліндричну стрічку?
5. Чому дорівнює задній кут різальної частини зенкера?
6. Чому дорівнює задній кут на боковій стрічці?
7. Чому дорівнює кут ω нахилу стружкової канавки?
8. Перелічить типи зенкерів.
9. Навіщо застосовують збірні зенкери?
10. Який приблизний припуск на сторону зрізує зенкер?
11. Покажіть передню поверхню зенкеру.
12. Покажіть задню поверхню зенкеру.
13. Покажіть головні різальні кромки зенкеру.
14. Поясніть чому на зенкері роблять зворотну конусність калібрувальної частини.
15. Поясніть призначення циліндричної напрямної.

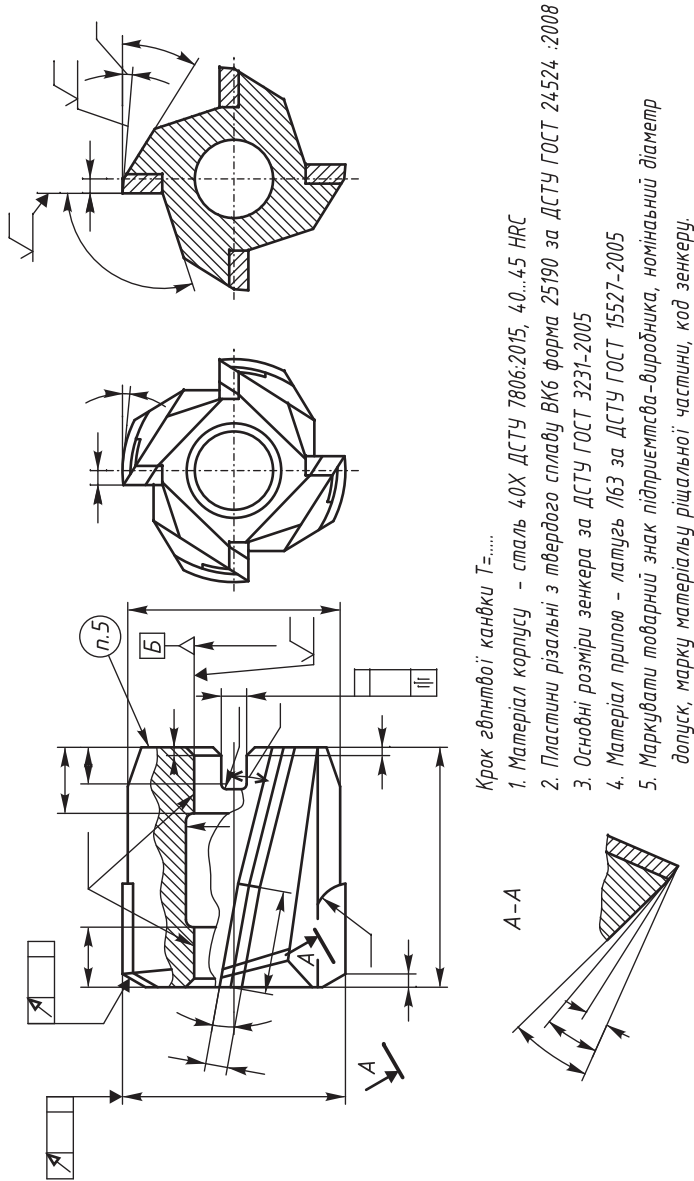


Рис. 7.11: Ескіз насадного зенкеру

7.4 Додаткові відомості



Зенкер конічний з чотирма лезами
[ST Group]

Зенкер має чотири леза котрі розташовані на конічній поверхні. Така конструкція дозволяє обробляти як фаски, так і заглиблення з конічною основою.



Зенкер конічний з одним лезом
[ST Group]

Зенкер має одне лезо яке розташовані на конічній поверхні. Така конструкція протидіє можливим коливанням, тому її застосовують під час оброблення нежорстких деталей.

Література

- [1] В.А.Аршинов, Г.А.Алексеев, Резание металлов и режущий инструмент, 1976 г.
- [2] В.А.Аршинов, Г.А.Алексеев, Р.М.Кричевская. Конструирование инструмента, 1979 г.
- [3] А.М.Вульф, Резание металлов, 1975 г.
- [4] ГОСТ 1677-75 Зенкеры цельные и со вставными ножами из быстрорежущей стали
- [5] ГОСТ 21565-76 Зенкеры насадные
- [6] ГОСТ 21586-76 Зенкеры для обработки отверстий диаметром от 3 до 80 мм в деталях из легких сплавов

8 РОЗВЕРТКИ

8.1 Теоретичні відомості

Розвертка

Багато зубий (багатолезовий) осьовий інструмент, який призначений для підвищення точності форми і розмірів отвору, та зменшення шорсткості його поверхні.

Розвертування є процесом оброблення отворів з метою отримання підвищеної чистоти і точності. Відмінність розвертки від свердла або зенкера полягає в тому, що розвертка має значно більшу кількість різальних кромок.

Стандартна розвертка має 6-8 зубів (інколи до 12-16), що дозволяє отримати отвір 7-го квалітету і шорсткість поверхні отвору $Ra = 1,25$ що еквівалентно шліфуванню.

Принцип роботи розвертки наведено на рис. 8.1. Розвертка діаметром D обробляє попередньо утворений отвір d .

Припуск t на операцію розвертування становить 0,05-0,15 мм на сторону. Це дозволяє отримати достатньо добру якість поверхні отвору.

Осьова подача S_z що припадає на один різальний елемент, залежить від кількості зубців розвертки і загалом становить приблизно 0,1 мм.

8.1.1 Конструктивні елементи

Типова конструкція розвертки, що представлена на рис 8.1 має такі основні конструктивні (функціональні) елементи:

Робоча частина 1 складається з двох основних складових – різальної та калібрувальної. Довжина та форма цих частин залежить від призначення розвертки, матеріалу деталі та інших параметрів.

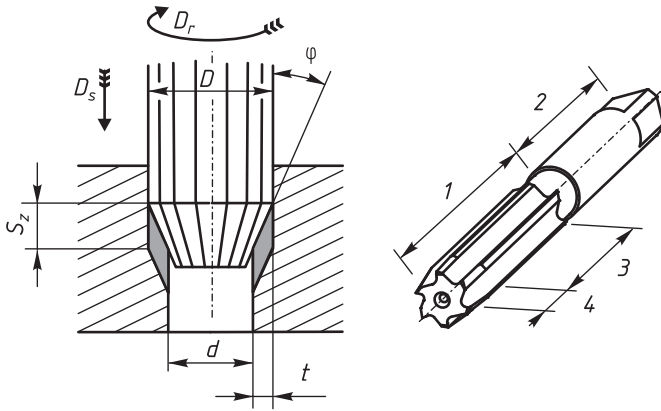


Рис. 8.1: Розвертка стандартна

- 1 – робоча частина;
- 2 – хвостовик;
- 3 – калібрувальна частина;
- 4 – різальна частина.

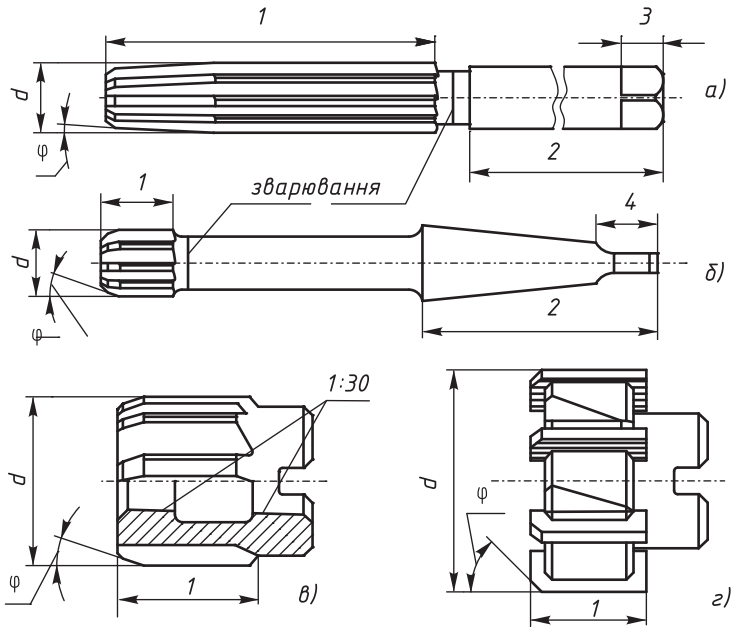


Рис. 8.2: Типи розверток

- а) – цільна ручна розвертка;
- б) – цільна машинна розвертка;
- в) – цільна насадна розвертка;
- г) – збірна насадна розвертка;
- 1 – робоча частина;
- 2 – хвостовик;
- 3 – квадрат під ручний вороток;
- 4 – лапка машинної розвертки;
- φ – кут заборного конусу;
- d – робочий діаметр інструменту.

Хвостовик 2 розвертки служить для поєднання робочої частини інструменту з верстатом або іншим пристроєм, який утримує розвертку в процесі роботи.

Різальна частина 4 зрізує припуск на оброблення та утворює отвір необхідного діаметру.

Калібрувальна частина 3 розвертки нічого не калібрує, вона направляє інструмент в обробленому отворі. Остаточне формування розміру обробленого отвору здійснює різальна частина.

8.1.2 Типи розверток

Існує чотири основні типи (різновиди) розверток, що застосовуються у машинобудуванні:

- цільна ручна розвертка, яку приводить у дію робітник своїми руками (рис. 8.2,а);
- цільна механічна розвертка, яку приводить у дію верстат, зазвичай свердлувальний (рис. 8.2,б);
- цільна насадна розвертка, яка має тільки робочу частину що насаджується на оправку (рис. 8.2,в);
- збірна насадна розвертка, яка має тільки збірну робочу частину що насаджується на оправку (рис. 8.2,г).

Розвертки цільної конструкції застосовують тільки для інструментів діаметром менше 10 мм. Більші за діаметром розвертки виконують зварними – робоча частина із інструментальної сталі, а хвостова із сталі 40Х. Проте в обох випадках розвертки називають цільними.

Починаючи з 25. . . 30 мм розвертки можна виготовляти не хвостовими, а насадними, Насадні розвертки бувають як цільними (рис. 8.2,в) (виготовлені цілком із інструментальної сталі), так і збірної конструкції (рис. 8.2,г). У збірних розверток тільки різальні елементи виготовлені із інструментального матеріалу, а корпус зазвичай із сталі 40Х.

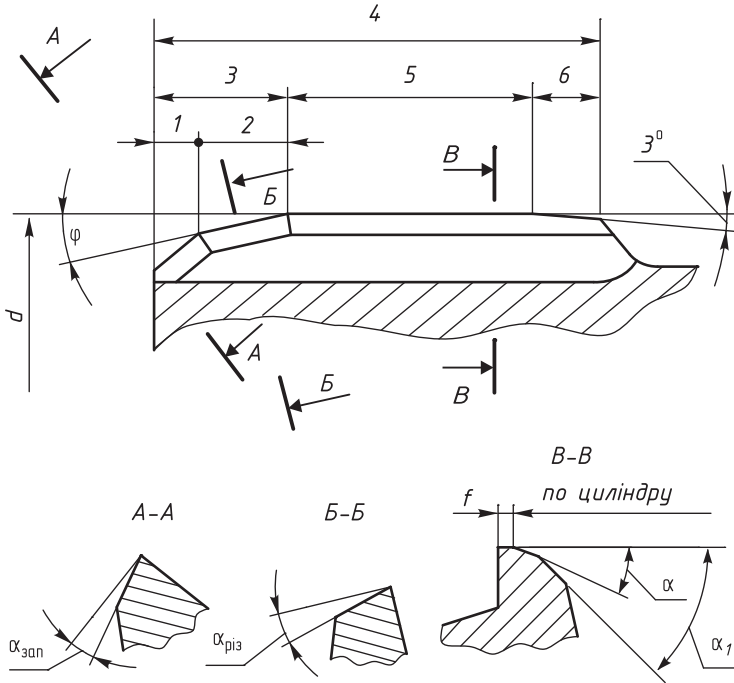


Рис. 8.3: Робоча частина розвертки

- 1 – запобіжний заборний конус;
- 2 – різальний заборний конус;
- 3 – різальна частина розвертки;
- 4 – робоча частина в цілому;
- 5 – калібрувальна частина;
- 6 – зворотний конус;
- f – циліндрична фаска;
- φ – кут заборного конусу;
- α та α_1 – основний та додатковий задні кути калібрувальної частини;
- $\alpha_{\text{зап}}$ – задній кут на запобіжному конусі;
- $\alpha_{\text{різ}}$ – задній кут на різальному заборному конусі.

На відміну від ручних розверток, машинні розвертки мають коротку робочу частину і часто меншу кількість зубів.

Машинні розвертки виготовлені із інструментальної сталі завжди мають конічний хвостовик.

8.1.3 Робоча частина

Всі розвертки незалежно від конструкції мають однакові елементи на різальній частині (рис. 8.3).

Різальна частина зрізує матеріал припуску на оброблення отвору розверткою. Вона складається з двох заборних конусів – запобіжного та різального.

Запобіжний заборний конус призначений на той випадок, коли припуск на розвертування випадково виявиться більший ніж допустимо. В такому разі він зріже зайвий матеріал і збереже інструмент від поломки. Запобіжний конус виконують під кутом 45° .

Різальний заборний конус призначений для видалення припуску під оброблення¹⁹.

Заборний конус

Кут φ заборного конусу залежить від типу розвертки (машинна або ручна) та матеріалу деталі. На рис. 8.5 наведено типові форми заборного конусу для ручної *a* та машинної *b* розверток.

Обидві розвертки зрізують однаковий припуск *t*. Але ручну розвертку орієнтує в отворі робітник своїми руками (рис. 8.4), тому заборний конус виконують довшим – в такому випадку робітнику легше правильно зорієнтувати розвертку.



Рис. 8.4: Вороток [7]

¹⁹У більшості літератури цей конус називають просто “заборний конус розвертки.” А про запобіжний конус не згадують зовсім.

При машинному обробленні розвертку утримує шпindelь верстату і тому заборний конус можна зробити коротшим.

Одночасно із збільшенням кута φ заборного конусу росте осьове зусилля, утруднюється просування розвертки. Тому у ручних розверток кут в плані φ приймають невеликим в межах $2 \dots 4^\circ$, що сприяє плавному входу розвертки в отвір.

Машинні розвертки при роботі спрямовуються краще за ручних, тому довжина їх різальної частини (заборного конусу) може бути меншою, а кут в плані φ більшим. При обробленні сталі $\varphi = 12 \dots 15^\circ$. Для глухих отворів як у ручних, так і у машинних розверток $\varphi = 45 \dots 60^\circ$.

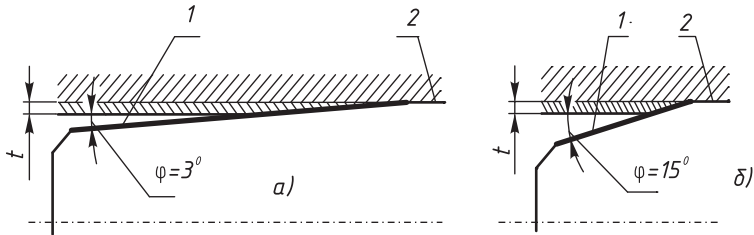


Рис. 8.5: Заборний конус

1 – заборний конус; 2 – калібрувальна частина.

Калібрувальна частина

Калібрувальна частина насправді нічого не калібрує – це суто історична назва. Її призначення – утримати розвертку в обробленому отворі і, скоріш, направляти в ньому ніж калібрувати.

Діаметр циліндричної калібрувальної частини визначає остаточний розмір обробленого отвору. Процес різання (зняття припуску) здійснюється тільки на заборному конусі. Треба мати на увазі, що калібрувальна частина насправді не зовсім циліндрична – вона має зворотну конусність у межах $1/3$ від допуску на виготовлення розвертки.

Зворотний конус

Зворотний конус має полегшити вихід розвертки із вже обробленого отвору під час зворотного руху інструменту із

отвору (коли розвертку виймають з отвору).

Це “полегшення” виходу інструменту з обробленого отвору досить спірне. Тому він не є обов’язковим. Зазвичай довжина зворотного конуса 3...5 мм. У більшості випадків замість зворотного конусу виконують звичайну фаску під кутом 45° .

Циліндрична фаска

Циліндрична фаска f визначає діаметр розвертки (діаметр обробленого отвору). Її ширина має бути мінімальною. Зазвичай $f = 0,05 \dots 0,1$ мм.

Чим менша ширина циліндричної фаски f тим краще буде оброблена поверхня отвору. Однак, чим менше f тим коротший вік розвертки. Загалом розвертка стандартного виконання може обробити 60-80 отворів. Після чого, в наслідок зношування, вона втрачає свій діаметральний розмір і стає непридатною до застосування.

Якщо зробити фаску f занадто широкою – поверхня обробленого отвору буде мати підвищену шорсткість. Це пояснюється тим, що на фасці f будуть налипати частки матеріалу деталі.

У випадку, коли необхідно отримати дуже добрий отвір, застосовують комплект з двох розверток: перша – чорнова, друга – чистова. Тоді ширина стрічки f на чорновій розвертці приблизно 0,1...0,15 мм, а на чистовій 0,05...0,07 мм.

Робоча частина

Довжину робочої частини розверток приймають по відповідних стандартах але головним чином залежить від способу роботи.

Для розвертки машинного приводу вона становить 1-1,5 від діаметру отвору який обробляється. Для ручних розверток довжина робочої частини складає 5...10 її діаметрів, а інколи і більше.

Зубці розвертки

Кількість зубів розвертки вибирають залежно від:

- оброблюваного матеріалу заготовки;

- діаметру інструменту (чим більший діаметр тем більше зубів);
- конструкції інструменту (цільна, складена).

Із збільшенням кількості зубів чистота обробки отворів підвищується, проте зменшується об'єм стружкових канавок, і вони можуть виявитися недостатніми для вільного розміщення стружки.

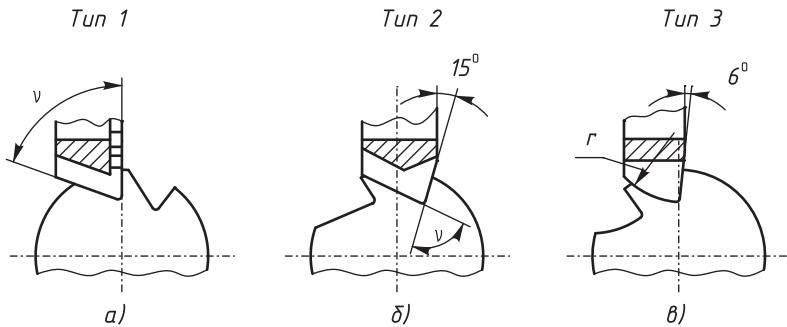


Рис. 8.6: Стружкові канавки розвертки

Розвертки мають від 6 до 14 зубів для цільних машинних і ручних розверток діаметром 3...50 мм. Розвертки зазвичай мають парне число зубів. Це полегшує вимір їх діаметру. Кількість зубів визначають по формулі $Z = 1,5D + 2$, для крихких металів приймають $Z = 1,5D + 4$.

Стружкові канавки

Стружкові канавки розвертки утворюють фрезеруванням дисковими фрезами (рис. 8.6). Профіль канавок типу 1 та 2 є звичайним. Форма типу 3 є покращеною – зуб хоч і тонший, але канавка більша.

Утворення стружкових канавок розверток здійснюється однокутовими (рис. 8.6,а) або двокутковими (рис. 8.6,б) фрезами з кутом профілю $\nu = 65 \dots 110^\circ$.

Для середніх і великих розмірів застосовується профіль з контуром стінки зуба по радіусу, що полегшує розміщення

стружки в канавках (рис, 8.6,в). Однак при значній довжині оброблюваного отвору це не дає ніяких переваг.

Зазвичай канавки у розверток роблять прямі, що спрощує їх виготовлення і контроль. Однак для оброблення отворів, що уриваються по довжині або мають канавки, застосовують розвертки з гвинтовими зубами.

Кутовий крок

Кутовий крок. Позитивний вплив на роботу розвертки має нерівномірний розподіл зубів по колу (кут ϵ на рис. 8.7).

Інкони стверджують, що це сприяє гасінню вібрацій, які виникають при роботі, особливо на підвищених режимах різання в умовах недостатньої жорсткості. Насправді це не зовсім так.

Нерівномірний кутовий крок роблять для того щоб зменшити огранку обробленого отвору. Коли зубці мають рівномірний крок, то на поверхні обробленого отвору утворюються поздовжні риски і поверхня отвору має чіткі грані (як гранний стакан тільки всередині). Але і це не є правдою. Грані отвору нікуди не зникають, вони просто стають більш плавними і тільки.

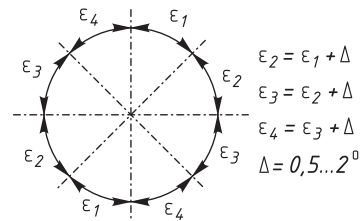


Рис. 8.7: Кутовий крок зубців розвертки

За ДСТУ ГОСТ 7722-77 передбачені спеціальні таблиці значень кутового кроку ϵ для розверток з різною кількістю зубців. Одночасно вказано, що розвертки діаметром меншим за 8 мм можуть мати рівномірний кутовий крок.

8.1.4 Геометричні параметри

Детальна геометрія розвертки представлена на рис. 8.3. Зуб розвертки на різальній частині заточують "доостра" (перерізи А-А та Б-Б). Ділянка 1 потрібна для захисту інструменту на випадок неочікуваного збільшення припуску.

На калібрувальній частині (переріз $B-B$) залишена циліндричної стрічки f шириною $0,1 \dots 0,2$ мм. Під час оброблення в'язких металів, щоб уникнути налипання часток металу, ширина стрічки зменшується до $0,05$ мм. Стрічка f служить для напряму розвертки в отворі, сприяє “калібруванню” отвору і полегшує контроль розвертки по діаметру.

Передній кут

Зазвичай передній кут приймається рівним нулю оскільки розвертка працює в зоні малої товщини шару, що зрізується ($t = 0,05 \dots 0,1$ мм). Характер протікання процесу різання залежить, головним чином, не від переднього кута, а від радіусу округлення різальної кромки, який співвідноситься з товщиною шару що зрізується. На чорнових розвертках і при обробленні в'язких матеріалів передній кут збільшують до $5 \dots 10^\circ$.

Задній кут

Задній кут виконують невеликим. Його величина обмежується не стільки міркуваннями міцності, скільки способом загострення – при значних величинах задніх кутів є небезпека зрізати сусідній зуб. Тому кут α коливається в межах $4 \dots 8^\circ$. Але це справедливо тільки для задніх кутів на заборній частині.

Розглянемо рис. 8.8 на якому зображено торцевий переріз зубу калібрувальної частини розвертки.

Зуб має передню A_γ та задню A_α поверхні. Фаска f (виконана по циліндру) це зовнішня сторона зубу розвертки, яка прилягає до різальної кромки (точка K). Отже, на кромці калібрувальної частини розвертки ніякого заднього кута немає, адже поверхня що прилягає до різальної кромки – циліндрична фаска f .

Таким чином, можливо стверджувати, що на калібрувальній

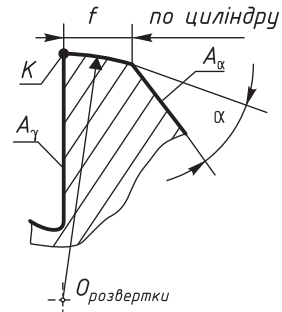


Рис. 8.8: Задній кут розвертки

частині розвертки задній кут дорівнює нулю. Той задній кут, котрий рекомендують у довідниках, це насправді кут α позначений на рис. 8.8. Але це не задній кут, це конструктивне оформлення задньої поверхні розвертки.

8.1.5 Допуск на виготовлення

Розвертка це фінішний інструмент, тому важливо витримувати її діаметр та допуски на виготовлення.

Схема розташування полів допусків на діаметр розвертки приведена на рис. 8.9. Вона залежить від того, що утворює розверта – усадку чи розбивку обробленого отвору. На фрагменті *a* представлено випадок, коли розвертка дає розбивку отвору. Фрагмент *б* відповідає випадку, коли є усадка отвору.

8.2 Розвертки спеціальні

8.2.1 Розвертки регульовані

Простий і найбільш поширений тип ручної розвертки – цілісна циліндрична з прямими канавками. Їх виготовляють зазвичай з хромистої сталі 9ХС. Недолік таких розверток – неможливість відновлення розміру після діаметрального зносу розвертки²⁰.

Розжимна розвертка

У корпусі *1* розжимної розвертки (рис. 8.10), виготовленої із сталі 9ХС, в центрі просвердлений отвір, на одному кінці якого нарізана різьба, в глибині отвір має конусну частину. В отвір розвертки вставлена кулька *3* і укрупнений регулювальний гвинт *2*.

Якщо почати вкручувати гвинт *2*, то він натискатиме на кульку *3*, яка прагнучиме розтискати стінки отвору. У середній частині корпус розвертки має прорізи (січення *A-A*). У

²⁰Нагадаємо, розвертка втрачає свій діаметральний розмір обробивши 60...80 отворів. На момент написання роботи ринкова вартість середньої розвертки \$28.

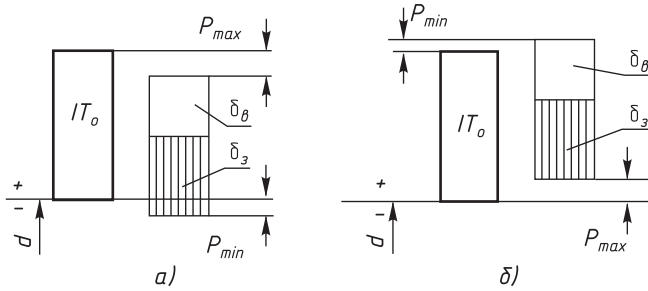


Рис. 8.9: Допуски на розвертку

IT_d – допуск на виготовлення деталі (допуск на оброблений розверткою отвір);

P_{min} – мінімальна розбивка/усадка отвору;

P_{max} – максимальна розбивка/усадка отвору;

δ_b – допуск на виготовлення розвертки;

δ_3 – допуск на зношування (діаметральне) розвертки під час її роботи.

δ_b/δ_3 – співвідношення між δ_b/δ_3 приблизно 1/2.

Зауваження. Параметри P_{max} та P_{min} визначають експериментально, обробивши невелику пробну партію деталей (3...5 штук).

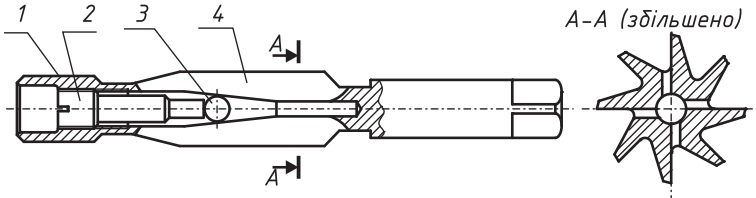


Рис. 8.10: Розвертка регульована розжимна

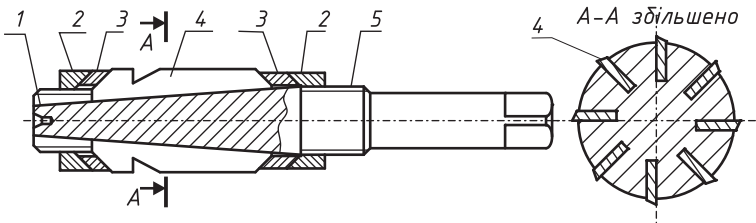


Рис. 8.11: Розвертка регульована розсувна

міру втискування кульки в отвір, корпус розвертки збільшується в діаметрі, але збільшення діаметру відбувається тільки в центральній частині розвертки.

Розсувна розвертка

У корпусі 1 ручної розсувної розвертки (рис. 8.11), виготовленої з конструкційної сталі, профрезеровані точні пази, що йдуть по відношенню до осі розвертки з ухилом. У пази вставлені з ковзаючою посадкою плоскі ножі 4. На торцях ножів є скоси під кутом.

Положення леза 4 вздовж похилого пазу регулюють гайки 2 та прокладка 3. Гайка 2 рухається по зовнішній різьбі 5.

Регульовані розсувні розвертки мають значні межі регулювання діаметру від 0,5 до 3 мм. Ці розвертки дуже зручні для ремонтних робіт. Регульовані ручні розвертки виготовляють для отворів діаметром 10...38 мм. дрібніші розвертки дуже важко виготовляти, а більші розвертки рідко використовують як ручні (через великі навантаження).

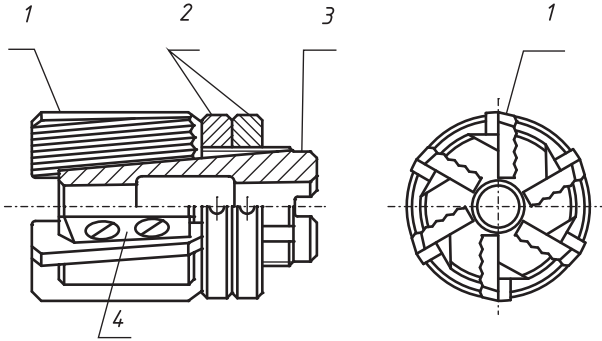


Рис. 8.12: Розвертка торцева регульована

- 1 – різальний елемент (ножі) з рифленням;
- 2 – кільця, що регулюють осьове положення ножів;
- 3 – корпус;
- 4 – стопорний вкладиш.

8.2.2 Торцеві розвертки.

Торцеві розвертки збірної конструкції (рис. 8.12) застосовують для оброблення глухих отворів, коли довжина заборної частини не може бути занадто великою. Інше застосування торцевих розверток – оброблення посадкових отворів під посадки з натягом (наприклад, під шпильки).

8.2.3 Конічні розвертки

Для розвертування конічних отворів застосовують комплект конічних розверток (рис. 8.13) які перетворюють циліндричний чорновий отвір у конічний.

Перетворення циліндричного отвору у конічний відбувається поступово за схемою: чорнова \Rightarrow проміжна \Rightarrow чистова розвертки.

Чорнова розвертка (рис. 8.13,а) призначена для видалення значного припуску і тому її роблять ступінчастою.

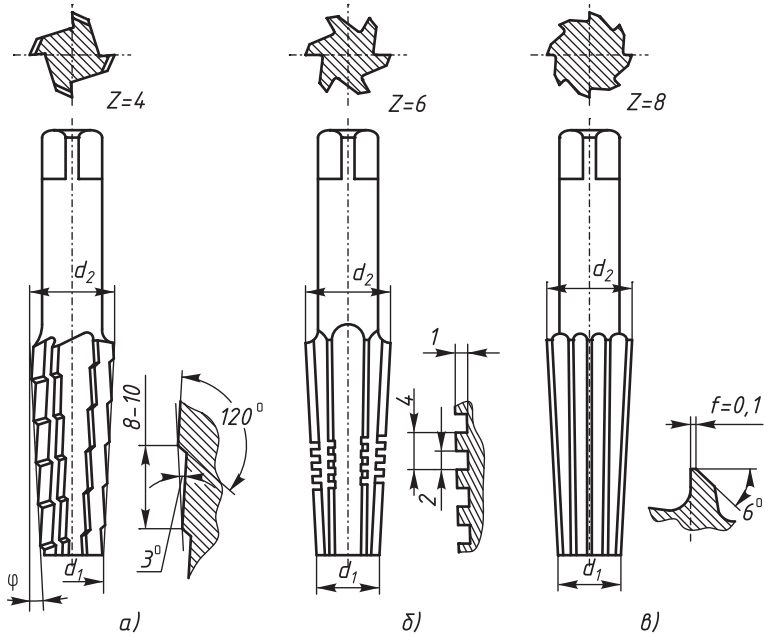


Рис. 8.13: Комплект конічних розверток

- а) – чорнова розвертка (обдирна);
- б) – напів-чистова;
- в) – фінішна (чистова) розвертка.

На конічній поверхні розвертки нарізують гвинтовий фасонний зуб, як подано на рисунку. Така форма різальної кромки зрізує короткі та товсті стружки, чим значно полегшує перетворення циліндричного отвору в конічний.

Проміжна розвертка (рис. 8.13,б) має канавки, нарізані у вигляді різьби. Така форма різальних кромок забезпечує майже готовий отвір, але він ще має значну шорсткість поверхні.

Чистова розвертка (рис. 8.13,в) має прямі зуби по усій довжині різальної частини. Вона остаточно формує конічну поверхню отвору.

Розвертки для конічного отвору працюють у важчих умовах, ніж циліндричні. Конічна розвертка ріже усім своїм лезом і не має калібрувальної частини, оскільки різальні кромки по усій довжині вступають в роботу. Тому у комплект входять три розвертки: чорнова (обдирна), проміжна і чистова.

8.3 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції розвертки загального призначення та визначення її геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення.

- комплект розверток;
- засоби вимірювання – кутомір, штангенциркуль.

Постановка задачі

- ознайомитись з основними типами стандартних розверток;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості конструкції розверток різного призначення;

- виміряти геометричні параметри розвертки;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз розвертки та звіт.

Послідовність виконання

1. Вивчити основні елементи інструменту, їх призначення і конструкцію. Детально вивчити робочу частину розвертки та дослідити заборний конус.

2. На підставі попереднього вивчення визначити тип і призначення інструменту. ідентифікувати для якої операції призначено розвертку.

3. Виконати ескіз розвертки формату А3 за рис. 8.16.

3.1. На ескізі викреслити загальні проєкції інструменту.

3.2. Виконати перерізи по калібрувальній частині розвертки. Та окремо викреслити переріз заборного конусу.

3.3. На всіх перерізах позначити передні та задні кути в інструментальній системі координат.

4. За допомогою кутоміру Бабчиніцера виміряти геометричні параметри (рис. 8.14) інструменту (передні та задні кути) і нанести їх на ескіз.

5. Виміряти, та позначити на ескізі, ширину циліндричної стрічки на калібрувальній частині розвертки.

6. Позначити площини (основну, головну січну).

7. Оформити звіт.

8.3.1 Конструкція інструменту

Вивчення конструкції інструменту передбачає вимір розмірів та геометричних параметрів детально описаних у попередніх розділах.

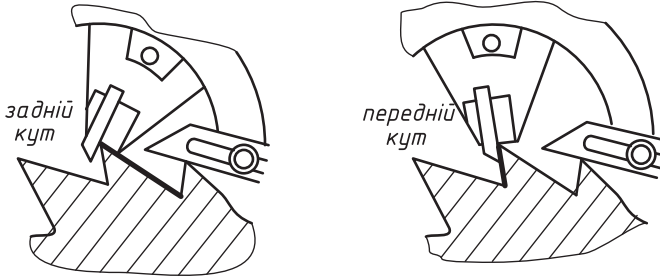


Рис. 8.14: Вимірювання кутів розвертки

8.3.2 Поновлення працездатності

У процесі роботи розвертки зношуються такі елементи:

- діаметр калібрувальної частини;
- різальне лезо.

Діаметр калібрувальної частини

В разі зменшення діаметрального розміру калібрувальної частини розвертки вона стає не придатною до подальшої експлуатації.

Різальне лезо

В разі затупленні кромки різального леза розвертку заточують на калібрувальній частині та на заборному конусі.

Калібрувальна частина

Калібрувальна частина розвертки має циліндричну фаску не більш 0,1 мм. Тому калібрувальну частину (а відповідно і всю розвертку) заточують по передній поверхні знімаючи припуск не більше 0,03... 0,05 мм. Зняти більше просто неможливо, бо інакше сточимо калібрувальну циліндричну фаску і розвертка втратить свій діаметральний розмір.

Заборний конус

На заборній частині різальні елементи заточують “нагостро”. Розвертку встановлюють у центра за рис. 8.15 таким чином, щоб упор був нижче центрів на величину h

$$h = \frac{d}{2} \sin \alpha.$$

де d – діаметр розвертки;
 α – задній кут заборної частини розвертки.

Потім розвертають стіл верстату на кут φ заборного конусу.

Зауваження. Ніколи, ні в якому разі розвертку не заточують по задній поверхні на калібрувальній частині – бо там розташована циліндрична калібрувальна фаска.

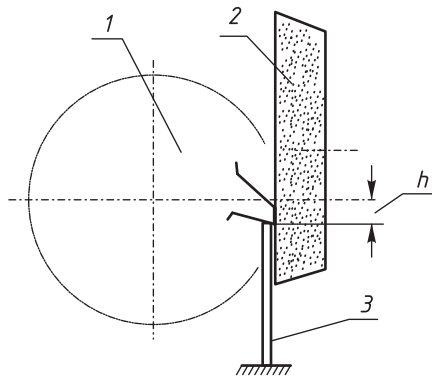


Рис. 8.15: Установка розвертки

- 1 – розвертка котру заточують;
- 2 – абразивний круг;
- 3 – упор.

Приклад 8.1 (Заточування розвертки)

Заточити стандартну циліндричну розвертку по задній поверхні заборного конусу. Визначити установчі параметри інструменту.

Вихідний дані:

- $d = 20$ мм діаметр розвертки;
 $2\varphi = 15^\circ$ кут заборного конусу;
 $\alpha_N = 8^\circ$ задній кут на заборній частині розвертки.

Рішення:

1. Визначення кута θ

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\operatorname{tg} \alpha_N}{\cos \varphi} = \frac{\operatorname{tg} 12^\circ}{\cos 15^\circ} = 0,22$$

звідки $\theta = 12^\circ 24'$

2. Визначення параметру h

$$h = \frac{d}{2} \sin \theta = \frac{20}{2} \sin 12^\circ 24' = 2,12 \text{ мм}$$

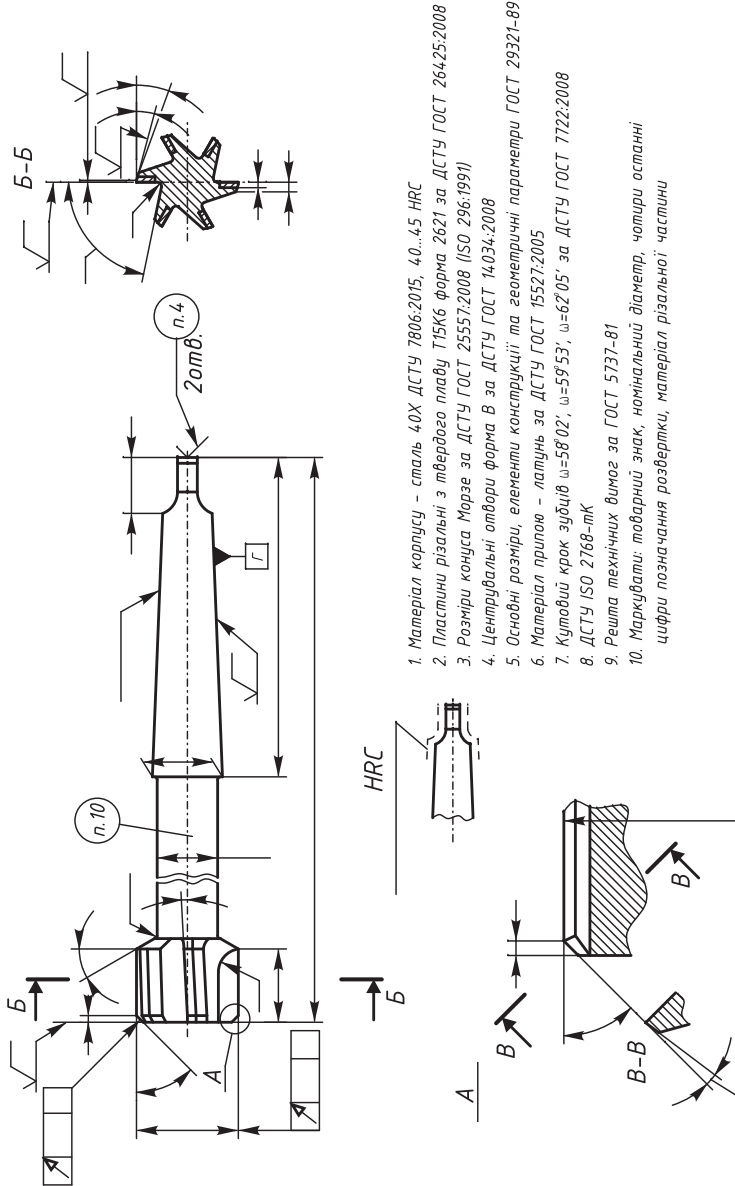
3. Отже, опорна поверхня упору (вершина) повинна бути розташована на 2,1 мм нижче за ось центрів пристрою.

4. Після заточування перевірити кутові параметри інструменту та занести результати до звіту.

8.4 Контрольні питання

1. Призначення процесу розвертування.
2. Рухи інструменту під час розвертування.
3. Перерахуєте конструкції розверток.
4. Назвіть основні частини розверток.
5. Які конструктивні особливості ручних розверток?
6. Які кути характеризують геометрію розверток?
7. Які матеріали застосовують для виготовлення розверток?
8. У чому відмінність задніх поверхонь на заборному конусі і калібрувальній частині?
9. Що дає нерівномірне розташування зубів по колу?
10. Для чого служить зворотний конус?

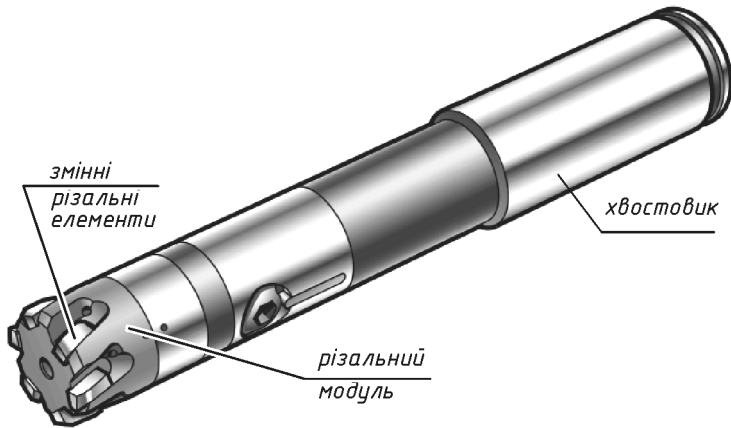
11. Які конструктивні особливості машинних розверток?
12. Вкажіть конструктивні особливості насадних розверток.
13. Які величини допуску радіального биття розверток?
14. Як виміряти передній кут розвертки?
15. Як виміряти задній кут розвертки?
16. Покажіть передню поверхню розвертки.
17. Покажіть задню поверхню розвертки.
18. Покажіть калібрувальну частину розвертки.
19. Покажіть стрічку на калібрувальній частині розвертки.



1. Матеріал корпусу – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, 40..45 HRC
2. Пластини різальні з твердого сплаву Т15К6 форма 2621 за ДСТУ ГОСТ 26425:2008
3. Розміри конуса Морзе за ДСТУ ГОСТ 25557:2008 (ISO 296:1991)
4. Центриральні отвори форми В за ДСТУ ГОСТ 14.034:2008
5. Основні розміри, елементи конструкції та геометричні параметри ГОСТ 29321-89
6. Матеріал приполю – латунь за ДСТУ ГОСТ 15527:2005
7. Кутловий крок зубців $\omega=58^{\circ}02'$, $\omega=59^{\circ}53'$, $\omega=62^{\circ}05'$ за ДСТУ ГОСТ 7722:2008
8. ДСТУ ISO 2768-мк
9. Решта технічних вимог за ГОСТ 5737-81
10. Маркувати: товарний знак, номінальний діаметр, чотири останні цифри позначення розвертки, матеріал різальної частини

Рис. 8.16: Ескіз розвертки

8.5 Додаткові відомості



Розвертка [Sandvik Coromant]

Розвертка модульної конструкції. Змінний різальний модуль дозволяє маючи один хвостовик міняти різальну частину.

У свою чергу, змінні різальні елементи можливо замінювати відповідно о матеріалу заготовки та необхідної геометрії.

Література

- [1] В.А.Аршинов, Г.А.Алексеев, Р.М.Кричевская, Конструирование инструмента, 1979 г.
- [2] А.М.Вульф, Резание металлов, 1975 г.
- [3] ГОСТ 7722-77 Развертки ручные цилиндрические.
- [4] ДСТУ ГОСТ 1672-80 Развертки машинные цельные
- [5] ДСТУ ГОСТ 11176:2008 Развертки сборные насадные с привернутыми ножами, оснащенные пластинами из твердого сплава.
- [6] ДСТУ ГОСТ 10079:2008 Развертки конические с коническим хвостовиком под конусы Морзе. Конструкция и размеры
- [7] В.И. Сысоев. Справочник молодого сверловщика. М. Профтехмздат, 1962, 272 с.

9 МІТЧИКИ

9.1 Теоретичні відомості

Мітчик

Осьовий багатолезовий інструмент призначений для утворення внутрішньої різьби

Мітчики призначені для утворення внутрішньої різьби в наскрізних або глухих отворах. Мітчик можливо розглядати як гвинт, що має різальні елементи (рис. 9.1):

Утворення різьби (нарізування) мітчиками є основним способом виготовлення внутрішніх різьб, особливо при обробленні отворів малих і середніх діаметрів. Різьбоутворення мітчиками може виконуватись як ручним так і машинним способом.

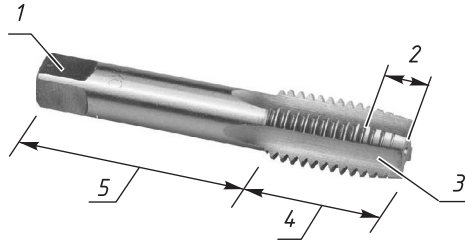


Рис. 9.1: Мітчик стандартний

- 1 – квадрат під вороток;
- 2 – заборний конус;
- 3 – стружкова канавка;
- 4 – різальна частина (реально це гвинт на якому є канавка і заборний конус);
- 5 – хвостовик.

9.1.1 Принцип дії

Формування різьби мітчиком здійснюють у декілька етапів. На самому початку утворюють отвір під різьбу. Діаметр отвору можливо розрахувати за наступною схемою:

- нехай потрібно утворити (нарізати) різьбу $M10 \times 1,5$;
- отже, номінальний діаметр різьби 10 мм;
- номінальний крок різьби 1,5 мм;
- віднімаємо друге з першого $10 - 1,5 = 8,5$ мм;
- результат – 8,5 мм;
- отже, діаметр отвору під різьбу становить 8,5 мм.

Далі різьбу утворюють чорновим мітчиком – першим, а потім чистовим – другим²¹. Вони відрізняються формою заборного конуса і діаметральними розмірами (рис. 9.2).

Перший мітчик має довший заборний конус l (4...6 витків різьби). Його призначення – видалити основну частину припуску під нарізування різьби.

Другий мітчик має заборний конус завдовжки 2...3 витка різьби. Він видаляє залишки припуску та остаточно формує розміри різьби.

Такі мітчики завжди йдуть одним комплектом. Довжина робочої частини 2 для обох мітчиків однакова. Загальна довжина обох інструментів також однакова. Отже, другий мітчик має довшу калібрувальну частину 3 .

Розрізнявати мітчики дуже просто – перший мітчик має на своєму хвостовику одну риску K_1 , другий - дві K_2 . Іноді застосовують комплект мітчиків з трьох штук: чорновий – напівчистовий – чистовий. Відповідно і рисок буде: одна, дві, три.

Зауваження. Перший мітчик має менші діаметральні розміри ніж другий. Обидва мітчики мають однаковий крок, але профіль першого мітчика трохи тонший.

²¹Їх так і називають – перший та другий. Інколи буває ще й третій

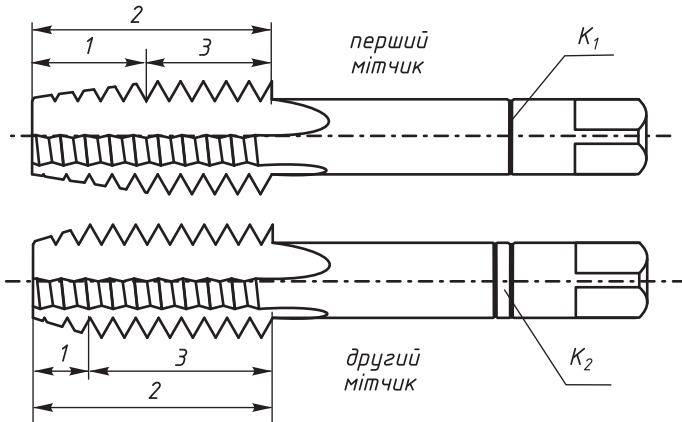


Рис. 9.2: Комплект мітчиків

На рис. 9.3 зображено схему утворення профілю різьби комплектом із двох мітчиків.

Перший мітчик працює за генераторною схемою і “генерує” профіль різьби зрізуючи тонкі шари 1 припуску. Він утворює профіль різьби трохи менший за номінальний.

Другий мітчик працює за профільною схемою і зрізує тонкі “профільні” шари 2 припуску які повторюють профіль готової різьби.

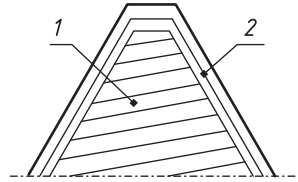


Рис. 9.3: Схема утворення різьби

Отже, повний профіль різьби мітчики утворюють за два рази (поспідовно двома різними інструментами).

9.1.2 Конструктивні елементи

Хвостовик

Для вільного проходу мітчика через наскрізний отвір деталі, а також для нарізування різьби в отворах глибиною більшою, ніж довжина робочої частини, діаметр хвостовика мітчика має бути менше внутрішнього діаметру різьби приблизно на 0,25...1,5 мм.

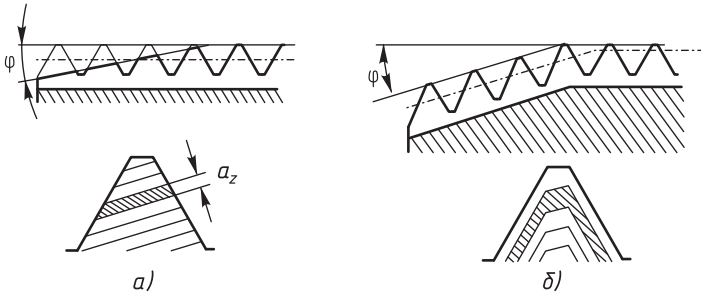


Рис. 9.4: Заборна частина мітчика

У мітчиків менших МЗ навпаки, з метою зменшення поломок діаметр хвостовика виконують рівним або більшим зовнішнього діаметру робочої частини.

Матеріал мітчика

Для виготовлення мітчиків застосовують інструментальні сталі типу Р6М5, 9ХС або У10А. Мітчики розмірів М10 і менш виконують цільними. Великі мітчики (більше М10) роблять зварними з хвостовиком із конструкційних сталей (зазвичай 40Х).

Заборна частина

Заборна частина мітчика має конічну форму, це полегшує початок утворення різьби. Існують дві принципово різні конструкції заборної частини мітчика рис. 9.4.

Загалом обидві конструкції характеризуються кутом заборного конусу φ , котрий не дуже відрізняється в обох випадках.

Отже, заборний конус за рис. 9.4,а виконано зрізуванням циліндричної різьби “на конус”. Циліндричний профіль різьби шліфують на конус під кутом φ . Заборний конус за рис. 9.4,б виконано як конічну різьбу повного профілю. Ця різниця має суттєвий вплив на умови формоутворення різьби.

У варіанті а) припуск припуск зрізується тонкими шарами товщиною a_z , утворюючи профіль різьби за генераторною схемою – кожен черговий зуб поступово генерує весь профіль різьби.

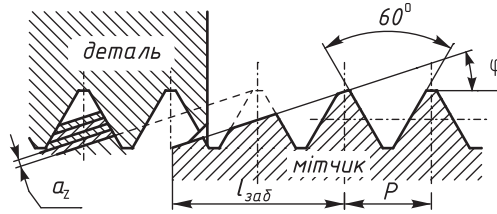


Рис. 9.5: Деталь та мітчик

У варіанті *б* припуск зрізується шарами які повторюють профіль готової різьби – це профільна схема різання.

В наслідок різної схеми формоутворення мітчики мають такі відмінності

Конус рис. 9.4, <i>а</i>	Конус рис. 9.4, <i>б</i>
Простота виготовлення.	Потрібне спеціальне обладнання, процес дорогий.
Значні зусилля на початку різання мітчика.	Незначні зусилля на початку врізання мітчика.
Мітчик “важко” входить в отвір.	Мітчик “самозатягується” в отвір.

Загалом мітчик, що має заборну частину типу *б* кращий, але більш поширеною є конструкція типу *а* (бо дешевша).

Детально схему утворення різьби мітчиком, що має заборну частину за рис. 9.4,*а* наведено на рис. 9.5.

Довжина $l_{заб}$ заборної частини залежить від матеріалу деталі та типу мітчика (перший/другий). Для першого (чорнового) мітчика довжина $l_{заб}$ дорівнює 4-6 виткам різьби.

Для другого (чистового) мітчика довжина $l_{заб}$ дорівнює 2-4 виткам різьби.

Зауваження. Насправді заборна частина виконана у вигляді конусу (рис. 9.4,*а*) не є конічною. Вона складається з декількох конічних поверхонь розглянутих у розділі “Геометричні параметри”.

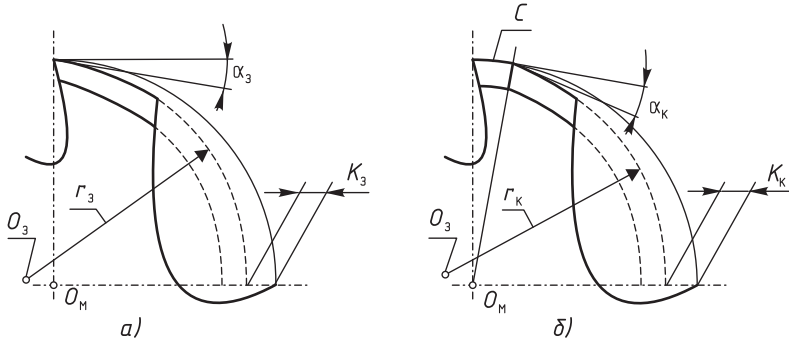


Рис. 9.6: Задні кути

Калібрувальна частина

Калібрувальна частина мітчика є циліндричною різбовою поверхнею, яка відповідає номінальним розмірам готової різби з відповідними допусками.

Однак не треба забувати, що мітчики мають різні розміри залежно від свого номеру (перший або другий) та можуть мати затиловану частину.

Також необхідно враховувати, що деякі заводи-виробники випускають мітчики із затилованою калібрувальною частиною.

9.1.3 Геометричні параметри

Передній кут

Профіль стружкової канавки мітчика має бути обкреслений плавними лініями для забезпечення вільного сходу стружки. Це досягається заточкою і доведенням передньої поверхні і стружкової канавки. При цьому необхідно забезпечити потрібне значення переднього кута на ділянці, що перевищує висоту різбового профілю інструменту.

Рекомендовані значення передніх кутів залежно від оброблюваного матеріалу такі

конструкційна сталь	8...10°
кольорові метали	12...15°
чавун	0...5°

Задній кут

Треба розрізняти задні кути на заборному конусі і на калібрувальній частині (рис. 9.6). Їх призначення і спосіб утворення значно різняться.

Задній кут заборного конусу

Задню поверхню заборного конусу утворюють при затилюванні різальної частини. Вона має форму конуса, вісь якого O_3 паралельна, але не збігається з віссю мітчика (рис. 9.6,а). Таким чином, кожне лезо мітчика заточують по своїй конічній поверхні.

Процес утворення задньої конічної поверхні заборного конусу називається “затилювання”. Затилювання мітчиків здійснюють в радіальному напрямі. Схема пристосування для затилювання представлена на рис.9.7. Вісь мітчика розташована паралельно до осі шліфувального круга, а круг має конічну поверхню з кутом φ рівним куту заборного конуса мітчика.

Обертальний рух кулачка 1 і мітчика синхронізовані, тому мітчик здійснює коливальні рухи на каретці 3. Кронштейн 2 дозволяє міняти величину затилювання, а отже і величину заднього кута α_3 заборного конуса.

Задній кут на заборному конусі становить $3...5^\circ$ залежно від матеріалу деталі та “уподобань” фірми-виробника.. Однак на кресленіку вказують не величину заднього кута α , а величину затилювання K , яку розраховують за формулою

$$K = \frac{2\pi r}{Z} \operatorname{tg} \alpha,$$

де r – зовнішній радіус мітчика;

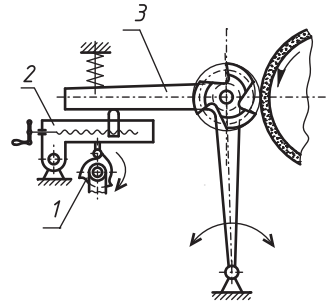


Рис. 9.7: Затилювання мітчика

- Z – кількість зубців мітчика;
 α – задній кут (розрахунковий).

Приклад 9.1 (Величина затилування)

Розрахувати величину затилування заборного конусу стандартного цільного мітчика.

Вихідний дані:

$r = 20$ мм зовнішній радіус мітчика;

$Z = 4$ кількість зубців мітчика;

$\alpha = 8^\circ$ задній розрахунковий кут.

Рішення:

1. Розрахунок величини затилування

$$K = \frac{2\pi r}{Z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi \cdot 20}{4} \operatorname{tg} 8^\circ = 4,42 \text{ мм.}$$

Задній кут калібрувальної частини

На рис. 9.6,б показані геометричні параметри для калібрувальної частин мітчика. Задня поверхня калібрувальної частини має дві ділянки, Ділянка C – це циліндрична гвинтова поверхня, далі за нею іде затилування під кутом α_k .

Така геометрія калібрувальної частини має як переваги так і недоліки

Переваги	Недоліки
Мале затирання по задній фасонній поверхні.	Під час зворотного руху мітчика – можливо попадання стружки між мітчиком і деталлю, що приведе до пошкодження вже обробленої поверхні.
Менший крутний момент за рахунок малої зони контакту деталь-інструмент.	Погіршене центрування інструмента в отворі.

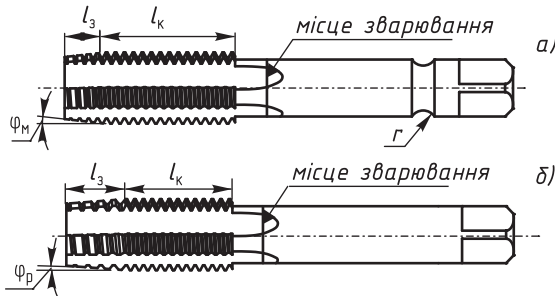


Рис. 9.8: Машинний та ручний мітчики

Задній кут на калібрувальній частині дорівнює нулю. таку конструкцію застосовують тільки для мітчиків великого розміру, а величину затилування K_K приймають у межах 0,02...0,04 мм.

9.1.4 Типи мітчиків

Мітчик – інструмент багатофункціональний. Тому є декілька типів мітчиків призначених для конкретних технологічних операцій.

Поділ мітчиків на ручні (рис. 9.8,б) та машинні (рис. 9.8,а) досить умовний, всі вони можуть застосовуватись як з ручним “приводом”, так і з машинним.

Загалом машинні мітчики мають коротшу заборну частину l_3 , бо вони краще центруються у шпинделі верстата та кільцеву виточку (радіусу r) для кріплення у патроні. Їх калібрувальна частина l_k довша і тому вони мають більшу стійкість.

Мітчики з прямими канавками

Звичайні мітчики мають прямі стружкові канавки, що проходять через робочу частину. Ця конструкція має найбільше поширення.

Мітчики з гвинтовими канавками

Мітчики з гвинтовими стружковими канавками застосовують для керування напрямом відведення стружки з отвору.

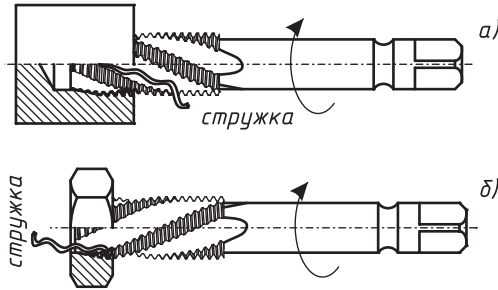


Рис. 9.9: Гвинтові канавки мітчика

Мітчики з правою (рис. 9.9,а) гвинтовою стружковою канавкою направляють стружку убік, протилежний до осьового переміщення інструменту уздовж осі, тобто виводять стружку з отвору. Тому такі мітчики переважно використовуються при утворення різьби в глухих отворах.

Мітчики з лівою (рис. 9.9,б) гвинтовою стружковою канавкою направляють стружку у напрям, що співпадає з осьовим переміщенням інструмента, і використовуються для нарізування різьби в наскрізних отворах .

Мітчики з укороченими канавками

Мітчики з укороченими канавками мають добре базування і надійне центрування в отворі заготовки (рис. 9.10). Їх застосовують для нарізування різьби в наскрізних отворах тонкостінних деталей (листовому матеріалі)

Мітчики гайкові

Гайкові мітчики призначені для нарізування різьби в заготовках гайок. Гайкові мітчики працюють безперервно до заповнення хвостовика готовими гайками, далі гайки видаляються.

Існує два різновиди гайкових мітчиків – прямі гайкові мітчики та Г-подібні.

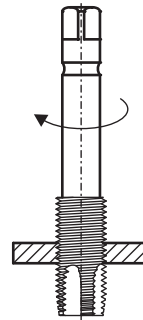


Рис. 9.10: Укорочена канавка

Прямі гайкові мітчики (рис. 9.11) застосовують здебільшого у дрібносерійному виробництві. Коли гайки заповняють весь хвостовик мітчика, його виймають з патрону та звільняють від гайок.

Гайкові Г-подібні мітчики (рис. 9.12) не зупиняють. Вони безперервно обертаються в спеціальному патроні.

Мітчики через крок

Це спеціальні мітчики, які мають не повний профіль різьби видалений через один крок. На рис. 9.13 зуб 1 утворює різьбу, а зуб 2 зрізаний.

Таку конструкцію застосовують для утворення різьби у м'яких та в'язких матеріалах. Основна ідея – зменшити площу контакту між деталлю та інструментом.

Ці мітчики не поділяють на перший та другий. Вони мають збільшену довжину робочої частини і тому утворюють необхідну різьбову поверхню за один прохід.

9.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції стандартного мітчика та визначення його геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення.

- комплект мітчиків;
- засоби вимірювання – кутомір, штангенциркуль.

Постановка задачі:

- ознайомитись з основними типами стандартних мітчиків;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості конструкції мітчиків;
- виміряти геометричні параметри мітчиків;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз мітчика та звіт.

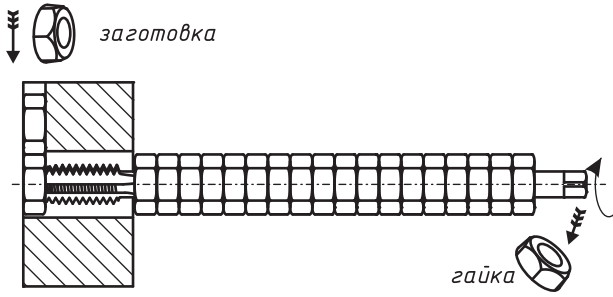


Рис. 9.11: Прямий гайкових мітчик

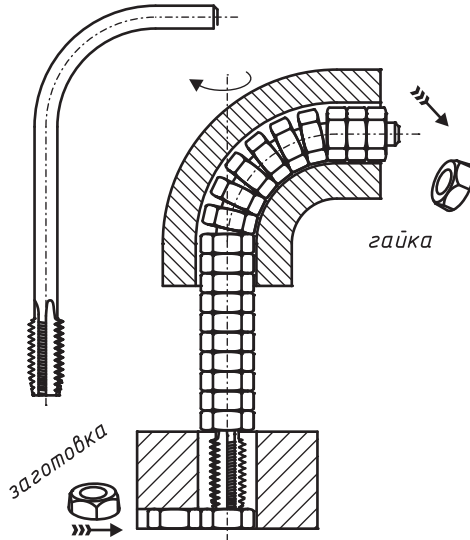


Рис. 9.12: Г-подібний гайковий мітчик

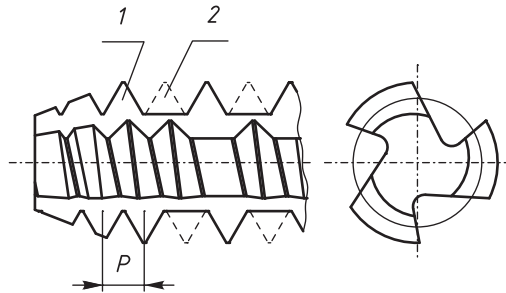


Рис. 9.13: Мітчик через крок

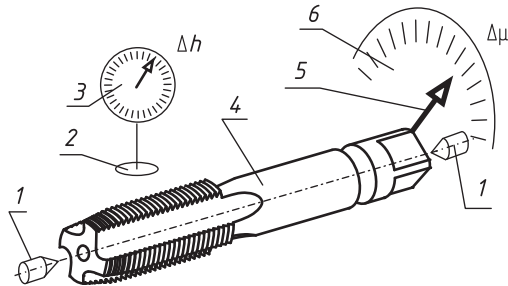


Рис. 9.14: Стенд вимірювання мітчика

- 1 – центра зовнішні або внутрішні;
- 2 – індентор (контактний диск) індикатора;
- 3 – індикатор годинникового типу;
- 4 – мітчик для дослідження;
- 5 – стрілка закріплена на досліджуваному мітчику;
- 6 – шкала визначення кута повороту мітчика.

Послідовність роботи:

- вивчити основні елементи мітчика стандартної конструкції, їх призначення і конструкцію;
- виконати ескіз мітчика формат А3 за рис. 9.17 на с. 176;
- виміряти конструкційні і геометричні параметри мітчика;
- оформити звіт та спробувати його здати.

9.2.1 Конструкція інструменту**Передні кути**

Вимірювання передніх кутів мітчика виконують за допомогою кутоміру Бабчиніцера. Особливістю конструкції мітчика є те, що зазвичай передній кут на заборній та калібрувальній частинах однаковий.

Задні кути

Задні кути мітчика можливо виміряти тільки непрямим методом. Принципова схема стенду для вимірювання заднього кута мітчика подана на рис. 9.14.

Мітчик закріплено у центрах 1. До хвостової частини мітчика 4 прикріплено стрілку 5 для відліку по шкалі 6. Індентор 2 індикатора годинникового типу 3 притискають до зовнішньої поверхні мітчика.

Методика визначення заднього кута така (рис. 9.15):

- індентор 2 встановити на різальній кромці мітчика і відмітити показання індикатору;
- виконати плавний поворот мітчика та записати показання приладів;
- знаючи радіус r мітчика, по різниці показань індикатора Δh та кута повороту мітчика $\Delta \mu$ розрахувати задній кут за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{r \Delta \mu},$$

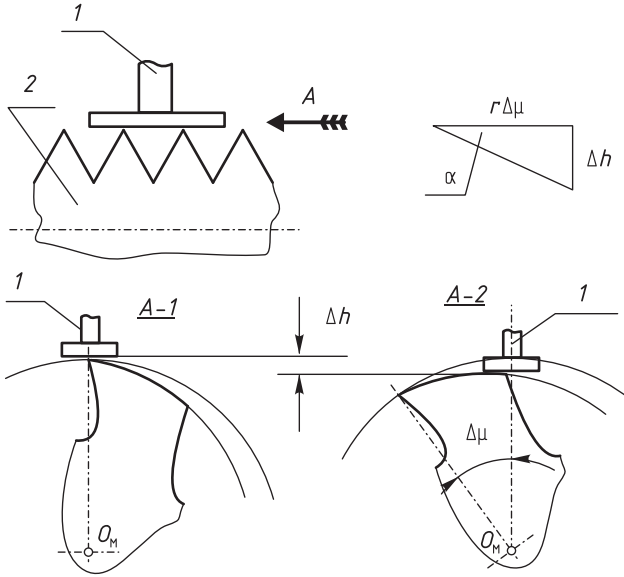


Рис. 9.15: Вимірювання заднього кута мітчика

1 – індентор індикатору;

2 – передня поверхня мітчика;

Δh – різниця показань індикатора;

$\Delta\mu$ – кут повороту мітчика;

α – задній кут мітчика.

- де Δh – величина падіння затилку мітчика (задньої поверхні);
 $\Delta\mu$ – кут повороту мітчика під час вимірювання “падіння затилку” у радіанах;
 r – радіус на якому виконують вимірювання.

Зауваження. Задній кут мітчика на калібрувальній частині дорівнює нулю. Тому вказаним методом можливо визначити лише “заниження” K_k задньої поверхні за рис. 9.6 на с. 162.

Приклад 9.2 (Задній кут мітчика)

Розрахувати задній кут мітчика на заборній частині.

Вихідні дані:

- $\Delta h = 0,07$ мм величина падіння затилку мітчика на заборній частині;
 $\Delta\mu = 6^\circ$ кут повороту мітчика під час вимірювання “падіння затилку”;
 $r = 16$ мм радіус на якому проводили вимірювання.

Рішення:

1. Перетворення кута $\Delta\mu$ із градусів у радіани

$$\Delta\mu = 6^\circ = 0,105 \text{ рад.}$$

2. Розрахунок заднього кута мітчика на заборній частині

$$\text{tg } \alpha = \frac{\Delta h}{r\Delta\mu} = \frac{0,07}{16 \cdot 0,105} = 0,042,$$

звідки $\alpha = 2^\circ 24'$.

3. Отже, задній кут мітчика на заборній частині становить $\alpha = 2^\circ 24'$, що дещо мало.

9.2.2 Поновлення працездатності

У процесі роботи мітчика зношуються такі елементи:

- діаметр калібрувальної частини;
- різальне лезо.

Діаметр калібрувальної частини

В разі зменшення діаметрального розміру калібрувальної частини мітчика він стає не придатним до подальшої експлуатації.

Різальне лезо

В разі затупленні кромки різального леза мітчик заточують тільки по передній поверхні як на калібрувальній частині та на заборному конусі.

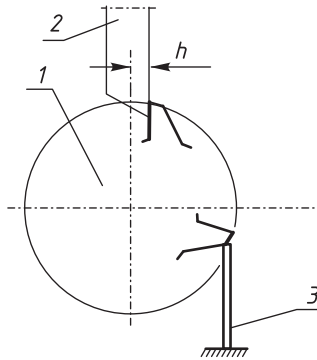


Рис. 9.16: Установка мітчика

- 1 – мітчик котрий заточують;
- 2 – абразивний круг;
- 3 – упор.

Мітчик встановлюють у центра за рис.9.16 таким чином, щоб витримати розмір h

$$h = \frac{d}{2} \sin \gamma,$$

де d – зовнішній діаметр мітчика;
 γ – передній кут мітчика.

Приклад 9.3 (Установка мітчика)

Розрахувати величину зміщення h площини круга відносно осі центрів.

Вихідні дані:

$\gamma = 5^\circ$ передній кут чорнового мітчика;

$d = 16$ мм зовнішній діаметр мітчика на калібрувальній частині.

Рішення:

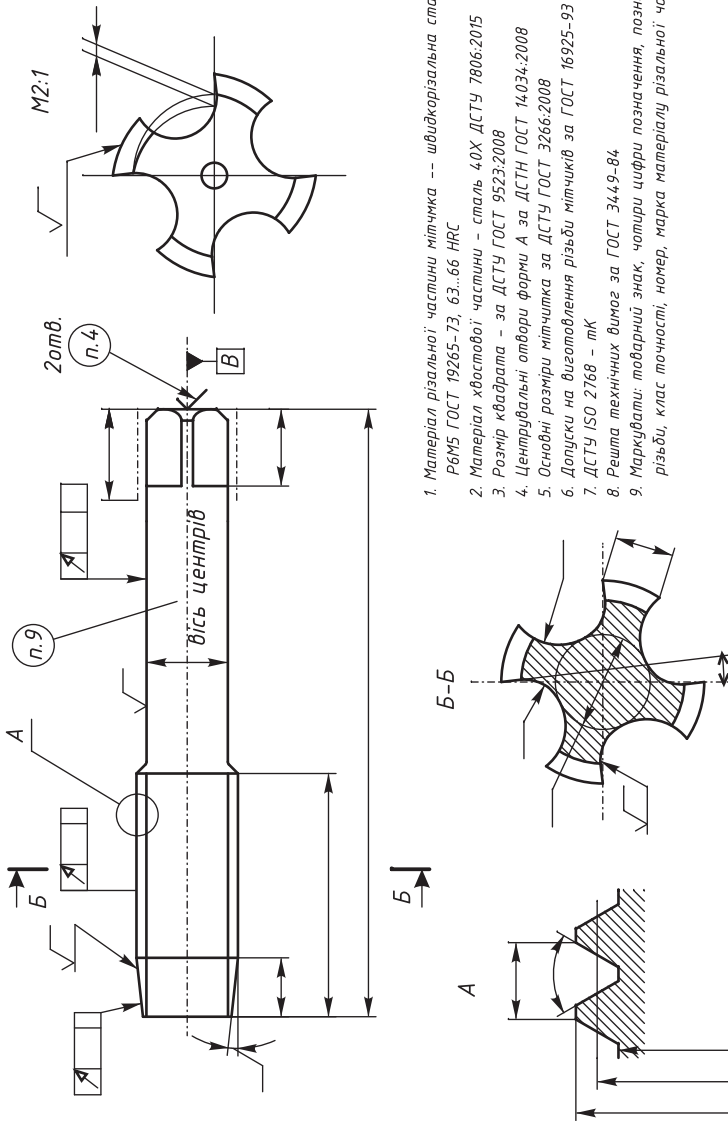
1. Розрахунок зміщення h

$$h = \frac{d}{2} \sin \gamma = \frac{16}{2} \sin 5^\circ = 0,7 \text{ мм.}$$

9.3 Контрольні питання

1. Дати визначення кутів мітчика.
2. Які елементи знаходяться на робочій частині мітчика?
3. За рахунок чого утворюється затилування мітчика?
4. Чому дорівнює задній кут на калібрувальній частині?
5. Чому дорівнює передній кут на калібрувальній частині мітчика?
6. Який зуб мітчика здійснює остаточне формування профілю різьби?
7. Чому заборний конус мітчика заточують по декількох конусах?
8. Поясніть принцип роботи гайкових мітчиків.
9. Що забезпечують гвинтові канавки мітчика?

10. Поясніть як виміряти задній кут мітчика.
11. Покажіть передню поверхню мітчика.
12. Покажіть задню поверхню заборного конусу.
13. Покажіть калібрувальну частину.
14. Як відрізнити перший мітчик від другого?



1. Матеріал різальної частини мітчика --- швидкорізальна сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73; 63...66 НРС
2. Матеріал хвостової частини - сталь 40Х ДСТУ 7806:2015
3. Розмір квадрата - за ДСТУ ГОСТ 9523:2008
4. Центрувальні отвори форми А за ДСТН ГОСТ 14034:2008
5. Основні розміри мітчика за ДСТУ ГОСТ 3266:2008
6. Допуски на виготовлення різьби мітчиків за ГОСТ 16925-93
7. ДСТУ ISO 2768 - тк
8. Решта технічних вимог за ГОСТ 3449-84.
9. Маркувати: товарний знак, чотири цифри позначення різьби, клас точності, номер, марка матеріалу різальної частини

Рис. 9.17: Ескіз мітчика

9.4 Додаткові відомості

На рис. 9.18 наведено принцип роботи ручним мітчиком. Мітчик закріплено у вороток, робітник вручну обертає мітчик та утворює різьбу у деталі.

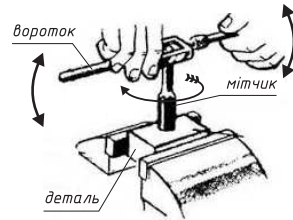


Рис. 9.18: Робота мітчиком

Головною проблемою такого застосування інструменту є неможливість сумістити вісь отвору і мітчика. Як результат – вісь отвору під різьбу та вісь нарізаної різьби не завжди співпадають.

У випадку утворення різьби у тонких деталях (типу гайок) це не має особливого значення. Але при утворення довгих (глибоких) різьбових отворів це має суттєве значення.

На рис. 9.20. . . 9.19 наведені сучасні конструкції мітчиків різного призначення.



Рис. 9.19: Мітчик з конічною різьбою зборного конуса [ресурси Інтернету]

Мітчик має зборну частину виконану як конічна різьба (конічна гвинтова поверхня). Така конструкція забезпечує добру роботу мітчика на початку утворення різьби.

Однак, необхідно мати добре центрування інструменту, вісь інструмента і вісь отвору повинні співпадати. Це можливо забезпечити тільки при застосуванні машинної подачі.



Рис. 9.20: Сучасні мітчики
[ресурси Інтернету]

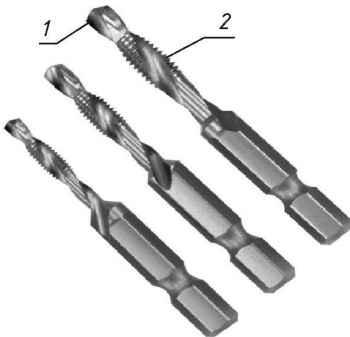


Рис. 9.21: Свердло-мітчик
[ресурси Інтернету]

- 1 – частина мітчика виконана як свердло;
- 2 – частина мітчика виконана як мітчик.



Рис. 9.22: Вороток для мітчика
[ресурси Інтернету]

Вороток призначений для застосування ручного інструменту типу мітчик-свердло.

Література

- [1] В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. Резание металлов и режущий инстру-мент. - М. : Машиностроение, 1967. 500 с.
- [2] П.Р. Родин. Металлорежущие инструменты. Киев "Вища школа", 1974, 400 с.
- [3] ДСТУ ГОСТ 25762-83 Обработка резанием. Термины, определения и обозначения.
- [4] ДСТУ ГОСТ 16925-93 (ISO 2857-73) Метчики. Допуски на изготовление резьбовой части.
- [5] ДСТУ ГОСТ 17039-71 Метчики. Исполнительные размеры.
- [6] ГОСТ 17927-72 Метчики для обработки нержавеющей и жаропрочных сталей.
- [7] ДСТУ ГОСТ 3266-81 Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры.
- [8] ДСТУ ГОСТ 3449-84 Метчики. Технические условия.

10 ПЛАШКИ

10.1 Теоретичні відомості

Плашка

Осьовий багатолезовий інструмент для утворення та оброблення зовнішньої різьби.

10.1.1 Конструктивні елементи

Найбільш поширеними є круглі плашки. Загальний вигляд круглої стандартної плашки подано на рис. 10.1. У процесі роботи плашку вставляють у вороток і (періодично змінюючи напрям руху), нарізають різьбу на заготовці (рис. 10.2).

Базовими поверхнями плашки (рис. 10.3) є зовнішня циліндрична поверхня 1 плашки і її торцеві сторони 2. Плашка має різальні елементи 5 та отвори 6 для видалення стружки. Конусні заглиблення 7 слугують для закріплення плашки у плашкотримачі (воротку) та передачі крутного моменту.



Рис. 10.1: Стандартна плашка
[ресурси Інтернету]

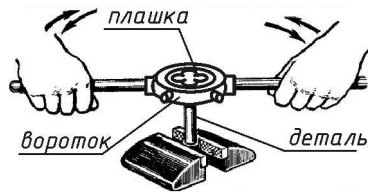


Рис. 10.2: Робота воротком
[ресурси Інтернету]

Канавка 3 має особливе призначення – вона позначає місце в якому плашку можливо розрізати навпіл. В розрізаному стані плашка може трохи змінювати свої діаметральні розміри, тим самим змінюючи діаметральний розмір утвореної різьби.

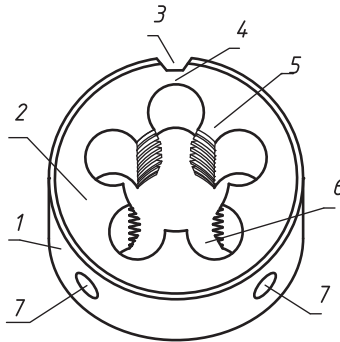


Рис. 10.3: Плашка

- 1 – корпус плашки, інструментальна сталь Р6М5 або ХВГ;
- 2 – торцева поверхня плашки (їх дві з обох сторін плашки);
- 3 – канавка по якій можна розрізати плашку;
- 4 – перемичка - тонка частина корпусу. Перемичку інколи видаляють (розрізають плашку в цьому місці) для того, щоб плашка мала змогу пружинити та контрольовано змінювати свій розмір.;
- 5 – різальний елемент який здійснює нарізання різьби на заготовці;
- 6 – стружковий отвір в якому збирається видалена стружка;
- 7 – конічні заглиблення які передають крутний момент.

При ручному нарізуванні різьби для плашок застосовують плашкотримачі (рис. 10.5). Плашку вкладають у кільце воротка. Крутний момент від воротка до плашки передає гвинт 1.

Плашки базуються у плашкотримачі (у воротку) по своїй зовнішній циліндричній поверхні 1 (рис. 10.3) на якій є конічні заглиблення 7 з кутом 90° і діаметром 3...10 мм. При зовнішньому діаметрі плашки до 20 мм плашка має три заглиблення. При діаметрі плашки більше 20 мм конічних поглиблень – чотири. В обох випадках гвинти 1 (рис. 10.5) служать тільки для закріплення і передачі крутного моменту.

Коли плашка ціла (не розрізана по перемичці 4 рис. 10.3) – всі гвинти просто фіксують плашку у плашкотримачі та передають крутний момент.

В результаті експлуатації плашки її різальні елементи зношуються і плашка перестає забезпечувати необхідні діаметральні розміри різьби. Тоді перемичку 4 розрізають по канавці 3. Потім плашку закріплюють у плашкотримачі.

Коли плашка розрізана по канавці 5 (рис. 10.5) закручуючи гвинт 3 можливо трохи розтиснути плашку збільшивши її діаметральний розмір. З іншого боку закручуючи гвинти 2 можливо трохи стиснути плашку зменшивши її розміри.

Гвинт 3 діє на плашку як клин, розтискаючи її. Для того щоб гвинти 2 стискали плашку, їх вісь розташована так, що не співпадає з віссю конічних заглиблень і має зазор 4, який забезпечує пружність плашки. Зміщення осей становить 0,5...2,5 мм залежно від габаритів інструменту.

Регулюють плашку таким чином. У плашку вкручують різьбовий калібр. Потім обертають гвинти 2 (які конічними ділянками упираються в бічні поверхні конічних заглиблень пла-

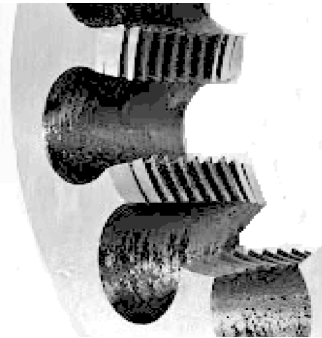


Рис. 10.4: Зубці плашки

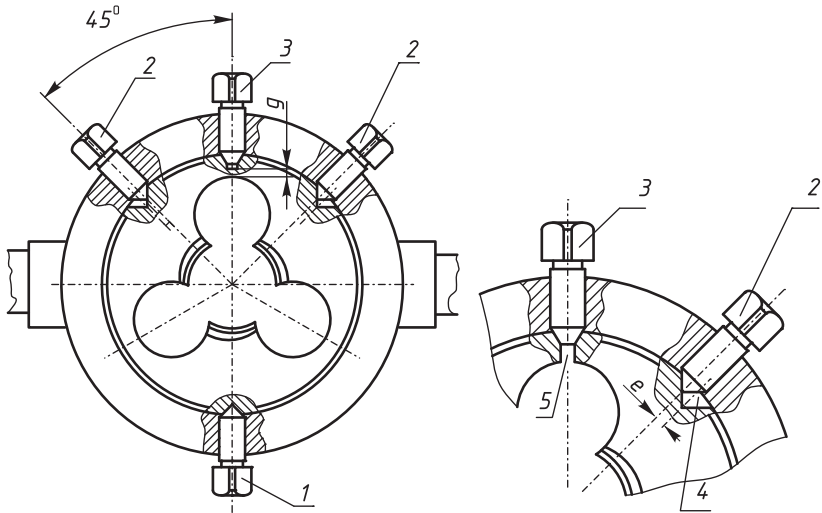


Рис. 10.5: Плашка у плашкодержателі

- 1 – гвинт, який розтискає плашку збільшуючи її розмір
- 2 – гвинт стопорний, стискає плашку зменшуючи її розмір;
- 3 – гвинт, який передає крутний момент від плашкодержателю до плашки.

шки) і плавно стискають її домагаючись щільного прилягання різьбового профілю плашки до різьбового профілю калібру.

Відрегульоване положення плашки фіксується гвинтом 2. Далі виконують пробне нарізування різьби, розміри якої підлягають контролю.

10.1.2 Геометричні параметри

Елементи зуба плашки (рис. 10.4) в збільшеному вигляді представлені на рис. 10.6. Плашка, це інструмент двостороннього застосування. Вона має два заборні конуси l_3 з обох сторін. Така конструкція дозволяє вдвічі подовжити термін працездатності плашки.

Отже, коли зубці плашки затупились з одного боку, її можна перевернути і працювати іншою стороною. Калібрувальні елементи l_k плашки розташовані по середині між двома заборними конусами.

Заборний конус

Кут φ заборного конусу для всіх плашок, незалежно від їх конструкції, приймають у межах $20 \dots 30^\circ$.

Зазвичай на корпусі плашки маркують тільки параметри різьби (наприклад, $M10 \times 0.75$) та марку інструментального матеріалу. Інші геометричні параметри на плашці не вказують.

Передня поверхня

У стандартної плашки передня поверхня A_γ має форму циліндру і є загальною, як для заборної так і для калібрувальної частин різального елемента.

Задня поверхня

Форма задньої поверхні на заборному конусі і калібрувальній частині – різна і обумовлена способом їх утворення.

Спочатку на плашці утворюють звичайну гвинтову поверхню (різьбу) яка стане калібрувальною частиною. Потім утво-

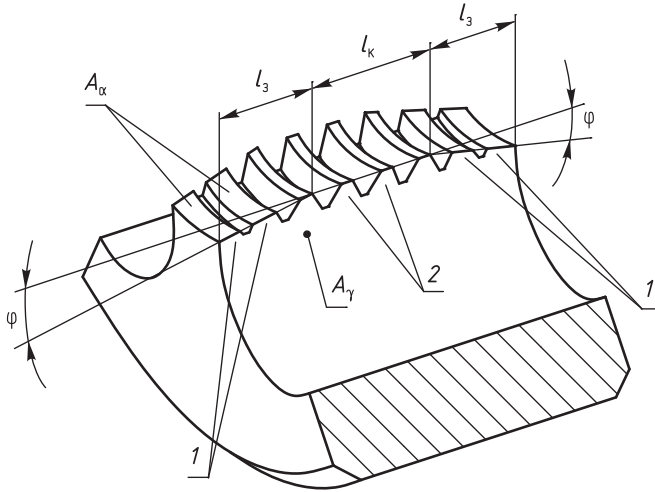


Рис. 10.6: Різальний елемент плашки

- 1* – зрізані зубці заборного конусу;
- 2* – повні (не зрізані) зубці калібрувальної частини;
- A_γ – передні поверхні різального елемента (стружковий отвір);
- A_α – задня поверхні різального елемента заборного конусу;
- φ – кут заборного конусу $\varphi = 25 \dots 30^\circ$;
- $l_з$ – довжина заборного конусу – 2-3 гвинтових витка різьби;
- $l_к$ – довжина калібрувальної частини – 3-5 гвинтових витка різьби.

- задній кут на калібрувальній частині;
- та задній кут на заборному конусі.

Калібрувальна частина

Калібрувальна частина зуба плашки є внутрішньою різьбою з відповідним профілем. Задній кут калібрувальної частини зуба плашки завжди дорівнює нулю.

Заборний конус

Задній кут на заборному конусі створюється шліфуванням по конусу кожного окремого зуба (рис. 10.8). Центр цього конуса не співпадає з віссю плашки. Для кожного зуба плашки центр конуса по якому його шліфують, має своє положення.

У стандартних плашок задній кут на заборному конусі знаходиться в межах $6...8^\circ$.

На кресленіку плашки вказують не значення заднього кута, а величину затилування K , яку розраховують за формулою

$$K = \frac{2\pi R}{Z} \operatorname{tg} \alpha,$$

де R – зовнішній радіус різьби;

Z – кількість різальних елементів;

α – задній кут на заборній частині, який необхідно створити.

Приклад 10.1 (Величина затилування плашки)

Розрахувати величину затилування K заборної частини стандартної плашки, необхідну для забезпечення потрібної величини заднього кута α .

Вихідний дані:

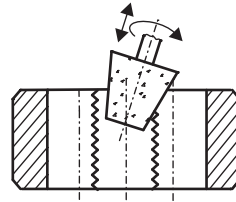


Рис. 10.8: Заточування заборного конусу

- $R = 10 \text{ мм}$ зовнішній радіус різьби;
 $Z = 4$ кількість різальних елементів;
 $\alpha = 6^\circ$ задній кут на заборній частині, який необхідно створити.

Рішення:

1. Розрахунок величини затилування K

$$K = \frac{2\pi R}{Z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi \cdot 10}{4} \operatorname{tg} 6^\circ = 1,65 \text{ мм.}$$

10.1.3 Різьбонарізні головки

Різьбонарізна головка призначена для нарізування зовнішньої різьби. Вона є складним механізмом, оснащеним комплектом гребінок, що виконують роль зубів плашок.

Принцип роботи головки.

На початку роботи і протягом робочого ходу нарізування різьби – гребінки I (рис. 10.9) налаштовані на розмір різьби що утворюється. Говорять, що головка знаходиться в робочому закритому стані.

У кінці робочого ходу головка розкривається – гребінки I розсовуються (стрілки A). Отже, на зворотному ходу різальні елементи головки, не торкаючись нарізаної різьби, повертаються в початкове положення і гребінки готові для роботи.

Типи головок

Робоча (різальна) частина головки складається з комплекту гребінок, кожна з яких є аналогом зуба плашки. Залежно від рухів гребінок відносно осі заготовки головки розділяють на:

- радіальні головки (рис. 10.10...10.13) – різальні елементи переміщуються у радіальному напрямку;
- і тангенціальні головки (рис. 10.14 та 10.15) – різальні елементи переміщуються по дотичній до заготовки.

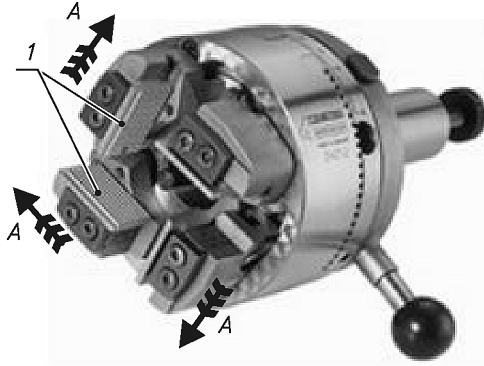


Рис. 10.9: Головка різенарізна (тангенціальна)
[ресурси Інтернету]

Радіальні головки можуть бути оснащені круглими (рис. 10.11) або призматичними гребінками (рис. 10.13).

Кругла гребінка радіального типу по ГОСТ 21761-76 є звичайним круглим фасонним різцем (рис. 10.11) профіль якого утворений кільцевими витками, а не гвинтовими як у різьбі.

Різьбова частина гребінки поділяється на заборну l_3 та l_k калібрувальну частини. Відповідно до цього, калібрувальні зубці 1 мають повний профіль, а зубці 2 заборного конуса зрізані по задній частині 3. Передня поверхня A_γ різьбової гребінки зазвичай плоска.

Задня поверхня заборної частині виконана у вигляді конуса. На калібрувальній частині – у вигляді концентричних кілець.

Різальна частина (заборний конус) заточений під кутом ϕ . Передні і задні кути утворюються за рахунок відповідної установки різця.

Різенарізні головки з призматичними радіальними гребінками (рис. 10.12) мають ряд недоліків:

- невелика кількість переточувань;
- грубе регулювання на розмір.

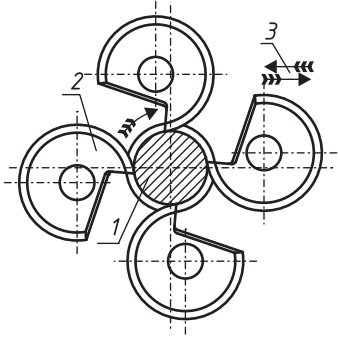


Рис. 10.10: Радіальна кругла головка

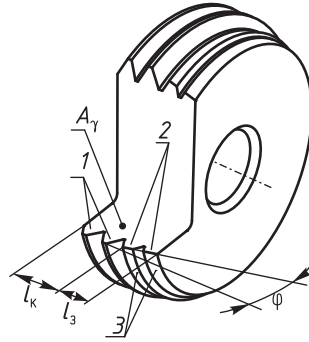


Рис. 10.11: Радіальна кругла плашка

Різьбонарізні головки з тангенціальним розташованими гребінками (рис. 10.14) мають ряд переваг в порівнянні з головками радіального розташування призматичних гребінок:

- більша кількість переточувань;
- відносна простота і точність регулювання на розмір.

В інструментальному виробництві застосовують однаково головки всіх типів. Їх основна відмінність – виробник (кожен вихваляє своє).

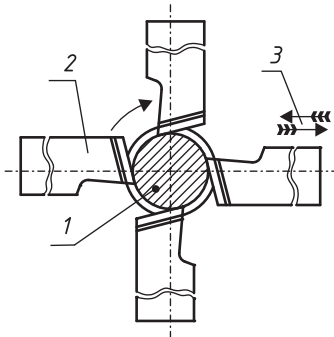


Рис. 10.12: Радіальна призматична головка

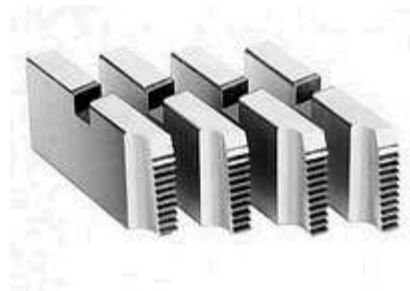


Рис. 10.13: Комплект радіальних плашок [ресурси Інтернету]

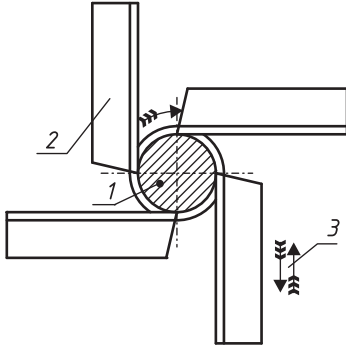


Рис. 10.14: Тангенціальна головка



Рис. 10.15: Комплект тангенціальних плашок [ресурси Інтернету]

Переваги головок

В порівнянні з плашками різьбонарізні головки мають наступні переваги:

- більша продуктивність через відсутність зворотного руху згвинчування інструменту з готової різьби;
- можливість регулювання розмірів утворюваної різьби;
- відсутність контакту інструменту з вже нарізаною різьбою при реверсі, що покращує якість нарізаної різьби.
- значна кількість переточувань;

Різьбовий профіль гребінок утворюється шліфуванням, що забезпечує хорошу якість різальних і калібрувальних профілів і, як наслідок, покращується точність і шорсткість поверхонь різьбового профілю нарізаної різьби.

10.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції плашки метричної загального призначення та визначення її геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення

- плашки, різьбонарізні головки;
- засоби вимірювання.

Постановка задачі:

- ознайомитись з основними типами стандартних плашок;
- вивчити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості їх конструкції;
- виміряти геометричні параметри плашки;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз плашки та звіт.

Послідовність виконання:

- вивчити основні елементи інструменту, їх призначення і конструкцію;
- на підставі попереднього вивчення визначити тип і призначення інструменту;
- виміряти конструктивні параметри плашки;
- виміряти кутові параметри плашки;
- виконати ескіз плашки формату А3 за рис. 10.18;
- нанести значення кутових та лінійних параметрів інструменту на ескіз;
- оформити звіт.

10.2.1 Конструкція інструменту**Передній кут**

Основна площина P_v завжди проходить через центр плашки (рис. 10.16). Дотична \vec{k} до передньої поверхні перпендикулярна до радіусу ρ стружкового отвору. Таким чином, передній кут γ залежить від положення та розмірів стружкового отвору. Визначити передній кут можливо непрямим методом

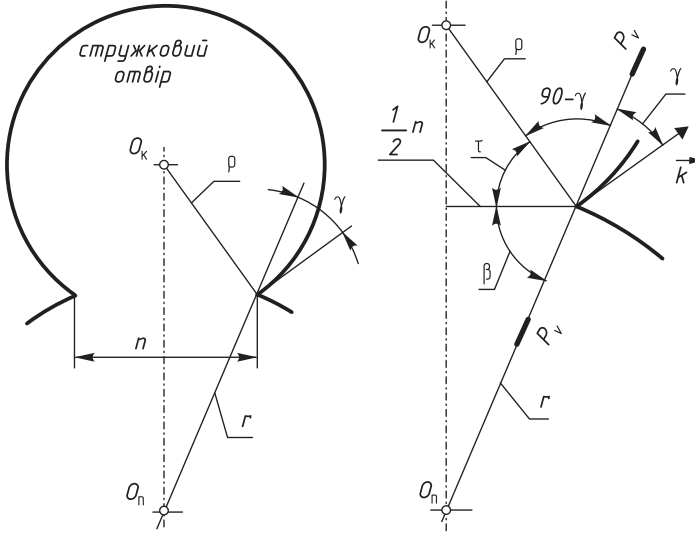


Рис. 10.16: Передній кут плашки

$$\gamma = \beta + \tau - 90^\circ,$$

$$\cos \beta = \frac{n}{2r}, \quad \cos \tau = \frac{n}{2\rho},$$

- де n – ширина зазору між різальними елементами (можливо виміряти штангенциркулем);
 r – внутрішній радіус різьби плашки (дорівнює внутрішньому радіусу різьби);
 ρ – радіус стружкового отвору.

На заборній частині передній кут такий самий як на калібрувальній частині. Залежно від матеріалу деталі передній кут може мати такі значення

чавун сірий	10...12°
сталь конструкційна	15...20°
легкі сплави	20...25°

Приклад 10.2 (Передній кут плашки)

За результатами вимірювання плашки М20 визначити її передній кут.

Вихідні дані:

$n = 5,3$ мм ширина зазору між різальними елементами (можливо виміряти штангенциркулем);

$r = 8,4$ мм внутрішній радіус різби плашки (дорівнює внутрішньому радіусу різби);

$2\rho = 10$ мм діаметр стружкового отвору.

Рішення:

1. Радіус ρ стружкового отвору $\rho = \frac{10}{2} = 5$ мм.

2. Кут β

$$\cos \beta = \frac{n}{2r} = \frac{5,3}{2 \cdot 8,4} = 0,315,$$

звідки кут $\beta = 71^\circ 36'$.

3. Кут τ

$$\cos \tau = \frac{n}{2\rho} = \frac{5,3}{2 \cdot 5} = 0,53,$$

звідки кут $\tau = 57^\circ 59'$.

4. Передній кут γ плашки

$$\gamma = \beta + \tau - 90^\circ = 71^\circ 36' + 57^\circ 59' - 90^\circ = 39^\circ 35'.$$

10.2.2 Поновлення працездатності

Плашки заточують по передній поверхні та по заборному конусу. Схема переточування по передній поверхні подана на рис. 10.17.а. Переточування виконують з одного установу для всієї передньої поверхні плашки.

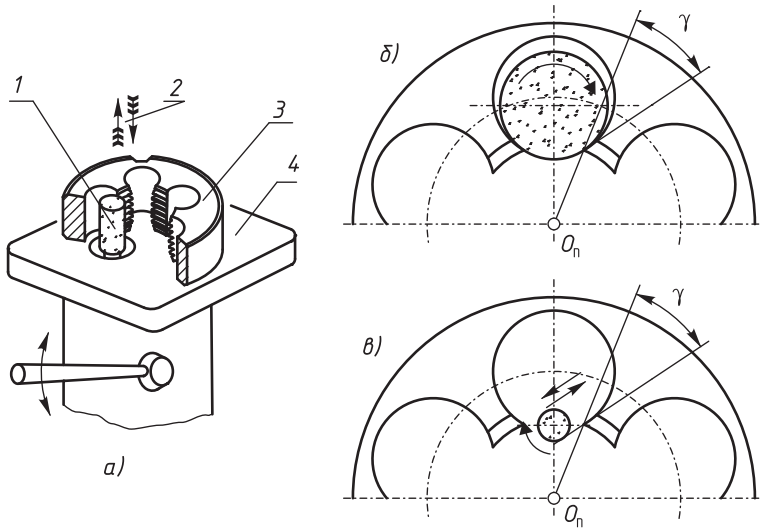


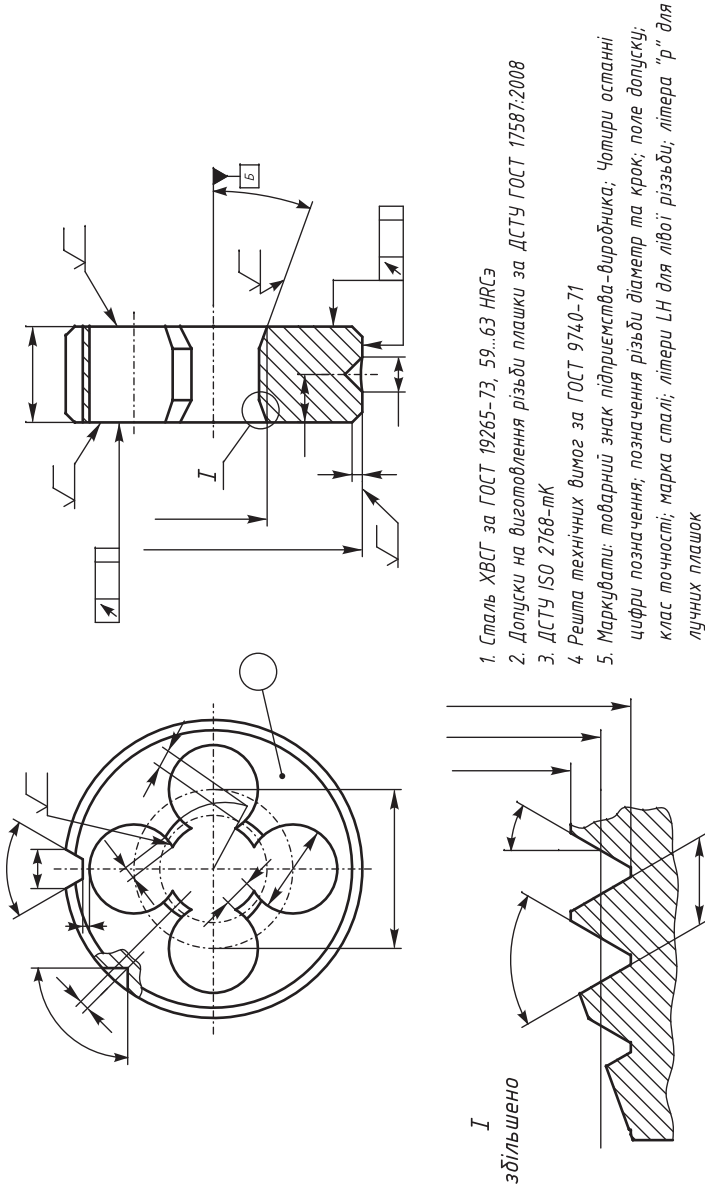
Рис. 10.17: Заточування передньої поверхні

Передня поверхня може мати дві форми: циліндричну за (рис. 10.17,б) або плоску (рис. 10.17,в). Для плашок малого розміру зазвичай застосовують циліндричну форму, для більших розмірів – плоску.

По задній поверхні заточують тільки заборний конус. Окремо кожний зуб плашки (рис. 10.8).

10.3 Контрольні питання

1. Вкажіть призначення плашки.
2. Покажіть передню поверхню плашки.
3. Покажіть задню поверхню плашки.
4. Покажіть передній кут калібрувальної частини.
5. Чому дорівнює задній кут на калібрувальній частині?
6. Як отримують задній кут на заборному конусі?
7. Для чого розрізають перемичку плашки?
8. Чи можливо регулювати діаметральний розмір плашки?
9. Для чого затилують задню поверхню заборного конусу плашки?
10. Покажіть місце можливого розрізу плашки.
11. Скільки заборних конусів має плашка?
12. Чому дорівнює кут заборного конусу?
13. Опишіть процес заточування плашки абразивним кругом по передній поверхні.
14. Для чого призначений заборний конус плашки?
15. Чи однаковий передній кут на заборній та калібрувальній частинах плашки?



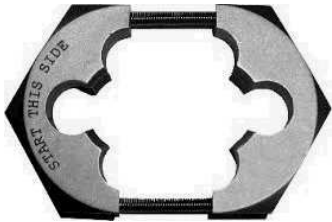
1. Сталь ХВСГ за ГОСТ 19265-73, 59...63 НРСз
2. Допуски на виготовлення різьби плашки за ДСТУ ГОСТ 17587:2008
3. ДСТУ ISO 2768-мк
4. Решта технічних вимог за ГОСТ 9740-71
5. Маркувати: товарний знак підприємства-виробника; Чотири останні цифри позначення, позначення різьби діаметр та крок; поле допуску; клас точності; марка сталі; літери LH для лівої різьби; літера "р" для лівих плашок

Рис. 10.18: Ескіз плашки

10.4 Додаткові відомості



Плашка розрізана по перемичці
[ресурси Інтернету]



Плашка розсувна (круп)
Може утворювати різьбу у значному діапазоні розмірів
[ресурси Інтернету]



Плашка великого діаметру
[ресурси Інтернету]

Література

- [1] И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. Проектирование металлорежущих инструментов. М: Машгиз, 1962.
- [2] С.П. Карцев. Резьбонарезной инструмент. – М: Машгиз, 1959.
- [3] А.Н. Гладилин, Н.П. Малевский. Справочник молодого инструментальщика. – М: Высшая школа, 1965.
- [4] ГОСТ 17587-72 Плашки круглые для метрической резьбы.
- [5] ГОСТ Р 50561-93 Плашки шестигранные. Размеры.
- [6] ГОСТ 9740-71 Плашки круглые. Технические условия.

11 ПРОТЯЖКИ

11.1 Теоретичні відомості

Протяжка

Багатолезовий інструмент з рядом послідовно виступаючи одно над іншим лез в напрямі, призначений для обробки при поступальному головному русі леза і відсутності руху подачі.

Розрізняють протяжки та прошивки (рис. 11.1). Протяжку тягнуть через деталь з зусиллям P . Прошивку – проштовхують через деталь.

Прошивки застосовують тільки тоді, коли довжина інструменту не перевищує 10...12 його діаметрів.

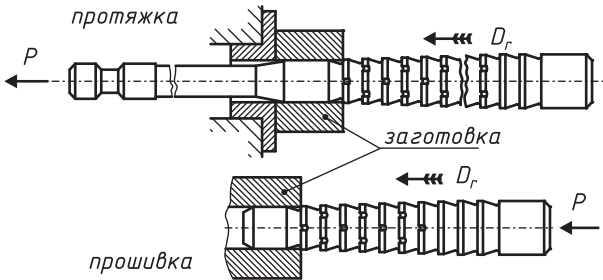


Рис. 11.1: Протяжка та прошивка

11.1.1 Принцип роботи

Перед початком робочого ходу заготовка надіта на передню напрямну протяжки і притиснена до торця опорного фланця, закріпленого на верстаті (рис. 11.1). При включенні робочого ходу D_r різальні зуби протяжки, переміщаючись в отворі заготовки, зрізують припуск рис. 11.2.

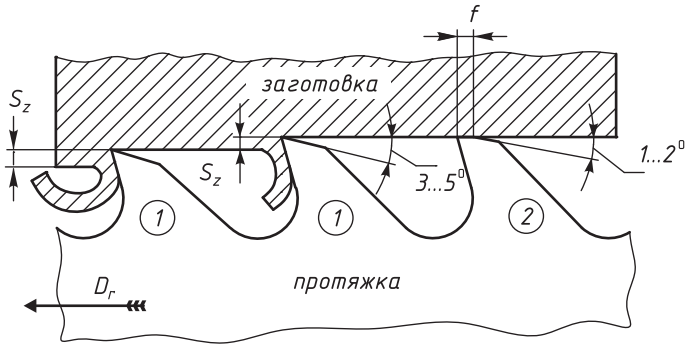


Рис. 11.2: Принцип роботи протяжки

За таким же принципом працює прошивка, з тією різницею що її не протягують через отвір, а навпаки проштовхують. Далі будемо розглядати тільки протяжку.

Будь яка протяжка має два основні типи зубів (рис. 11.2):

- різальні 1 (чорнові та чистові);
- калібрувальні 2.

Різальні зуби зрізують основний припуск. Кожен зуб зрізує шар матеріалу товщиною S_z , який називають “подача на зуб”. Кожен різальний зуб вище попереднього на величину S_z подачі на зуб. Кількість різальних зубів може досягати кількох десятків (більше сотні).

Калібрувальні зуби нічого не зрізують і не калібрують. Всі калібрувальні зуби мають однаковий розмір і відповідно S_z для калібрувальних зубів дорівнює нулю. Єдине призначення калібрувальних зубів – забезпечення постійного розміру протяжки після її переточування. Кількість калібрувальних зубів невелика, в межах 3-6.

11.1.2 Конструктивні елементи

Конструкція протяжки в значній мірі обумовлена тим, що при протягуванні існує тільки головний рух різання D_r , який

здійснює інструмент вздовж своєї осі. Безперервність врізання зубів інструменту в матеріал заготовки, тобто функції подачі, закладені в самій конструкції протяжки.

Хвостовик передній

Передній хвостовик призначений для з'єднання протяжки з верстатом (через патрон). Його форма та розміри залежать від конструкції патрону і в загальному випадку повинні бути такими, щоб протяжка пройшла в отвір заготовки.

Шийка

Шийка слугує для поєднання хвостовика та безпосередньо протяжки. Його довжина залежить від розмірів заготовки та конструкції верстату.

Напрямний конус

Призначення напрямного конусу – полегшити (спрямувати) протяжку в отворі заготовки. На ньому розташовано зварний шов між хвостовою та різальною частинами.

Наявність перехідного напрямного конусу полегшує установку заготовки на протяжці. Зазвичай довжина напрямного конусу приблизно 20 мм. Якщо протяжка зварна, то місце зварного шва розташовують на цьому конусі.

Передня напрямна

Передня напрямна направляє (центрує) заготовку відносно протяжки. Наприклад, заготовка вже має попередньо утворені пази, тоді передня напрямна так “направляє” протяжку, щоб її профіль співпав з профілем заготовки.

Довжина передньої напрямної дорівнює довжині отвору у заготовці. При великій довжині заготовки передня напрямна скорочується до 0,6 довжини оброблюваної поверхні (отвору, що підлягає протягуванню).

Різальні зубці

Різальні зубці (чорнові та чистові) видаляють припуск на оброблення. Їх кількість залежить від величини припуску та підйому S_z на зуб.

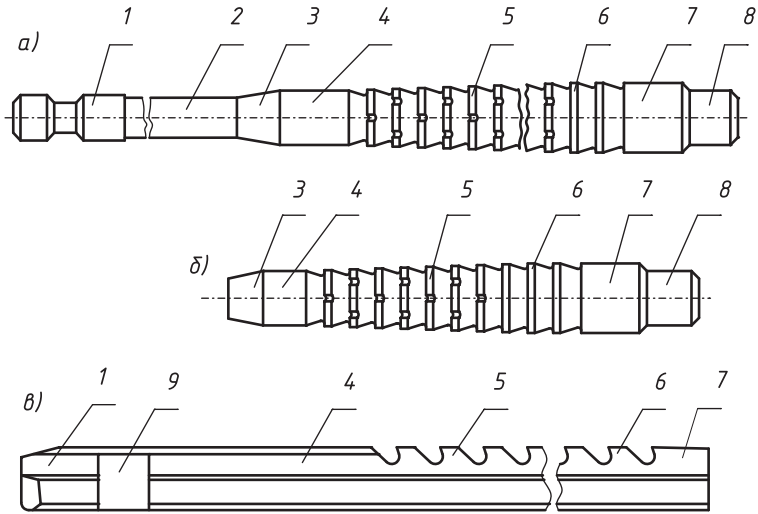


Рис. 11.3: Елементи протяжки

- а) – протяжка круга;
- б) – прошивка круга;
- в) – шпонкова протяжка;
- 1 – хвостовик передній (поєднується з верстатом);
- 2 – шийка;
- 3 – напрямний конус;
- 4 – передня напрямна;
- 5 – різальні зубці;
- 6 – калібрувальні зубці;
- 7 – задня напрямна;
- 8 – хвостовик задній;
- 9 – паз для затискного патрону.

Висота (радіус) кожного наступного зуба різальної частини протяжки більше величини попереднього на величину S_z подачі на зуб. Вона буває від 0,005 до 0,2 мм (найбільш часто $S_z = 0,02 \dots 0,08$ мм).

Кількість різальних зубів Z різальної частини визначають із співвідношення $Z = h/S_z$, де h – припуск на оброблення.

Зауваження. Остаточний розмір і форму деталі надає останній зуб різальної частини протяжки.

Калібрувальні зубці

Калібрувальні зубці нічого не калібрують. Остаточний розмір обробленого отвору утворює останній різальний зубець. Єдине призначення калібрувальних зубців – забезпечити незмінними діаметральна розміри протяжки після її переточування.

На калібрувальній частині розташовують 4...6 каліювальних зубців. Всі калібрувальні зубці мають однаковий розмір. По мірі переточування протяжки всі її зуби зменшуються в розмірі. Саме калібруючи зубці компенсують це зменшення.

Задня напрямна

Задня напрямна призначена для спрямування деталі відносно протяжки у кінці процесу оброблення отвору. Процес різання під час роботи протяжки не безперервний (наприклад, як при свердленні). Кожний зуб протяжки по чергово вступає в роботу і по чергово виходить з отвору заготовки, Як результат – робота протяжки супроводжується значними коливаннями зусиль різання.

Щоб запобігти можливому перекосу деталі відносно протяжки у момент роботи її останнього зуба і роблять задню напрямну.

Хвостовик задній

У тому випадку, коли протяжка працює на автоматичному верстаті (не плутати з верстатами з ЧПК) для автоматизації утримання протяжки у робочих органах верстата на протяжці

виконують задній хвостовик. Робочі (виконавчі) органи верстату утримують протяжку саме за цей хвостовик.

Паз для патрону

Більшість шпонкових протяжок (для оброблення шпонкового пазу) мають конструкцію переднього хвостовика, яка передбачає наявність саме пазу для передачі тягового зусилля на протяжку.

11.1.3 Схеми різання

Будь-яка протяжка може бути спроектована з використанням таких схем різання (рис. 11.4):

- профільна (одинарного різання);
- генераторна (одинарного різання);
- групової (змінного різання).

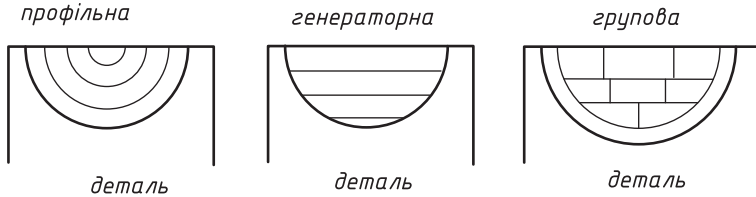


Рис. 11.4: Схеми різання

Профільна схема.

У профільній схемі різання різальні кромки усіх зубів мають однакову форму профілю, але кожний наступний має більший розмір (на величину подачі на зуб S_z).

Щоб поділити стружку на всіх різальних зубцях роблять канавки в шаховому порядку (рис. 11.5). Без таких канавок стружка утворюватиметься суцільним кільцем, яке неможливо видалити із стружкової канавки.

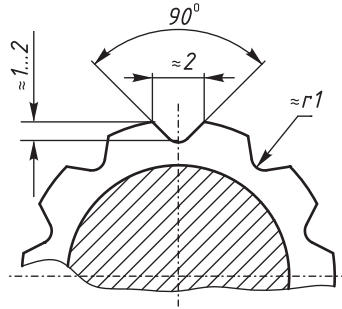


Рис. 11.5: Розділення стружки канавками

Недоліком профільної схеми є те, що кожний зуб протяжки має свої форму та розміри, що значно ускладнює її виготовлення. Через це профільну схему різання майже не застосовують²².

Генераторна схема

У генераторній схемі різання профіль деталі поступово “генерується” зубцями протяжки. Технологічно виготовити таку протяжки значно легше ніж профільну.

Спочатку виготовляють заготовку протяжки з зубцями однакового розміру, а потім почергово зрізують кожен зуб витримуючи необхідний підйом на зуб S_z .

Основним недоліком генераторної схеми є наявність ризик на поверхні деталі, адже остаточний профіль утворюється не єдиною (безперервною) різальною кромкою, а “генерується” окремими ділянками.

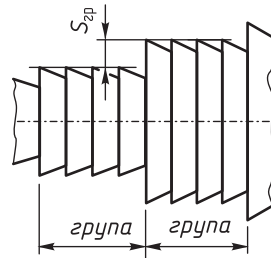


Рис. 11.6: Групова протяжка

Групова схема.

У протяжок з груповою схемою різання (рис. 11.6) робоча частина складається з окремих секцій. Матеріал на певну гли-

²²Історично це перша конструкторська реалізація протяжки.

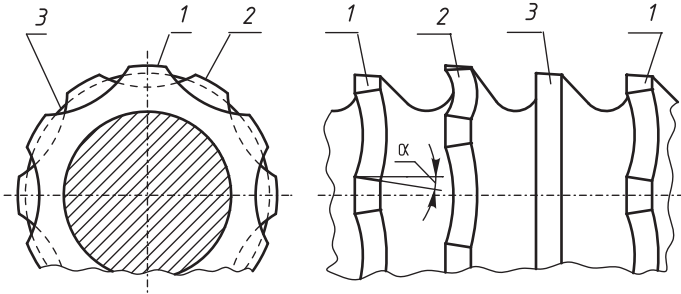


Рис. 11.7: Група із трьох зубців

- 1 – перший різальний зуб групи;
- 2 – другий різальний зуб групи;
- 3 – останній (зачистний) зуб групи.

бину $S_{гр}$ зрізується групою (секцією) зубців одного розміру (діаметру), але з різним розташуванням робочих ділянок різальних кромки (рис. 11.7). Кожен зуб зрізує матеріал на повну глибину шару (зуби 1 та 2), призначеного для зрізання цією секцією. Останній в групі зуб 3 зачищає поверхню оброблену даною групою.

Протяжка групою із чотирьох зубів наведена на рис. 11.8. Кожний різальний зуб виконано у формі чотирикутника.

Різальні зуби у кожній групі мають однаковий діаметральний розмір. Останній зуб у групі (зачисний) має діаметр трохи менший за попередні (приблизно на 0,005... 0,01 мм). Це необхідно, щоб він не зрізав цільне кільце металу.

Форма канавки

Основне призначення стружкової канавки – розмістити стружку, яка утворюється під час роботи протяжки.

Залежно від оброблюваного матеріалу існує чотири форми стружкової канавки між зубцями (рис. 11.9).

Історично першою з'явилась форма канавки за рис. 11.9,а. Ця канавка обмежена прямими контурами. Її основний недолік – погане розміщення стружки.

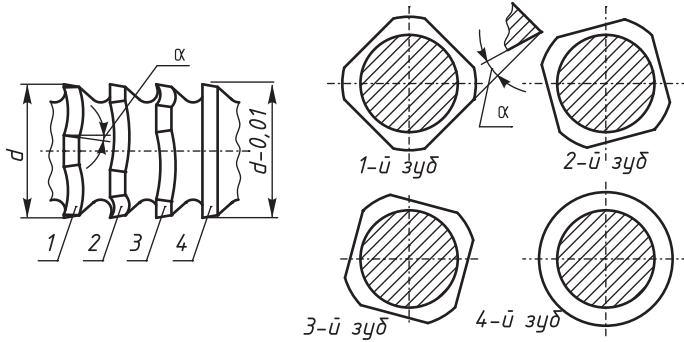


Рис. 11.8: Групова круга протяжка

- 1... 3 – різальні зубці групи діаметром d
- 4 – зачистний зуб групи діаметром $d - 0,01$.

Форма канавки виконана за рис. 11.9,б (історично названа як “прогресивна”) враховує форму стружки, яка завивається у кільце (позначено пунктирною лінією), а задня радіусна сторона зубці сприяє плавному закручуванню (згортанню) стружки.

Форма канавки за рис. 11.9,в це спрощений варіант “прогресивної” форми для оброблення пластичних матеріалів.

Форму канавки за рис. 11.9,г застосовують під час оброблення крихких матеріалів, які утворюють стружку надлому (так звану “сипучку”).

Проблемою протяжки є значні коливання, які виникають в результаті переривистого процесу різання – зубці протяжки по чергово вступають у роботу (виникає ударне зростання зусиль). І так само по чергово виходять із отвору деталі, що призводить до різкого падіння зусиль.

Щоб запобігти виникненню коливань, крок t між зубцями виконують нерівномірним (рис. 11.9,д).

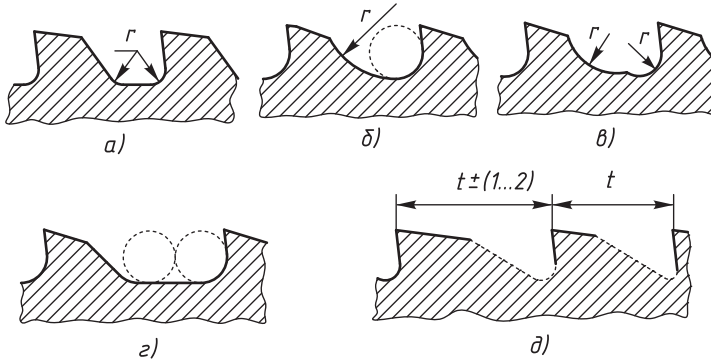


Рис. 11.9: Форма канавки зуба

- а) – звичайна канавка (історично перша форма);
- б) – "прогресивна" (збільшена) для конструкційних сталей;
- в) – збільшена подвійного радіусу (як варіант прогресивної);
- г) – для крихкої стружки;
- д) – перемінний курок зубців на величину 1...2 мм для зменшення коливань.

11.1.4 Зуби протяжки

Не залежно від типу та призначення протяжки мають два типи зубів – різальні та калібрувальні.

Різальні зуби

Різальні зуби призначені для зрізування припуску (рис. 11.10). По мірі затупленні їх переточують по передній поверхні в наслідок чого їх розмір (діаметр) зменшується.

Калібрувальні зуби

Калібрувальні зуби (рис. 11.11) ніякого припуску не зрізують і нічого не калібрують. Остаточний розмір деталі визначає розмір останнього різального зуба. Єдине призначення ка-

лібрувальних зубів, це забезпечити запас протяжки на переточування. Для цього вони мають на задній поверхні невелику фаску f шириною 0,3...0,5 мм.

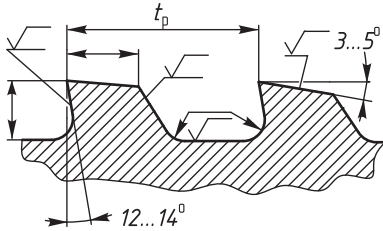


Рис. 11.10: Різальні зуби

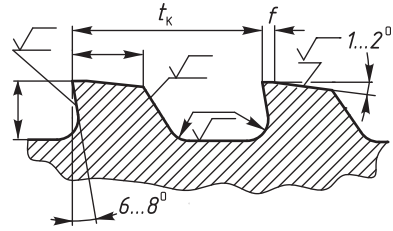


Рис. 11.11: Калібрувальні зуби

Протяжку переточують тільки по передній поверхні зубу (рис. 11.12).

Після переточування різального зубу, його діаметральний розмір, внаслідок наявності переднього та заднього кутів, зменшиться на величину δ . Як результат – протяжка стане непридатною для роботи.

Якщо переточити калібрувальний зуб, то через наявність циліндричної фаски f його діаметральний розмір не зміниться. Отже, протяжка залишиться придатною до роботи.

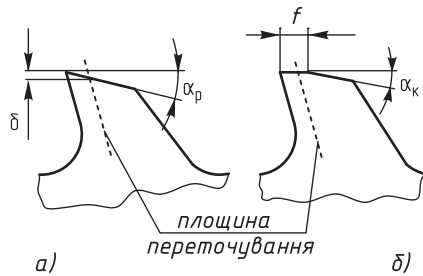


Рис. 11.12: Переточування зубців

Висновок. В наслідок переточування протяжки її різальні зубці зменшуються у розмірі. І тоді перший калібрувальний зуб починає виконувати функцію останнього різального зубу (поки не буде сточена вся фаска f). І так далі доки не сточать всі калібрувальні зубці.

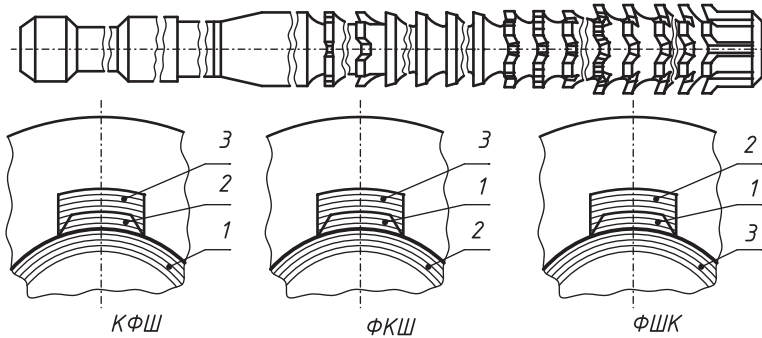


Рис. 11.13: Шліцьова протяжка

Зазвичай протяжка має 4...6 калібрувальних зубців. Кожен калібрувальний зуб допускає декілька переточувань після яких він втрачає діаметральний розмір.

11.1.5 Шліцьові протяжки

Шліцьові отвори обробляють шліцьовими протяжками, які у заготовці з круглим отвором прорізають шліці. Шліцьові протяжки можуть обробляти отвір по трьох різних схемах (рис. 11.13) з умовним позначенням – КФШ, ФКШ або ФШК.

Всі схеми забезпечують однакову форму обробленого отвору, але різняться послідовністю оброблення окремих елементів поверхні деталі.

Схема КФШ

При схемі КФШ оброблення отвору здійснюється у такій послідовності:

- спочатку утворюється круглий отвір 1;
- потім у вже обробленому круглому отворі формують фаску 2;
- і нарешті формують шліц 3.

Недоліком схеми КФШ є те що при обробленні круглої поверхні отвору необхідно видалити матеріал по всьому периметру отвору.

Схема ФКШ

При схемі ФКШ оброблення отвору здійснюється у такій послідовності:

- спочатку прорізають канавки для формування фаски 1;
- потім формують круглу поверхню отвору 2;
- і нарешті формують шліци 3.

Недоліком схеми ФКШ є те, що на ділянці оброблення круглої поверхні отвору, протяжка може обернутись відносно деталі.

Схема ФШК

При схемі ФШК формування отвору виконується у такій послідовності:

- спочатку прорізають канавки для формування фаски 1;
- потім формують шліци 2;
- і нарешті формують круглу поверхню отвору 3.

Перевага схеми ФШК у тому, що довжина протяжки є найменшою.

11.1.6 Шпонкові протяжки

Ці протяжки призначені для утворення шпонкового отвору під шпонку. Їх виготовляють плоскими (рис. 11.14).

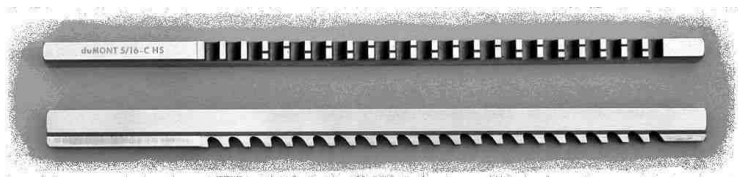


Рис. 11.14: Шпонкова протяжка
[ресурси Інтернету]

Кресленик шпонкової протяжки подано на рис. 11.16

11.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції протяжки для оброблення отворів та визначення її геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

Матеріально-технічне забезпечення

- протяжка для обробки деталі стандартного профілю;
- засоби вимірювання.

Постановка завдання

- вивчити загальну конструкцію протяжки;
- виділити серед зубів протяжки різальні та калібрувальні, виміряти їх геометричні параметри;
- встановити схему зрізування припуску;
- викреслити ескізи:
 - переднього і заднього хвостовиків;
 - осьового перерізу канавки різального зуба;
 - осьового перерізу канавки калібрувального зуба.

Заходи безпеки. Слід пам'ятати, що зуби протяжки мають дуже гострі різальні кромки здатні поранити при необережному поводженні з інструментом.

Послідовність роботи

- вивчити основні елементи інструменту, їх призначення і конструкцію;
- на підставі попереднього вивчення визначити тип і призначення інструменту;
- виконати ескіз протяжки формату А3 (рис. 11.16 та 11.17);
- нанести значення куткових та лінійних параметрів інструменту на ескіз;
- позначити площини (основну, головну січну, різання);
- оформити звіт та здати.

11.2.1 Конструкція інструменту

Подача на зуб

Подача

Визначити величину подачі на зуб S_z у такій послідовності:

- виміряти діаметральний розмір d_i декількох послідовно розташованих зубців ($i = 1 \dots n$);
- розрахувати різницю діаметрів $S_z = (d_i - d_{i+1})$ послідовних зубців, та знайти їх середнє значення $\overline{S_z}$;
- прийняти подачу на зуб для всієї протяжки як $S_z = \overline{S_z}$.

Допуск

Порівняти розраховані значення подачі на зуб S_z між сусідніми зубцями та значенням $\overline{S_z}$. Найбільше відхилення $[S_z - \overline{S_z}]$ не повинно перевищувати значень

S_z , мм	до 0,05	0,05-0,08	більше 0,08
$[S_z - \overline{S_z}]$, мм	0,008	0,010	0,015

Глибина канавки

Відхилення глибини стружкових канавок (одна від одної) не повинно перевищувати величин

Глибина канавки, мм	Відхилення, мм
до 4	$\pm 0,3$
більше 4	$\pm 0,5$

Кути передні та задні

Різниця у величинах передніх та задніх кутів на зубцях протяжки не повинна перевищувати таких значень

передній кут різальних зубців	$\pm 2^\circ$
задній кут різальних зубців	$\pm 30'$
передній кут калібрувальних зубців	$\pm 15'$
задній кут калібрувальних зубців	$\pm 30'$

11.2.2 Поновлення працездатності

Заточування протяжки є самою відповідальною операцією експлуатації інструменту. Від якісного заточування інструменту залежить якість оброблених поверхонь деталі.

Протяжку переточують по передній поверхні (рис. 11.15). Треба враховувати, що передня поверхня круглих, шліцьових, та подібних до них протяжок, має конічну передню поверхню – тому діаметр $D_{кр}$ заточувального круга на може бути довільним.

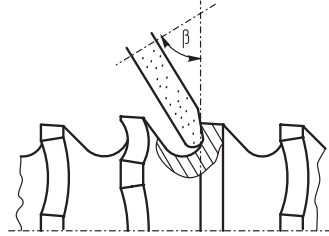


Рис. 11.15: Заточування протяжки

Для запобігання зрізування різальних кромek леза протяжки заточувальним кругом необхідно, щоб дотик між кругом та передньою поверхнею протяжки відбувався по лінії. Ця лінія є твірна лінія конічної передньої поверхні.

Діаметр $D_{кр}$ заточувального круга можливо розрахувати за емпіричною формулою²³

$$D_{кр} = \frac{0,85 d_{пр} \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma},$$

де $D_{кр}$ – діаметр заточувального круга;

$d_{пр}$ – діаметр протяжки;

β – кут нахилу осі заточувального круга;

γ – передній кут протяжки.

Для практичного застосування можливо брати будь-який інший круг меншого розміру. Заточувальний круг має форму конусу із кутом при вершині рівним $(90^\circ - \beta + \gamma)$.

²³Кацев П.Г., Епифанов Н.П. Справочник протяжника. М.: Машгиз, 1963. – 256 с. Стор. 155.

Приклад 11.1 (Заточування протяжки)

Заточити стандартну циліндричну протяжку по передній конічній поверхні.

Вихідні дані:

$d = 40$ мм зовнішній діаметр протяжки;

$\beta = 45^\circ$ кут нахилу осі заточувального круга;

$\gamma = 12^\circ$ передній кут протяжки.

Рішення:

1. Визначення найбільш можливого діаметру абразивного заточувального круга

$$D_{\text{кр}} = \frac{0,85 d_{\text{пр}} \sin(\beta - \gamma)}{\sin \gamma} = \frac{0,85 \cdot 40 \cdot \sin(45^\circ - 12^\circ)}{\sin 12^\circ} = 89 \text{ мм.}$$

2. Отже, для заточування протяжки можливо застосовувати будь-який круг діаметром не більш ніж 89 мм.

3. Після заточування перевірити кутові параметри інструменту та занести результати до звіту.

11.3 Контрольні питання

1. Який головний рух різання при протягуванні?
2. Що забезпечує центрування заготовки по осі протяжки?
3. Чому дорівнюватиме діаметр отвори після протягування, якщо кількість різальних зубців круглого протяжки дорівнює 30, подача на зуб складає 0,05 мм/зуб, а діаметр початкового отвору заготовки дорівнює 97 мм?
4. Скільки різальних зубців повинна мати протяжка, якщо із заготовки зрізується припуск величиною 1,5 мм, а подача складає 0,1 мм/зуб?

5. Яке призначення калібрувальних зубців?
6. Який зуб забезпечує остаточний розмір деталі – різальний чи калібрувальний?
7. Чому останній зуб у групі роблять меншого діаметру?
8. Охарактеризуйте кожну схему КФШ, ФКШ та ФШК утворення шліцьового отвору.
9. Сформулюйте недоліки кожної схеми КФШ, ФКШ та ФШК.
10. Сформулюйте переваги кожної схеми КФШ, ФКШ та ФШК.

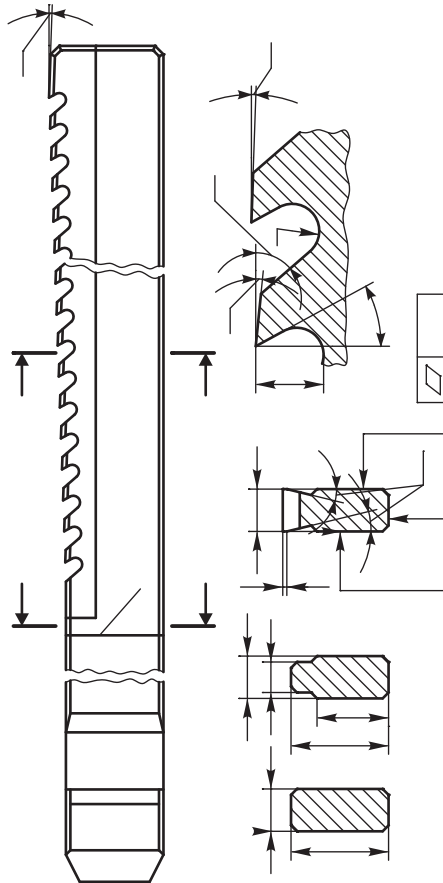


Рис. 11.16: Ескіз шпонкової протяжки

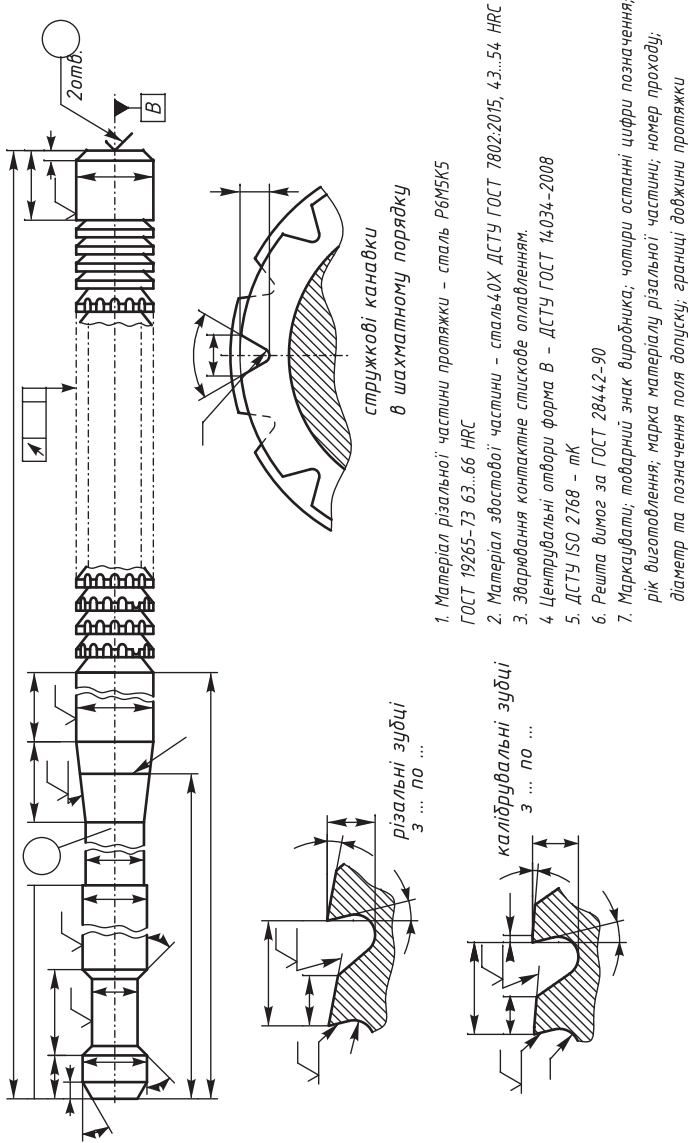
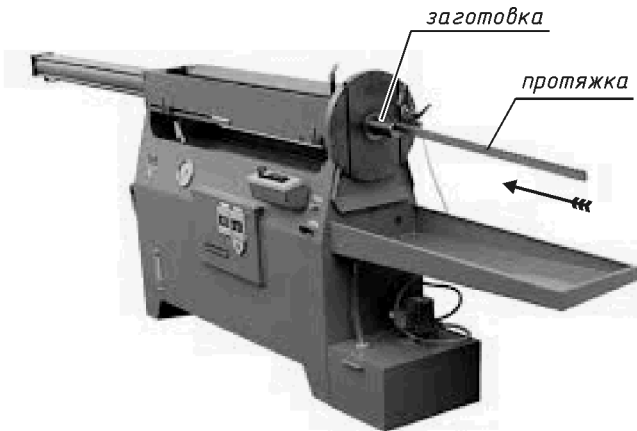


Рис. 11.17: Ескіз круглої протяжки

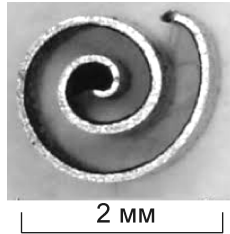
11.4 Додаткові відомості



Стародавній протяжний верстат
[ресурси Інтернету (автор невідомий)]



Сучасний протяжний верстат малої серії
[Stil Group]



Стружка зрізана протяжкою
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]

Ця спіраль повинна розміститись у стружковій канавці
саме у такому вигляді



Протяжки шліцові
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]



Прошивки
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]

Література

- [1] Справочник протяжника. П.Г. Кацев, Н.П. Елифанов. М., Машгиз, 1963. 256 с.
- [2] Справочник технолога-машиностроителя /под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. В 2х томах. — М. : Машиностроение, 1986. — Т.2. — 496 с.
- [3] ДСТУ ГОСТ 18217:2008 Протяжки шпоночные. Конструкция
- [4] ДСТУ ГОСТ 25974:2008 Протяжки для десятишлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по внутреннему диаметру комбинированные переменного резания двухпроходные. Конструкция и размеры
- [5] ДСТУ ГОСТ 20365:2008 Протяжки круглые переменного резания диаметром от 14 до 90 мм. Конструкция и размеры

12 ФРЕЗИ

12.1 Теоретичні відомості

Фреза

Лезовий інструмент для оброблення з обертальним головним рухом різання інструмента без можливості зміни радіуса траєкторії його руху та з рухом подачі напрям якого не співпадає з віссю обертання

Основні кінематичні схеми застосування фрез у сучасному машинобудуванні наведені на рис. 12.2

12.1.1 Типи фрез

Перші фрези з'явились на початку XVI століття. Термін “фреза” походить від французького fraises – полуниця²⁴. Спочатку фрези застосовували тільки у ювелірній справі. У сучасному виробництві фрези є основними інструментом оброблення площин. Основні типи фрез наведені на рис. 12.3.

Циліндричні фрези

Особливістю конструкцій циліндричних фрез (рис.12.3,*a*) є розташування головних різальних кромки на циліндрі, вісь якого співпадає з віссю обертання інструменту, паралельній оброблюваній поверхні. У циліндричних фрез немає допоміжних різальних кромки, і вони працюють в умовах вільного різання.

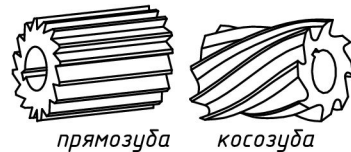


Рис. 12.1: Фрези циліндричні

²⁴Перші фрези на вигляд нагадували полуницю. Сучасна назва фрези такої конструкції – шарошка

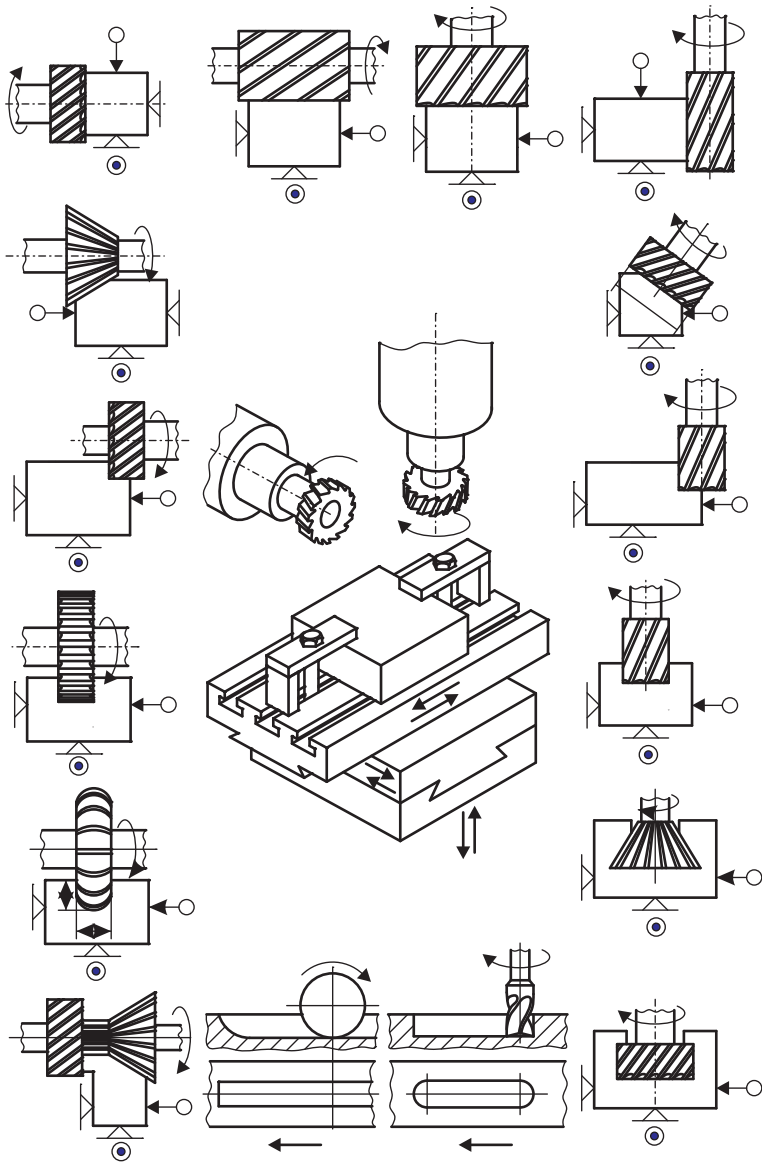


Рис. 12.2: Застосування фрез

Для зниження коливань сил різання і вібрацій зуби циліндричних фрез часто роблять з гвинтовими зубцями (рис. 12.1). При цьому виникає небажана осьова складова сили різання. Проте умови відведення стружки із зони різання фрез з гвинтовими зубами значно краще, ніж фрез з прямими зубами. Відповідно фрези поділяють на прямозубі та косозубі.

Торцеві фрез

У торцевих фрез (рис. 12.3,б) вісь обертання розташована перпендикулярно до оброблюваної поверхні. При цьому, окрім головних різальних кромки, що знаходяться на циліндричній поверхні, на торці фрези є допоміжні різальні кромки.

Торцеві фрези, як правило, виготовляють насадними. Вони широко використовують при обробленні плоских поверхонь, у тому числі ступінчастих, які неможливо обробити циліндричними фрезами.

Торцеві фрези мають наступні переваги:

- конструкція торцевих фрез дозволяє розмістити більшу кількість зубців на довжині контакту із заготовкою, що забезпечує велику продуктивність і більш рівномірне фрезерування;
- при фрезеруванні площин можна отримувати нижчу шорсткість за рахунок великого числа допоміжних різальних кромки на торці фрези і за наявності зачисних зубців.

Завдяки цим перевагам торцеві фрези в порівнянні з циліндричними знайшли більше застосування в обробленні металів.

У теперішній час торцеві фрези є основним типом фрез які використовують при обробленні площин.

Дискові фрези

Дискові фрези подібні до циліндричних, але на відміну від них, дискові фрези призначені для оброблення вузьких пазів і мають багато різновидів (рис. 12.3,в-ж).

Дискові фрези працюють у важких умовах стислого різання і несприятливих умов відведення стружки із зони різання.

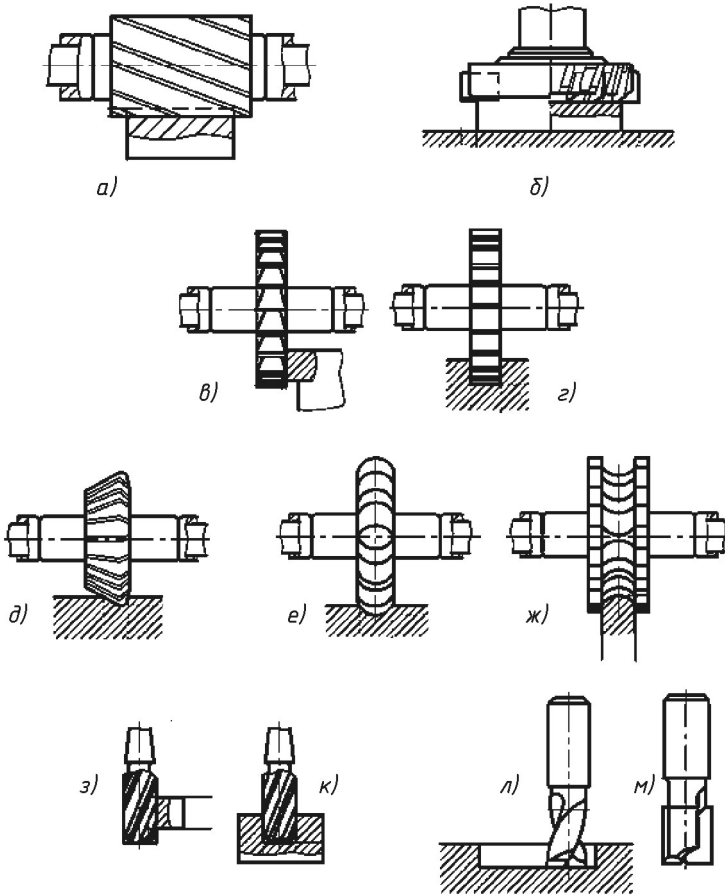


Рис. 12.3: Фрезы основні типи
 [Родин П.Р. Металлорежущие инструменты.
 Киев, "Вища школа", 1974. – 400 с. Стор. 138]

Звичайні дискові

Звичайні дискові фрези (рис. 12.3, в-г) призначені для утворення пазів і розрізняються на дискові фрези одно- двох- і трибічного різання.

Дискові односторонні фрези (рис. 12.4, а) мають різальні кромки тільки на одній зовнішній стороні. Це погано, адже задні кути на бічних сторонах інструменту дорівнюють нулю і він "затирає" по бічних сторонах обробленого пазу.

Дискові тристоронні фрез (рис. 12.4, в) мають на кожному зубці три різальні кромки – одну на зовнішній циліндричній і дві на бічних сторонах. Така конструкція дозволяє мати на всіх сторонах інструменту додатні задні кути.

Дискових двосторонні фрези (рис. 12.4, б) мають різальні кромки зубів на циліндричній і одній торцевій поверхнях. Такі фрези використовують для утворення уступів.

Для покращення плавності роботи тристоронні дискові фрези виготовляють з різноспрямованими зубцями (рис. 12.4, г), що дозволяє створити на бокових різальних кромках позитивні передні кути.

Прорізні фрези

Дискові прорізні фрези (рис. 12.5) подібні до дискових, але мають малу ширину (2...5 мм). Їх застосовують для утворення пазів. Зовні вони подібні до дискових фрез, але мають меншу довжину головних різальних кромки (меншу товщину). Стружкові канавки у них нарізують тільки на циліндричній частині

Фрези прорізні (інколи їх називають *відрізні*, або *пилы*) використовуються для прорізування вузьких пазів (шириною 0,2...6,0 мм), а також для розрізання заготовки будь-якого профілю і товщини.

Щоб запобігти затиранню по бокових поверхнях прорізні фрези виконують із піднутренням у $1...2^\circ$.

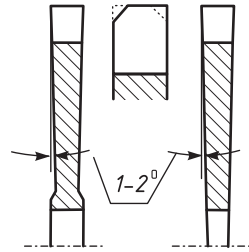


Рис. 12.5: Фрези прорізні

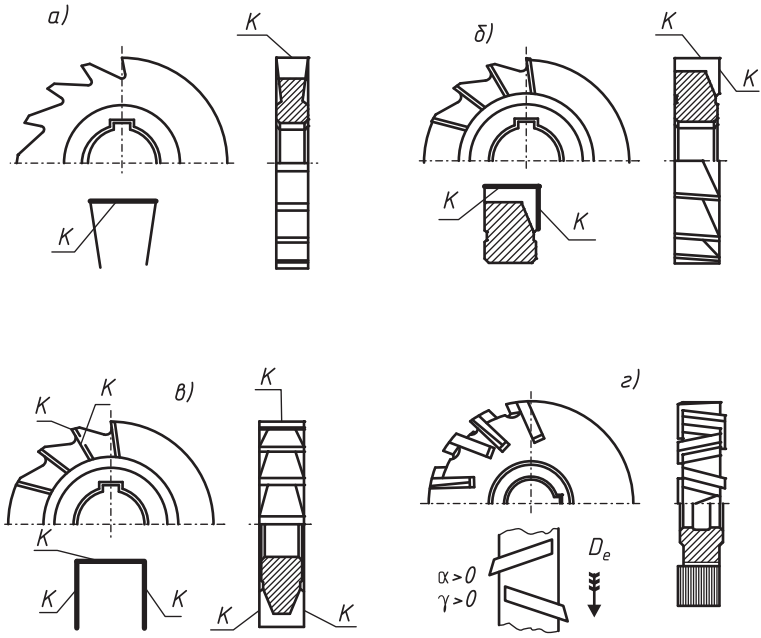


Рис. 12.4: Типи дискових фрез

K – різальна кромка;

а) – одностороння дискова фреза;

б) – двостороння дискова фреза;

в) – тристороння дискова фреза;

г) – фреза з різнонаправленими зубами.

Кутові фрези

Для виготовлення стружкових канавок в інструменті застосовують кутові фрези (рис. 12.3,δ). Вони бувають одно- та двокутними.

Головні різальні кромки у однокутних дискових фрез розташовані на поверхні усіченого конуса, а у двокутних – на поверхні двох суміжних конусів. Ці фрези використовуються як інструменти другого порядку для нарізування канавок у багатозубих інструментів, наприклад фрез, розгортки та ін. А також для оброблення пазів, скосів і похилих поверхонь.

Фасонні фрези

Для утворення фасонних поверхонь застосовують дискові фасонні фрези (рис. 12.3,ε-ж).

Фасонні фрези (рис. 12.6) є тілами обертання, на зовнішній поверхні яких розташовані зубці з найрізноманітнішими за формою різальними кромками. Вони працюють так само, як дискові і кутові фрези, і призначені для фрезерування увігнутих (рис. 12.6,а) або опуклих (рис. 12.6,б) фасонних зовнішніх поверхонь, а також прямих або гвинтових канавок.

Окремо є так звані дискові “модульні” фрези (рис. 12.6,в) призначені виключно для утворення зубчатих коліс евольвентного зачеплення.

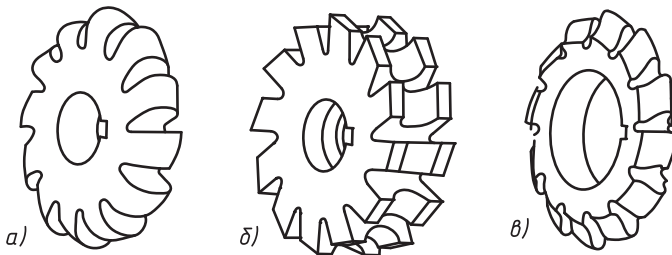


Рис. 12.6: Фасонні фрези

Кінцеві фрези

Для утворення пазів та оброблення контурів застосовують кінцеві фрези (рис. 12.3,з-к), які мають два типи різальних

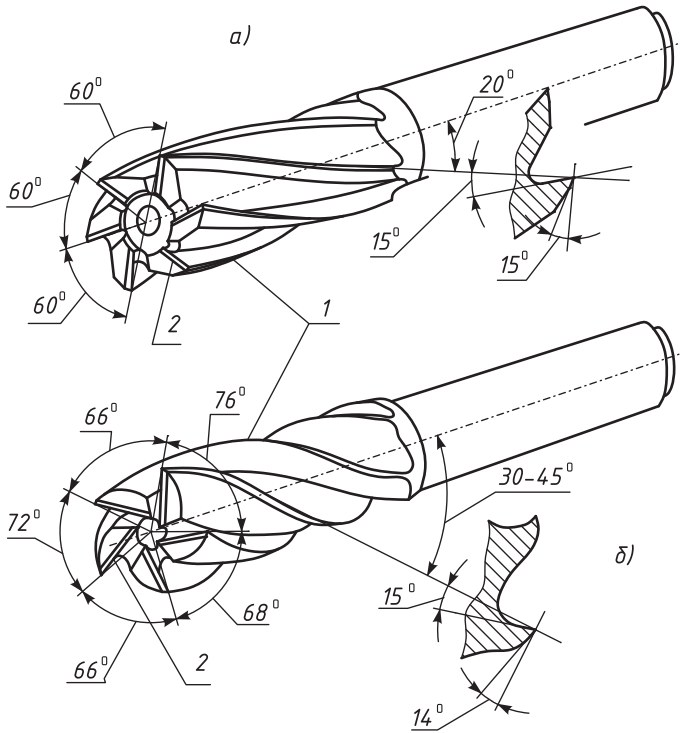


Рис. 12.7: Фрези кінцеві

- а) – фрези із звичайними зубом (здебільшого для чистового оброблення);
- б) – фрези з посиленим зубом (здебільшого для чорнового оброблення);
- б) – головні різальні кромки;
- б) – допоміжні різальні кромки (торцеві).

кромки. Головні різальні кромки, що виконують основну роботу по видаленню припуску, як і у торцевих фрез, розташовані на циліндричній поверхні, а допоміжні (що зачищають) - на торцевій стороні фрези. Кінцеві фрези відрізняються від торцевих тим, що мають діаметр менший ніж висоту.

Кінцеві фрези застосовують як для оброблення бічних поверхонь заготовки (рис. 12.3,з) так і для утворення фігурних пазів (рис. 12.3,к).

Зубці кінцевих фрез виготовляють зазвичай гвинтовими, з кутом нахилу до осі $\omega = 30 \dots 45^\circ$. Таке велике значення кута за наявності великих за об'ємом стружкових канавок забезпечує надійне відведення стружки із зони різання навіть за дуже обмежених умов різання. З цієї причини число різальних зубів у кінцевих фрез значно менше, ніж у торцевих фрез. Проте при цьому зниження продуктивності компенсується за рахунок збільшення подачі на зуб.

Загальний вид кінцевих фрез наведено на рис. 12.7. Принципова різниця в наведених конструкціях полягає у формі задньої поверхні зубця.

Фрези за рис. 12.7,а мають просту форму зуба з канавками окресленими прямими лініями. Фрези за рис. 12.7,б мають більш міцні зубці і більшу канавку. Їх задня поверхня окреслена по параболі²⁵.

Шпонкові фрези

Для утворення пазів під стандартні шпонки застосовують шпонкові фрези (рис. 12.3,л-м). На відміну від кінцевих фрез шпонкові фрези (рис. 12.8) мають тільки два зуби з глибокими прямими або похилими

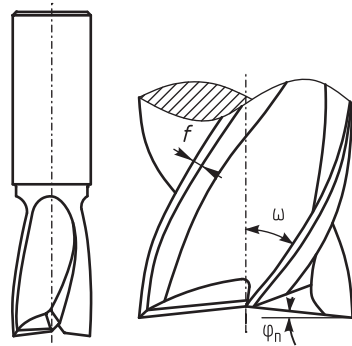


Рис. 12.8: Фреза шпонкова

²⁵Насправді по дузі кола, Так дешевше, а різниця дуже мала.



Рис. 12.9: Фрези кінцеві
[ресурси Інтернету (автор невідомий)]

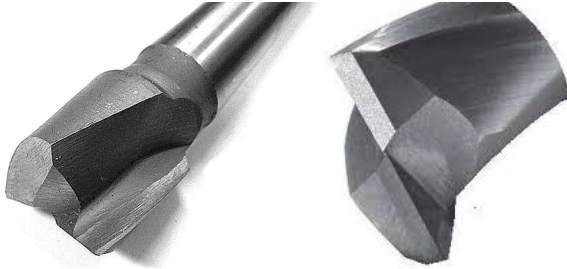


Рис. 12.10: Фреза шпонкова
[ресурси Інтернету (автор невідомий)]

($\omega = 12 \dots 15^\circ$) стружковими канавками. Довжина їх робочої частини дорівнює приблизно трьом діаметрам фрези. При цьому діаметр серцевини фрези становить 0,35 від зовнішнього діаметру, завдяки чому забезпечується максимальна жорсткість інструменту.

Особливість умов роботи шпонкових фрез полягає в тому, що паз під шпонку вони обробляють за декілька проходів. У кінці кожного проходу виконують врізування на глибину паза шляхом вертикальної подачі уздовж осі фрези. Цю роботу виконують різальні кромки, розташовані на торці фрези, заточені з кутом піднутрення $\varphi = 5^\circ$ з вершиною, спрямованою у бік хвостовика.

Щоб уникнути при цьому значного збільшення осьової скла-

дової сили різання, у швидкорізальних фрез роблять підгострювання поперечної кромки, як у свердел.

Переточують шпонкові фрези по задніх поверхнях торцевих кромок. При цьому діаметр фрези зберігається незмінним, що необхідно для забезпечення постійності розміру паза.

Різницю між кінцевою та шпонковою фрезами видно з порівняння рис. 12.9 та 12.10, а саме:

- кінцева фреза має центрувальний отвір на своєму торці, а шпонкова ні;
- шпонкова фреза має піднутрення на торцевих зубцях, а кінцева ні;
- обидві різальні кромки шпонкової фрези лежать на одній прямій.

Шпонкові фрези переточують тільки по торцевій поверхні (щоб не змінити їхній діаметр) у той час як кінцеві можна переточувати по всіх поверхнях (головне щоб була гостра).

Фрези для Т-подібних пазів

Для утворення пазів у верстатних столах застосовують фрези двох типів. Спочатку звичайною дисковою фрезою (рис. 12.3,г) утворюють прямокутний паз потрібної глибини, а потім Т-подібною фрезою (рис. 12.11) оформлюють його кінцеву форму.

Фрези Т-подібного профілю працюють в тяжких умовах і часто ламаються через пакетування стружки у канавках. Для поліпшення її відведення такі фрези роблять з різноспрямованими зубами та з незначним кутом піднутрення на торцях, рівним $\phi_1 = 1 \dots 2^\circ$.

Конструктивні та габаритні розміри Т-подібних фрез стандартизовано.

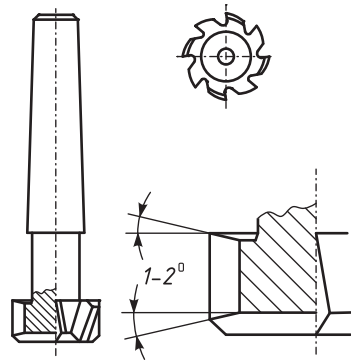


Рис. 12.11: Т-подібна фреза

12.1.2 Конструктивні елементи

Гострозаточені фрези

Гострозаточені фрези

Термін “гострозаточені фрези” не означає, що ці фрези добре заточені, а інші ні (або так-собі). Всі справні фрези добре заточені і гострі.

Термін “гострозаточені” визначає спосіб утворення задньої поверхні інструменту.

Гострозаточені фрези мають три типи (форми) задньої поверхні зубу (рис. 12.12). А саме:

- зуб звичайний (рис. 12.12,*а*) з прямою спинкою трапецієподібний;
- зуб посилений (рис. 12.12,*б*) з двома прямими ділянками ;
- зуб рівномісний (рис. 12.12,*в*) зі спинкою по параболі .

Звичайний зуб

Звичайна (трапецієподібна) форма зубу за рис. 12.12,*а* найбільш проста у виготовленні. Зуб має невелику висоту і об’єм стружкової канавки, але при цьому дещо ослаблений. Така форма зуба допускає невелике число переточувань і застосовується на фрезах для чистового оброблення.

Посилений зуб

Форму зуба за рис. 12.12,*б* застосовують для важких робіт. Такий зуб має ламану спинку, а також збільшену товщину і висоту. Такі зуби простіше у виготовленні, ніж параболічні. Вони мають великий запас на переточування і високу міцність.

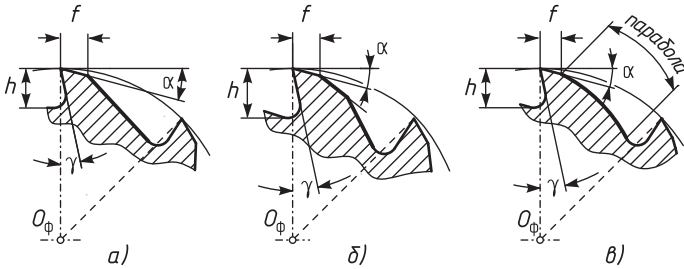


Рис. 12.12: Гострозаточений зуб

Рівномісний зуб

Параболічна форма зуба за рис. 12.12,в має найбільшу міцність на вигин, оскільки спинка зуба, оформлена по параболі, забезпечує рівну міцність в усіх перерізах по висоті зуба. Переточують такі фрези по фасці f шириною 1...2 мм.

Недоліком цієї форми є необхідність для кожної висоти зуба мати свою фасонну канавкову фрезу, тому параболу часто замінюють дугою кола.

Зауваження. Гострозаточеними можуть бути фрези всіх розглянутих типів. Тобто – будь-які.

Всі фрези з гострозаточеним зубцем переточують тільки по задній поверхні зуба (по фасці f).

Затиловані фрези

Коли профіль дискової фрези є фасонним, для переточування таких фрез по задній поверхні потрібно застосовувати спеціальне обладнання. Щоб уникнути цього для фасонних фрез застосовують затилювання задньої поверхні зубця, що дозволяє переточувати їх по передній поверхні (площині).

Різницю між формою гострозаточеної та затилової фрези показано на рис. 12.13. Гострозаточена фреза (рис. 12.13,а) має задню поверхню окреслену прямими. Затилована фреза (рис. 12.13,б) має задню поверхню окреслену за спеціальною кривою (по спіралі Архімеда).

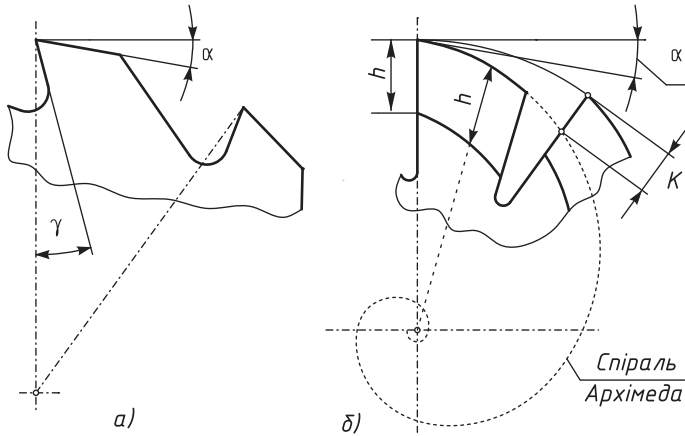


Рис. 12.13: Гострозаточені та затиловані фрези

- а) – зуб гострозаточеної фрези;
 б) – зуб затилованої фрези.

Затилованими бувають тільки дискові фасонні фрези. Ні торцеві, ні кінцеві фрези – не затилюють.

Єдина ціль затилювання – зберегти незмінною форму різальної кромки фасонної фрези після її переточування.

Процес затилювання зубу дискової фасонної фрези можливо представити таким чином (рис. 12.14):

- фреза *2* рівномірно обертається навколо своєї осі;
- різець *1* рівномірно рухається до центру фрези.

У такому випадку різальна кромка опише у просторі траєкторії спіралі Архімеда, а висота її фасонного затилованого профілю лишається незмінною у будь-якому січенні. Заточування затилованих фрез можливо виконувати на звичайних

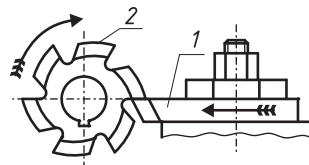


Рис. 12.14: Затилювання

заточних верстатах без застосування спеціального пристосування.

Всі затиловані фрези переточують тільки по передній поверхні. А передній кут таких фрез завжди дорівнює нулю. Зубці такої форми мають високу міцність, а по мірі переточування об'єм канавок для розміщення стружки збільшується, що сприятливо позначається на роботі фрези.

Зауваження. Для затилованих фрез замість величини заднього кута α вказують параметр K , який називають величиною затилування (рис. 12.13,б).

Задня поверхня затилованого зубу окреслена по спіралі Архімеда, тому процес оброблення затилованого зубу називають – затилуванням по спіралі Архімеда.

Основною перевагою затилованих фрез є незмінність форми та профілю різальних кромek після переточування фрези по передній поверхні²⁶.

12.1.3 Геометричні параметри

Задній кут

Задній кут затилованих фрез приймають у межах $8 \dots 10^\circ$. Це дещо менше за оптимальну²⁷ величину, але такою є платня за змогу зберегти незмінним профіль фрези після її переточування.

Величина затилування

Величину затилування K , яку позначають на кресленнику фрези розраховують за залежністю

$$K = \frac{2\pi r}{Z} \operatorname{tg} \alpha,$$

²⁶За всіма іншими параметрами затиловані фрези програють гострозаточеним фрезам. Вони мають меншу стійкість та утворюють гіршу поверхню.

Але не змінюють свій профіль після переточування.

²⁷У даному випадку “оптимальність” процесів різання.

де r – зовнішній радіус фрези;
 Z – кількість зубців фрези;
 α – прийнятий задній кут.

Приклад 12.1 (Фрези. Затилювання)

Розрахувати величину затилювання K дискової фрези для заданої величини заднього кута.

Вихідні дані:

$r = 37,5$ мм радіус фрези у вершинній точці;

$Z = 12$ кількість зубів;

$\alpha = 9^\circ$ задній кут у вершинній точці фрези.

Рішення:

1. Розрахунок величини затилювання

$$K = \frac{2\pi r}{Z} \operatorname{tg} \alpha = \frac{2\pi 37,5}{12} \operatorname{tg} 9^\circ = 3,1 \text{ мм.}$$

2. Остаточно приймаємо $K = 3,0$ мм.

Передній кут

Передній кут затилованих фрез завжди дорівнює нулю. В іншому випадку вони будуть змінювати свій профіль після переточування²⁸.

12.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції фрези кінцевої загально-го призначення та визначення її геометричних параметрів з подальшим оформленням ескізу.

²⁸Насправді це не зовсім так. Затиловані фрези (особливо у деревообробленні) можуть мати додатній передній кут. Але у такому випадку їх передня поверхня повинна мати складну форму (подібну до спіралі Архімеда) що дуже ускладнює процес їх заточування.

Матеріально-технічне забезпечення

- комплект фрез;
- засоби вимірювання – кутомір, штангенциркуль.

Постановка задачі

- ознайомитись з основними типами фрез;
- визначити призначення і сферу застосування;
- вивчити особливості їх конструкції
- виміряти геометричні параметри фрези;
- виміряти конструктивні елементи;
- оформити ескіз фрези та звіт .

Послідовність досліджень:

- ознайомитись з конструкцією фрези;
- визначити конструктивні параметри;
- визначити геометричні параметри;
- викреслити ескіз фрези (рис. 12.19 або рис. 12.18).

12.2.1 Конструкція інструменту

До конструктивних параметрів фрези відносять:

- тип фрези (кінцева, шпонкова, дискова);
- зовнішній діаметр D ;
- кількість зубців Z ;
- напрям зубців (прямі, нахилені).

Тип фрези

За результатами зовнішнього огляду інструменту визначити тип фрези. Залежно від типу – вибрати стратегію подальшого дослідження інструменту та визначитись з необхідним вимірювальним інструментом.

Діаметр

Виміряти найбільший зовнішній діаметр D фрези по вершинам зубців фрези.

Кількість зубців

Кількість зубців затилованої фрези розраховують залежно від її діаметру D та призначенням за такими залежностями

$$Z = 1,25\sqrt{D} \quad \text{– фреза для чорнової роботи;}$$

$$Z = 1,50\sqrt{D} \quad \text{– фреза ринкового призначення;}$$

$$Z = 1,75\sqrt{D} \quad \text{– фреза для чистової роботи.}$$

Порівняти порашовану кількість зубців на лабораторній фрези з розрахунковою Z та визначити призначення фрези (чорнова, чистова, ринкова).

Напряв зубців

Напряв зубців фрези можливо визначити прокотивши її по аркушу паперу та виміряти кут нахилу ω по слідах, що залишилися на папері.

Геометричні параметри

До геометричних параметри слід віднести:

- тип задньої поверхні (гострозаточена або затилована);
- величина переднього кута γ ;
- величина заднього кута α або величина затилування K ;
- величина кута ω нахилу різальних кромок .

Тип задньої поверхні

Оглянувши форму задньої поверхні фрези визначити її тип (гострозаточена, затилована) за рис. 12.13. Відповідно до типу прийняти стратегію подальшого вивчення інструменту.

Передній кут

Якщо фреза гострозаточена – виміряти величину переднього кута застосувавши кутомір Бабчиніцера.

Якщо фреза затитлована – перевірити та впевнитись, що передній кут затитлованої фрези дорівнює нулю.

Задній кут

Якщо фреза гострозаточена – виміряти задній кут за допомогою кутоміра.

У випадку коли фреза затитлована, виміряти задній кут можливо тільки непрямым методом²⁹ за такою методикою.

Виміряти “падіння затылку” Δh при повороті фрези на довільний кут μ (рис. 12.15), Перевести кут ω у радіани та розрахувати задній кут α затитлованої фрези як

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,5D\mu}{\Delta h}.$$

Величина затылування

Розрахувати величину затылування K за формулою³⁰

$$K = \frac{\pi D}{Z} \operatorname{tg} \alpha.$$

Побудова спіралі Архімеда

Побудувати спіраль Архімеда графічно можливо у такій послідовності (рис. 12.16).

1. Розрахувати параметр p_a спіралі Архімеда

$$p_a = \frac{KZ}{2\pi}.$$

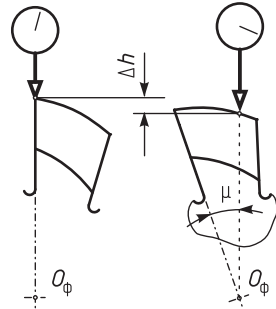


Рис. 12.15: Задній кут фрези

²⁹Непрямий метод вимірювання, це коли шуканий параметр визначають в результаті певних математичних розрахунків.

³⁰Теоретично за стандартом параметр K повинен бути кратний 0,5.

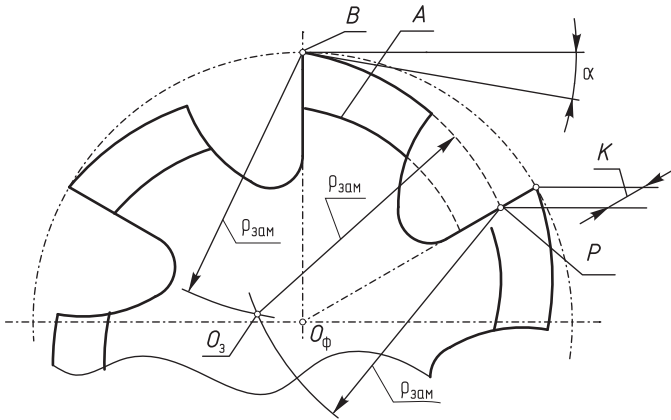


Рис. 12.16: Побудова затилювочної кривої

- B – вершина першого зубу;
- A – еквідистанта до спіралі Архімеда;
- P – точка перетину спіралі Архімеда з передньою поверхнею другого зубу;
- K – величина (параметр) затилювання;
- α – задній кут;
- h – висота різальної частини зубу (висота профілю);
- $\rho_{\text{зам}}$ – радіус кола, яке замінює криву Архімеда;
- $O_{\text{з}}$ – цент кола, яке замінює криву Архімеда
- $O_{\text{ф}}$ – центр фрези.

Зауваження. Точка P це точка перетину спіралі Архімеда з радіальною площиною, що проходить через вершину другого зубу. Але при $\gamma = 0$ радіальна площина та передня поверхня збігаються.

2. Розрахувати радіус кривини спіралі Архімеда у вершинній точці B зубу фрези. Це буде радіус $\rho_{\text{зам}}$ кола, яким можливо замінити спіраль Архімеда. Отже

$$\rho_{\text{зам}} = \frac{(r^2 + p_a^2)^{3/2}}{r^2 + 2p_a^2},$$

де r – зовнішній радіус фрези у вершинній точці B ;

p_a – параметр спіралі Архімеда.

3. Із точок B та P провести дуги радіусом $\rho_{\text{зам}}$ та знайти центр O_3 кола дуга якого замінить спіраль Архімеда.

4. Окреслити задню поверхню затилованого зубу дугою радіусом $\rho_{\text{зам}}$.

5. Провести криву A як еквідистанту до спіралі Архімеда.

Приклад 12.2 (Заміна спіралі Архімеда)

Розрахувати радіус ρ кола яке замінює спіраль Архімеда в околиці вершинної точки фрези.

Вихідні дані:

$r = 37,5$ мм радіус фрези у її вершинній точці;

$K = 3$ мм величина затилування;

$Z = 12$ кількість зубів фрези.

Рішення:

1. Параметр p_a спіралі Архімеда

$$p_a = \frac{KZ}{2\pi} = \frac{3 \cdot 12}{2\pi} = 5,73 \text{ мм/рад.}$$

2. Радіус $\rho_{\text{зам}}$ кола яке замінює спіраль Архімеда

$$\rho_{\text{зам}} = \frac{(r^2 + p_a^2)^{3/2}}{r^2 + 2p_a^2} = \frac{(37,5^2 + 5,73^2)^{3/2}}{37,5^2 + 2 \cdot 5,73^2} = 37,09 \text{ мм.}$$

3. Приймаємо $\rho_{\text{зам}} = 37$ мм.

12.2.2 Поновлення працездатності

У процесі роботи фрези здебільшого зношуються по задній поверхні, однак поверхня по якій їх переточують залежить від її типу, а саме від того гострозаточена вона чи затилована:

- гострозаточені фрези переточують по задній поверхні;
- всі затиловані фрези (звичайні та фасонні) переточують тільки по передній поверхні.

Затиловані фрези

Затиловані фрези заточують тільки по передній поверхні на зважаючи на її конструкцію. Передній кут затилованих фрез завжди дорівнює нулю, Отже схема їх установки під час заточування повинна відповідати рис. 12.17,б на наступній сторінці.

Зауваження. Під час заточування затилованої фрези необхідно сточувати з кожного зубу однакову величину припуску. В протилежному випадку фреза буде утворювати хвилясту поверхню

Гострозаточені фрези

В разі затуплення кромки різального леза гострозаточеної фрези її переточують по передній поверхні. Фрезу встановлюють у центра за рис. 12.17,а на наступній сторінці таким чином, щоб витримати розмір h

$$h = \frac{d}{2} \sin \alpha,$$

де d – зовнішній діаметр фрези (найбільший);
 α – задній кут фрези.

Зауваження. Під час заточування гострозаточеної фрези необхідно повертати фрезу після кожного проходу абразивного круга.

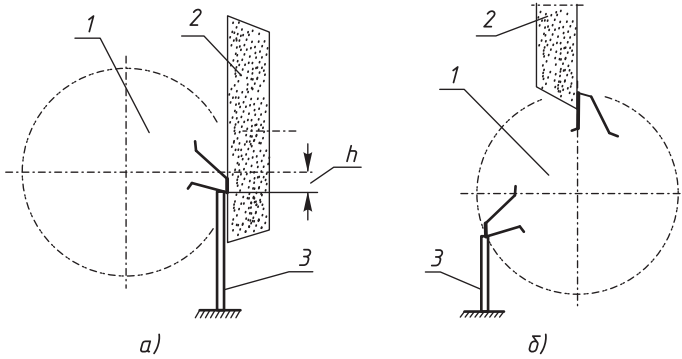
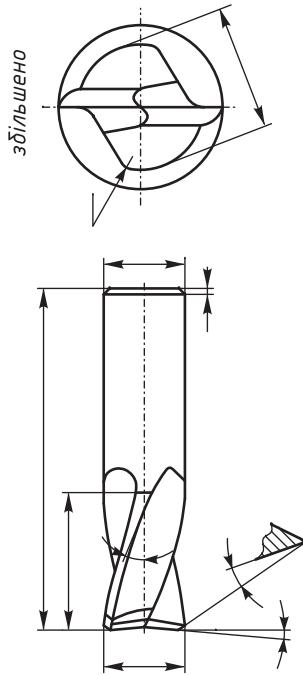


Рис. 12.17: Установка фрезы

- а) – фреза гострозаточена (заточують задню поверхню інструменту);
- б) – фреза затилована (заточують передню поверхню інструменту);
- 1 – фреза яку заточують;
- 2 – абразивний круг;
- 3 – упор.

12.3 Контрольні питання

1. Для оброблення яких поверхонь застосовують фрези?
2. Перелічить основні типи фрез.
3. Для чого на фрезі виконують нахилені зубці?
4. В чому різниця між кінцевою фрезою та шпонковою?
5. Чи має шпонкова фреза центрувальний отвір?
6. Що таке гострозаточені фрези?
7. Що таке затиловані фрези?
8. Для чого роблять затиловані фрези?
9. Що таке “величина” затилування?
10. По якій поверхні переточують гострозаточені фрези?
11. По якій поверхні переточують затиловані фрези?
12. Як виміряти задній кут затилованої фрези?
13. Перелічить три основні форми зубу фрези.
14. Як отримують затиловану задню поверхню зубу фрези?



1. Матеріал різальної частини – сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, 63...66 HRC
2. Матеріал хвостової частини – сталь 40Х ДСТУ 7806:2015, 4.5...50 HRC
3. Розміри хвостовика – за ГОСТ 25334-94
4. ДСТУ ISO 2768 – mK
5. Решта технічних вимог за ГОСТ 17034-82
6. Маркування: товарний знак виробника; чотири останні цифри позначення; діаметр робочої частини; марка матеріалу різальної частини.

Рис. 12.18: Ескіз шпонкової фрези

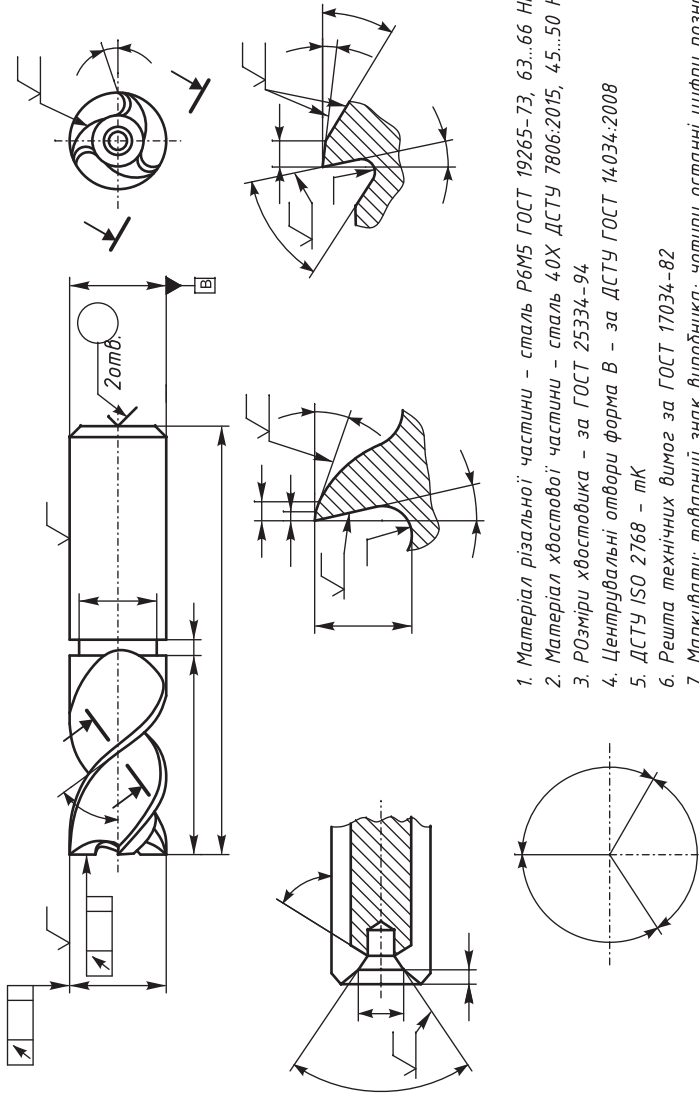
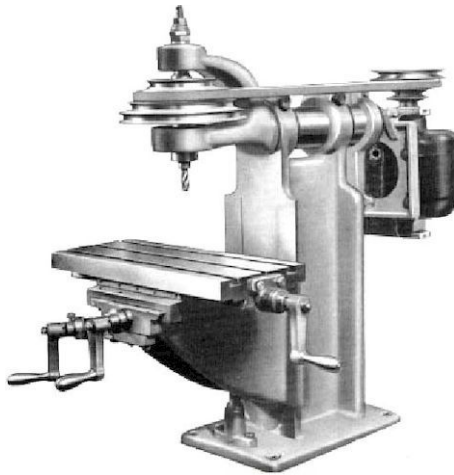
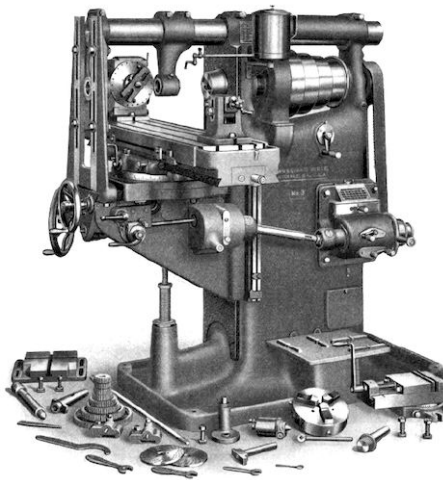


Рис. 12.19: Ескіз кінцевої фрези

12.4 Додаткові відомості



Вертикальний фрезерний верстат (кінець XIX ст.)
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]



Горизонтальний фрезерний верстат (кінець XIX ст.)
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]



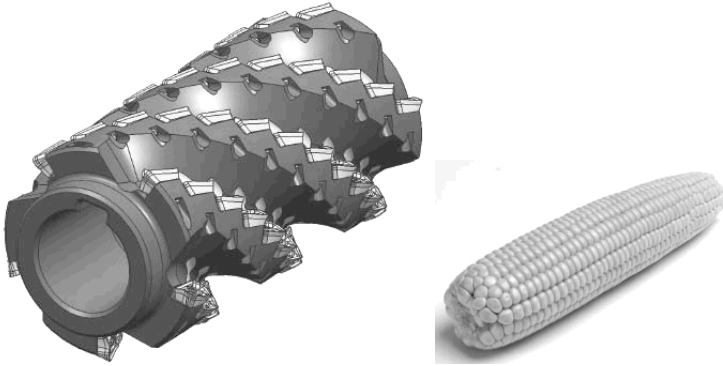
Фреза торцева складеної конструкції
[TaeguTec]

Відзнакою фрези наведеної конструкції є значна жорсткість конструкції.



Фреза циліндрична із змінними різальними
елементами
[TaeguTec]

Наявність змінних різальних елементів дозволяє змінювати їх залежно від потреби. Наприклад, залежно від матеріалу деталі.



Фреза циліндрична “кукурудзяна”
[Sandik Coromant]

Ідея конструкції була запропонована Генрі Фордом для оброблення двигунів автомобіля “Жерстяна Лізі” і полягає в тому, що фреза зрізує короткі але товсті шари припуску.



В часи Форда фрезу виготовляли цільною, але вдала ідея дозволила втілити її у сучасному вигляді – із змінними різальними елементами.

Літэратура

- [1] Комлев А.П. Справочник молодого фрезеровщика. Минск, 1981, - 288 с.
- [2] ГОСТ 17024-82 Технические условия, Конструкция и размеры.
- [3] ГОСТ 18527-90 Фрезы дисковые трехсторонние. Типы и размеры.
- [4] ГОСТ 29092-91 Фрезы цилиндрические. Технические условия.
- [5] ГОСТ 9304-69 Фрезы торцевые насадные. Типы и основные размеры.

13 ФРЕЗИ ЧЕРВ'ЯЧНІ

13.1 Теоретичні відомості

Призначення черв'ячних фрез

Черв'ячні модульні фрези використовуються для нарізування циліндричних прямозубих, косозубих та черв'ячних зубчастих коліс.

У теперішній час черв'ячна фреза – майже основний інструмент для вироблення евольвентних зубчастих коліс (рис. 13.1).

Ідея евольвентного зачеплення

Ідея евольвентного зачеплення належить німецько-російському математику – Леонардо Ейлеру³¹.

Ейлер шукав заміну, поширеній у ті часи, кінематичній схемі передачі обертального руху за допомогою ремінця.

Прикріпивши до ремінця олівець він отримав евольвентний профіль сучасного зубчатого колеса.

Кут між ремінцем та колесами він назвав – кутом евольвентного зачеплення. В Європі цей кут прийнято рівним 20° . В Америці кут евольвентного зачеплення прийнятий рівним $14\frac{1}{2}^\circ$. Що краще, спірне питання.

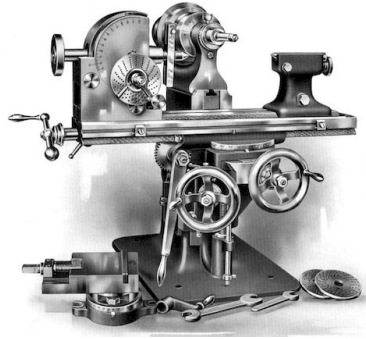


Рис. 13.1: Зубофрезерний верстат
кінець XIX століття [автор невідомий]

³¹ Леонард Ейлер (нім. *Leonhard Euler*; 15 квітня 1707, Базель, Швейцарія – 7 (18) вересня 1783, Санкт-Петербург, Російська імперія).

13.1.1 Принцип роботи

Черв'ячна зуборізна фреза працює за кінематичною схемою кочення прямої по колу³². Початкова пряма пов'язана із фрезою, а деталь із колом.

У процесі роботи (рис. 13.2) фреза здійснює два рухи. Перший 1 – обертальний рух навколо своєї осі, та другий 2 вздовж осі деталі. Обертальний рух це головний рух різання. Поздовжній рух 2 прорізує профіль зубчатого колеса на всю його ширину.

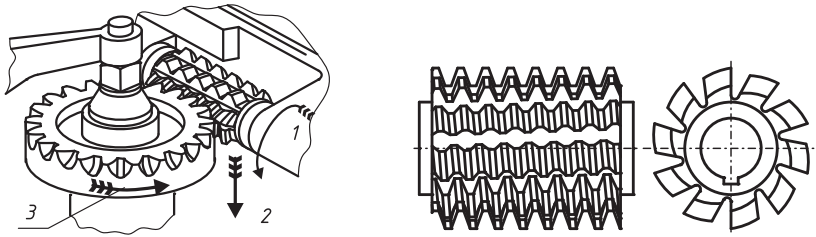


Рис. 13.2: Черв'ячна фреза

Обертальні рухи 3 та 1 імітують кочення кола по прямій. Це здійснюється завдяки тому, що зубці фрези розташовані по гвинтовій. Фреза це різбова поверхня відповідного профілю на якій прорізані канавки що утворюють зубці. Тому, коли фреза обертається навколо своєї осі – імітується рух кочення.

13.1.2 Конструктивні елементи

Як інструмент черв'ячна фреза – це гвинт, з якого шляхом прорізання стружкових канавок виготовляють фрезу. Основні конструкційні параметри черв'ячної фрези подано на рис. 13.3.

Основний черв'як

Гвинт з якого “вирізають” черв'ячну фрезу, називають основним черв'яком. Кажуть, що фреза виготовлена на основі яко-

³²Тому одна фреза може утворити будь-яке колесо, з будь-якою кількістю зубів, але тільки одного (свого) модулю.

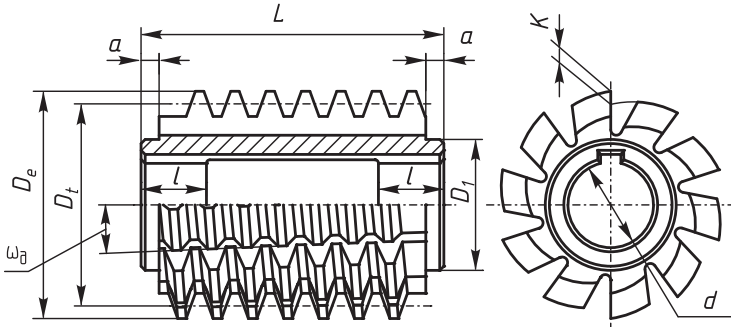


Рис. 13.3: Конструктивні параметри

- L – загальна довжина інструменту (фрези);
 a – ширина бортику, який призначено для контролю радіального биття;
 D_1 – діаметр бортиків;
 D_e – зовнішній діаметр фрези;
 D_t – діаметр ділильного кола фрези;
 ω_d – кут нахилу стружкової канавки;
 d – діаметр посадкового отвору;
 l – довжина опорних поверхонь;
 K – величина затилування (визначає величину задніх кутів на зубі фрези).

гось черв'яка³³.

Заготовку черв'яка виготовляють на токарному верстаті обточуючи її фасонним токарним різцем.

Для нарізування прямозубих і косозубих зубчастих коліс з евольвентним профілем найчастіше використовуються фрези на основі конволютного або Архімедова основного черв'яка.

Конволютний черв'як це такий черв'як (гвинт), який в перерізі, перпендикулярному виткам його гвинтової спіралі, має форму трапеції з прямими сторонами (рис. 13.4).

³³Евольвентного, Архімедового, конволютного або іншого.

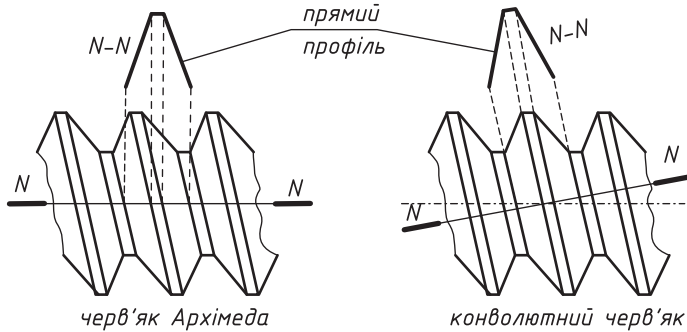


Рис. 13.4: Основні черв'яки

Архімедов черв'як це такий черв'як (гвинт), який в осьовому перерізі фрези має форму трапеції з прямими сторонами (рис. 13.4).

Основна різниця між Архімедовим та конволютним черв'яками полягає у формі перерізу їх витків

Конволютний	Архімедів
Профіль прямолінійний у перерізі перпендикулярному до витка.	Профіль прямолінійний в осьовому перерізі

Основні параметри профілю (рис. 13.5) будь-якої фрези незалежно від її конструкції такі:

- t_n – крок витку по нормалі до витка;
- S_x – товщина зубу фрези на ділильному колі;
- h – висота зубу;
- h_1 – відстань від вершини зубу до середньої лінії, дорівнює модулю m ;
- r – радіус округлення 0,5... 1,0 мм;
- α_0 – кут профілю $\alpha_0 = 20^\circ$ (кут профілю рейки дорівнює куту зачеплення).

Передня поверхня

Геометричні параметри леза фрези формуються прорізанням подовжніх стружкових канавок під кутом ω_d що утворюють передню поверхню.

Задня поверхня

Для утворення задньої поверхні виконують подвійне затилювання фрези (табл. 13.1). Єдиною ціллю затилювання є забезпечення незмінності профілю фрези після її переточування по передній поверхні.

Параметр K відповідає “падінню” першого затилку (рис. 13.6), а параметр K_1 – падінню другого. Затиловані фрези переточують тільки по передній поверхні.

Поверхню утворену в наслідок першого затилювання шліфують. Конструктивно вона примикає безпосередньо до різальної кромки інструменту. Величину першого затилювання характеризує параметр K , який вимірюють у міліметрах.

Поверхня утворена в наслідок другого затилювання розташована далі від різальної кромки і утворена фасонним різцем. Величину другого затилювання визначає параметр K_1 другого затилювання, яке теж вимірюють у міліметрах.

Отже, насправді:

- спочатку, за допомогою фасонного токарного різця на токарно-затиловочному верстаті, виконують “друге” затилювання (з величиною затилювання K_1);
- далі фрезу піддають термічному обробленні;
- і нарешті шліфують зуб, виконуючи “перше” затилювання (з величиною затилювання K);
- отже, спочатку друге затилювання \Rightarrow потім термічне оброблення \Rightarrow і нарешті перше затилювання.

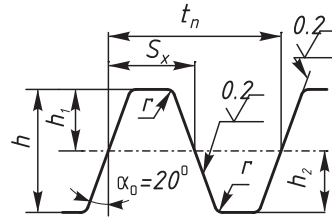
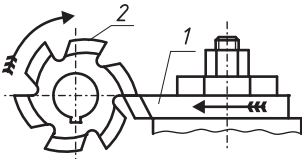
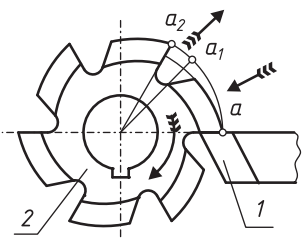
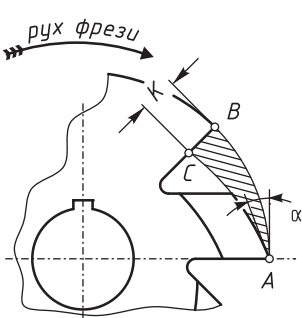


Рис. 13.5: Параметри профілю

Табл. 13.1: Процес затилування

Ескіз	Пояснення
	<p>Кінематика затилування здійснюється за допомогою двох рівномірних рухів пов'язаних між собою. Поступальний рух 1 затилувального різця. Обертальний рух 2 заготовки фрези. Результатом цих рухів є спіраль Архімеда.</p>
	<p>Різець 1 здійснює поступальні перемінні рухи вздовж радіальної площини фрези. Фреза 2 рівномірно обертається навколо своєї осі. Рухи різця і фрези механічно пов'язані між собою. Ділянка від a до a_1 – це оброблення (затилування) задньої поверхні. Ділянка від a_1 до a_2 – це вихід різця із стружкової канавки фрези.</p>
	<p>У процесі затилування фасонний різець видаляє заштриховану зону. Траєкторія AC по якій рухається різець – називається кривою затилування. Зазвичай це спіраль Архімеда. Отже, між задньої поверхнею і напрямком руху фрези виникає кут, який і є задній кут фрези α. Зазвичай його позначають як α_b (задній кут фрези при вершині). Параметр K – це величина затилування, яку вказують на кресленнику.</p>

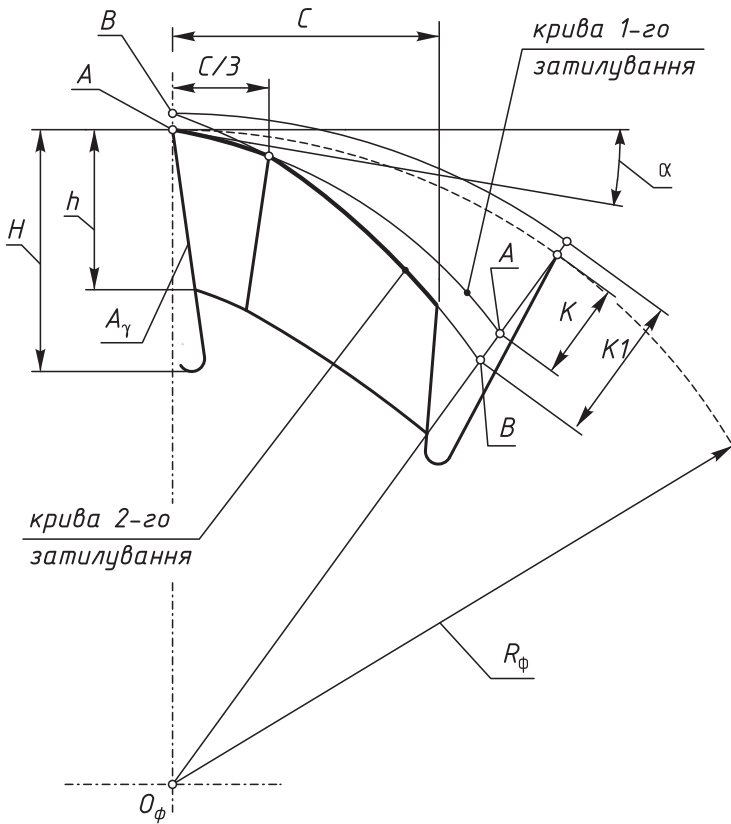


Рис. 13.6: Подвійне затилювання

K – величина першого затилювання;

K_1 – величина другого затилювання;

H – висота зубу фрези;

h – висота профілю зубу фрези;

α – задній кут зубу фрези;

A_γ – передні поверхня загального положення;

AA – крива першого затилювання;

BB – крива другого затилювання.

Зауваження. Назви “перше” та “друге” затилування обумовлені тим, що поверхні оброблена в результаті першого затилування (з величиною затилування K) першою прилягає до різальної кромки, а поверхня утворена в результаті другого затилування K_1 відстоїть від кромки далі³⁴.

13.1.3 Геометричні параметри

Згідно ГОСТ 9324-80 чистові черв'ячні модульні фрези, що виготовляються в централізованому порядку, мають такі геометричні параметри по вершинах зубів (на зовнішньому діаметрі інструменту):

- передній кут при вершині зубу фрези $\gamma_B = 0^\circ$;
- задній кут при вершині зубу фрези $\alpha_B = 9 \dots 12^\circ$.

Зауваження. Черв'ячні чорнові фрези можуть виготовлятися і з позитивним переднім кутом $\gamma_B = 10 \dots 15^\circ$.

Однак треба враховувати, що із збільшенням переднього кута покращуються умови різання, але змінюється профіль зубів нарізаного колеса, тому черв'ячні фрези з додатнім переднім кутом застосовують тільки для попереднього оброблення.

Математична залежність величини затилування K та заднього кута α_B при вершині зубу фрези описується виразом

$$\operatorname{tg} \alpha_B = \frac{KZ}{2\pi r_B},$$

- де α_B – задній кут при вершині фрези;
 K – величина затилування;
 Z – кількість зубців фрези;
 r_B – радіус фрези у вершинній точці.

³⁴Історично спочатку фрези мали тільки одне затилування і ніякого шліфування після термічного оброблення не робили. Зрозуміло, що такі фрези мали значні викривлення профілю після гартування.

Величину K_1 другого затилування розраховують як

$$K_1 = (1, 25 \dots 1, 5) K.$$

Обидва параметри K та K_1 округляють до 0,5 мм.

13.2 Дослідна частина

Зміст роботи. Вивчення конструкції модульного інструменту та визначення його геометричні параметри з подальшим оформленням звіту.

Матеріально-технічне забезпечення

- комплект інструменту для оброблення зубчатих коліс;
- засоби вимірювання – кутомір, штангенциркуль.

Постановка задачі

- ознайомитись з основними конструкціями черв'ячних фрез;
- виміряти призначення і сферу їх застосування;
- виміряти особливості їх конструкції;
- виміряти конструктивні елементи;
- виміряти геометричні параметри черв'ячної фрези;
- оформити ескіз фрези та звіт.

Послідовність виконання:

- вивчити основні елементи інструменту, їх призначення і конструкцію;
- на підставі попереднього вивчення визначити тип і призначення інструменту;
- виконати ескіз фрези формату А3 за рис. 13.12;
- виміряти геометричні параметри інструменту;
- нанести значення кутових та лінійних параметрів інструменту на ескіз;
- позначити площини (основну, головну січну, різання);
- оформити звіт та спробувати його здати.

13.2.1 Конструкція інструменту

Основні параметри

1. Основні конструктивні параметри фрези за рис. 13.3:

L – загальна довжина інструменту;

a – ширина буртику, який призначено для контролю радіального биття;

D_1 – діаметр буртиків;

D_e – зовнішній діаметр фрези;

D_t – діаметр ділильного кола фрези;

ω_d – кут нахилу стружкової канавки;

d – діаметр посадкового отвору;

2. Маркування, що нанесено на торці фрези:

m – нормальний модуль, мм;

α_o – кут профілю (зачеплення), $\alpha_0 = 20^\circ$;

Z – кількість різальних гребінок (зубів фрези);

Z_1 – кількість заходів фрези.

3. Діаметр ділильного кола

$$D_t = mZ.$$

Висота профілю

4. Штангензубомером (рис. 13.7) виміряти висоту h профілю зуба у міліметрах.

4.1. Для цього по ноніусу A встановити такий розмір, щоб між ніжками зубоміра і основою зуба був проміжок 0,5...1,0 мм для виключення впливу радіуса r біля основи ніжки зуба на результат виміру.

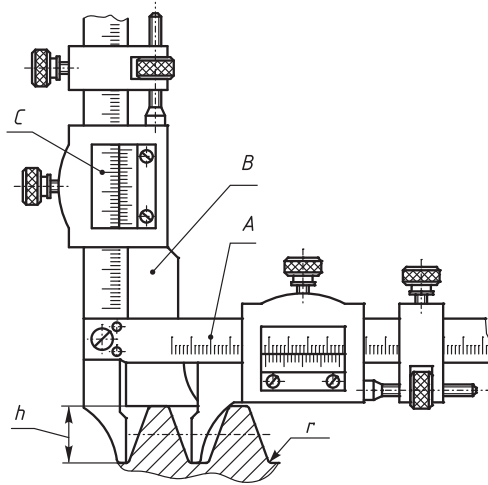


Рис. 13.7: Висота зуба в нормальному перерізі

4.2. Потім лінійку B притиснути до вершини зуба і по ноніусу C зробити відлік розміру з точністю до десятих доль міліметра.

4.3. Отриманий розмір відповідатиме повній висоті h профілю зуба фрези. За наявності канавки в западині гребінки кінці "ніжок" штангензубомера встановлюються на висоті робочої частини профілю зуба.

Нормальний крок

5. Штангензубомером виміряти (рис. 13.8) нормальний крок t_n гвинтової (різальною) спіралі.

5.1. Для цього лінійку B по ноніусу C (рис. 13.7) встановити на розмір, рівний величині висоти h_1 головки зуба

$$h_1 = 1,25m.$$

5.2. Далі ніжки зубомера встановити по бічних поверхнях зуба і по ноніусу A зробити відлік товщини зуба S_n .

5.3. Аналогічно виміряти блоковий розмір M_n (дивись рис. 13.8). Тоді нормальний крок буде рівний $t_n = M_n - S_n$.

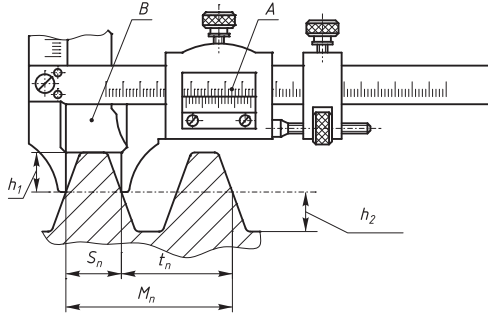


Рис. 13.8: Нормальний крок

5.4. Розрахувати теоретично точний нормальний крок

$$t_n = \pi m$$

та порівняти з тим що було виміряно.

Величина затилування

6. За допомогою пристосування, представленого на рис. 13.9, визначити величину K падіння затилку.

6.1. Фрезу 1 закріпити на оправці і зафіксувати в центрах пристосування. Ніжку індикатора 2 годинного типу встановити на вершину зуба (рис. 13.9) з боку задньої поверхні, задати по індикатору попередній натяг 4...5 мм і повернути його шкалу так, щоб "нуль" шкали поєднався із великою стрілкою.

6.2. Потім повернути фрезу в центрах на деякий кут $\Delta\mu$ в межах шліфованої частини зуба і зняти його значення за кутвою шкалою 4 (стійка 3 та показник 5). З індикатора зняти показник Δh , що відповідає падінню затилку на першому затилуванні K .

6.3. Оскільки затилування виконується по спіралі Архімеда, то величина падіння затилку буде пропорційна куту повороту фрези. Тоді

$$K = \frac{\Delta h \varepsilon}{\Delta\mu}, \quad \varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}.$$

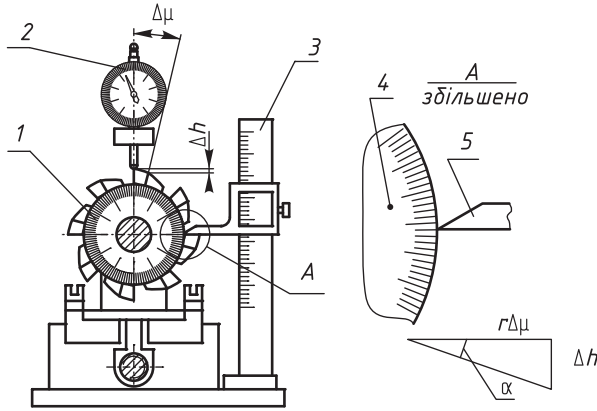


Рис. 13.9: Вимірювання затилювання

7. Затиловані фрези з шліфованим профілем обробляють шліфувальним кругом, який має форму диска зовнішнього діаметру 100...200 мм. При цьому відведення круга повинне статися до торкання ним передній поверхні наступного зуба щоб уникнути його зрізування. Тому, зуби фрези не можуть бути прошліфовані по усій задній поверхні.

Нешліфована частина задньої поверхні зуба до термічної обробки зрізується затиловочним різцем по спіралі Архімеда, але з великим падінням затилку K_1 . Зазвичай

$$K_1 = (1, 3 \dots 1, 5) K.$$

Задній кут

8. Задній кут α фрези можливо розрахувати за величиною першого затилювання K як

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{KZ}{2\pi r_B},$$

де K – величина першого затилювання;

Z – кількість зубців фрези;

r_B – радіус фрези у вершинній точці.

Передній кут

9. Передній кут γ_v на вершині зуба вимірюють за допомогою кутоміра 2УРІ (кутомір системи М.І. Бабчиніцера). Схему вимірювання наведено на рис. 13.10.

Підготовка приладу полягає в наступному:

- покласти кутомір на два сусідніх зуба;
- зсунути планку 2 таким чином, щоб носик 1 сумістився з передньою поверхнею зубу фрези;
- на шкалі вибрати кількість зубів фрези;
- навпроти вибраної позначки прочитати значення переднього кута.

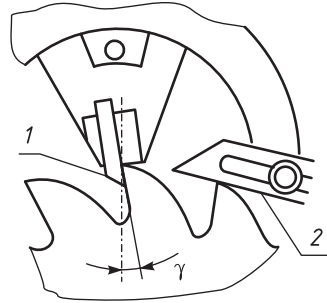


Рис. 13.10: Передній кут фрези

Треба пам'ятати, у чистових фрез передній кут дорівнює “нулю”. Чорнові фрези мають додатний передній кут.

13.2.2 Поновлення працездатності

Поновлення працездатності черв'ячних фрез здійснюють їх заточуванням по передній поверхні яка є гвинтова. Для заточування застосовують спеціальне пристосування рис. 13.11. Яке діє таким чином.

Фреза 2 закріплена на оправці 4. Стіл 1 рухається

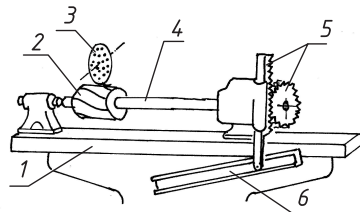


Рис. 13.11: Заточування черв'ячних фрез

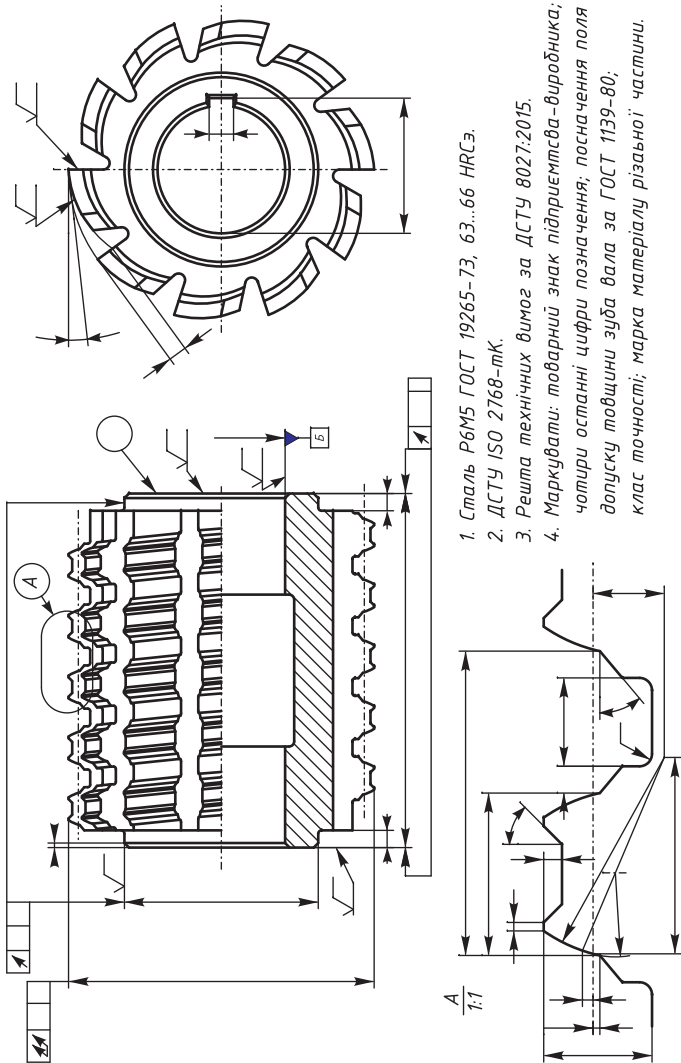
відносно основи верстату. Лінійка 6 разом з вузлом 5 перетворює лінійний рух стола 1 в обертальний. Заточувальний круг 3 встановлено під кутом до фрези.

Так як передня поверхня фрези – гвинтова, заточувальний круг має форму тарілки. Це дозволяє утворювати передню поверхню як спіраль Архімеда.

13.3 Контрольні питання

Вкажіть напрями руху при нарізуванні зубчастих коліс черв'ячними модульними фрезами.

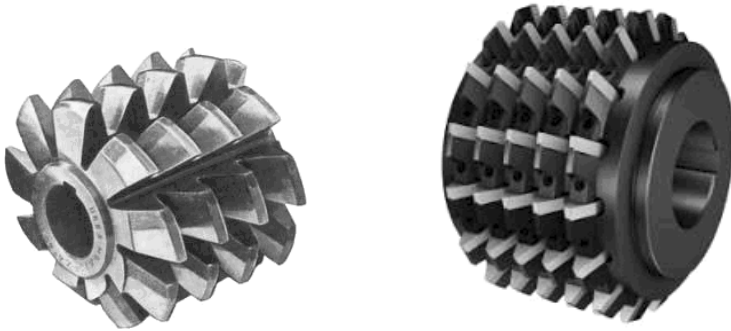
1. Що таке затилування?
2. Як визначається нормальний крок?
3. Як знайти величину осьового кроку між зубами?
4. Чому дорівнює висота профілю зуба?
5. Як визначається падіння затилку зуба фрези?
6. З якою метою робиться подвійне затилування?
7. Чому дорівнює кут профілю зуба?
8. Як визначається крок стружкової канавки?
9. Як визначається ділительний діаметр в розрахунковому перерізі?
10. Як знайти величину переднього кута?
11. Як визначити величину заднього кута по вершинах зубів?
12. В чому різниця між одинарним та подвійним затилуванням?



1. Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, 63...66 HRCэ.
2. ДСТУ ISO 2768-тК.
3. Решта технічних вимог за ДСТУ 8027:2015.
4. Маркувати: товарний знак підприємства-виробника; чотири останні цифри позначення; позначення поля допуску товщини зуба вала за ГОСТ 1139-80; клас точності; марка матеріалу різальної частини.

Рис. 13.12: Ескіз черв'ячної фрези

13.4 Додаткові відомості

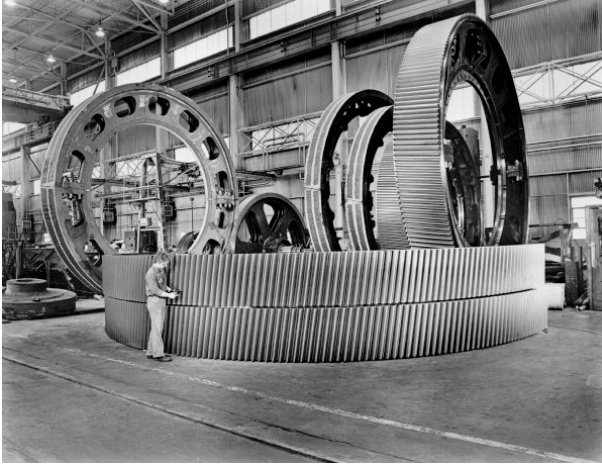


Фрези цільна та складеної конструкції
[Sandvik Coromant]

Зауваження 1. Цільна фреза виготовлена із інструментальної сталі (зазвичай Р6М5). Вона має високу точність виготовлення та відповідно і обробляє деталі з високою точністю.

Зауваження 2. Фреза складеної конструкції має змінні різальні елементи. Це дозволяє робити їх заміну в разі потреби. Однак, через це її точність дещо нижча ніж у цільної фрези.

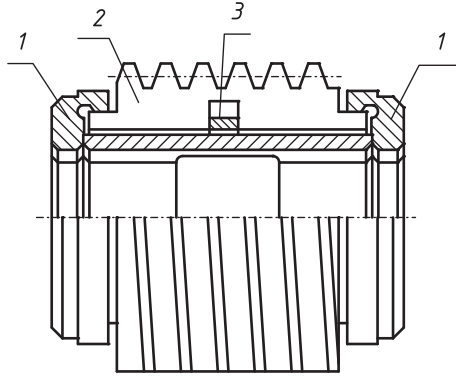
Висновок. Складені фрези застосовують на чорнових операціях.



“Невелике” зубчасте коліщатко
[ресурси Інтернету (*автор невідомий*)]

Такі зубчасті колеса застосовують у галузях важкого машинобудування. Вони мають дві відмінності:

- передають значний крутний момент;
- через велику масу мають невелику швидкість обертання ($50 - 100 \text{ } ^\circ/\text{хв}$).

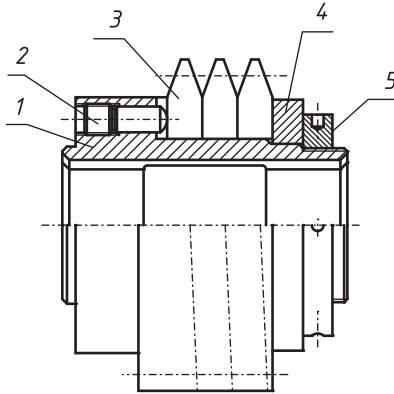


Модульна фреза з рейками

Фреза складається з таких елементів:

- 1 – бокові кришки, котрі утримують зубчасті рейки
- 2 – зубчасті рейки. Кожна рейка базується по пазу 3 відносно корпусу.
- 3 – шпонка для базування зубчастих рейок.

Кожна зубчаста рейка має зубці котрі зміщені відносно базового пазу на певну величини таким чином, що у зібраному стані зубці фрези утворюють гвинтову поверхню.



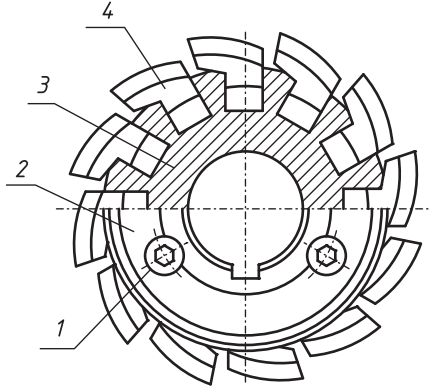
Модульна фреза з зубцями

Фреза складається з таких елементів:

- 1 – корпус виготовлений із конструкційної сталі (зазвичай сталь 40Х);
- 2 – регулювальний гвинт, з його допомогою можливо зміщувати кожен окрему рейку на необхідну величину.
- 3 – рейка складена із окремих зубців;
- 4 – упорна шайба, по її торцевій поверхні базують всі рейки;
- 5 – кільці з різьбою, яке затискає всю конструкцію.

Перевагою цієї конструкції є можливість заміни окремого різального елемента (зубця) фрези. Але така конструкція не забезпечує великою точності, тому її застосовують виключно на чорнових операціях.

Саме на чорнових операціях має місце частий вихід з ладу окремих різальних елементів.



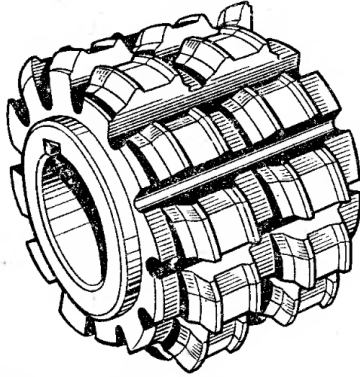
Модульна фреза із зубцями затилованими по колу

Фреза складається з таких елементів:

- 1 – гвинти, що утримують всю конструкцію;
- 2 – опорне кільце;
- 3 – корпус фрези (сталь 40Х);
- 3 – поворотна зубчата рейка затилована по колу.

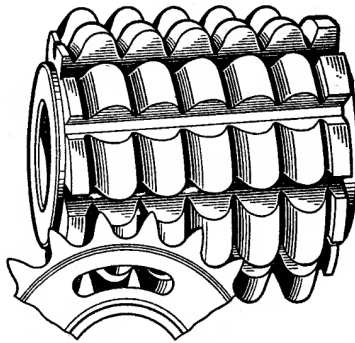
Фрези затиловані по колу мають задню поверхню окреслену частиною кола (замість спіралі Архімеда).

Така конструкція значно дешевша за фрези затиловані по спіралі Архімеда, але і значно гірші бо мають значні похибки.



Черв'ячна фреза для утворення шлицьових
валів

[А.А. Суворов. Металлорежущие инструменты. –
М.: Машиностроение, 1979, – 64 с.]



Черв'ячна фреза для ланцюгових зірочок
велосипедів

[А.А. Суворов. Металлорежущие инструменты. –
М.: Машиностроение, 1979, – 64 с.]

Література

- [1] Адам Я.И. Справочник зубореза-проектировщика. Москва, Машиностроение, 1961. 140 с.
- [2] ГОСТ 9340-80 Фрезы червячные чистовые однозаходные.
- [3] ГОСТ 9324-2015 Фрезы червячные цельные чистовые.

Нормативні документа використані у посібнику

- ГОСТ 13779-77 Развертки цилиндрические. Допуски на диаметр
- ГОСТ 1523-81 Развертки цилиндрические. Технические условия
- ГОСТ 1672-80 (ИСО 521-75, ИСО 2402-72) Развертки машинные цельные. Типы, параметры и размеры
- ГОСТ 1677-75 Зенкеры цельные и со вставными ножами из быстрорежущей стали. Технические условия
- ГОСТ 16925-93 (ИСО 2857-73) Метчики. Допуски на изготовление резьбовой части
- ГОСТ 17024-82 Фрезы концевые. Технические условия
- ГОСТ 17039-71 Метчики. Исполнительные размеры
- ГОСТ 17587-72 Плашки круглые для метрической резьбы. Допуски на резьбу
- ГОСТ 2034-80 Сверла спиральные. Технические условия
- ГОСТ 21585-76 Зенкеры насадные, оснащенные твердосплавными пластинами, для обработки деталей из легких сплавов
- ГОСТ 21586-76 Зенкеры для обработки отверстий диаметром от 3 до 80 мм в деталях из легких сплавов. Допуски на диаметр
- ГОСТ 2255-71 Зенкеры насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
- ГОСТ 28527-90 Фрезы дисковые трехсторонние. Типы и размеры
- ГОСТ 3266-81 Метчики машинно-ручные. Конструкция и размеры
- ГОСТ 3449-84 Метчики. Технические условия
- ГОСТ 7722-77 Развертки ручные цилиндрические. Конструкция и размеры

ГОСТ	885-77 Сверла спиральные. Диаметры
ГОСТ	9304-69 Фрезы торцовые насадные. Типы и основные размеры
ГОСТ	9740-71 Плашки круглые. Технические условия
ДСТУ	ГОСТ 13779:2008 Развертки цилиндрические. Допуски на диаметр
ДСТУ	ГОСТ 17039:2008 Метчики. Исполнительные размеры.
ДСТУ	ГОСТ 17587:2008 Плашки круглые для метрической резьбы. Допуски на резьбу
ДСТУ	ГОСТ 17927:2008 Метчики машинные с шахматным расположением зубьев для обработки нержавеющей и жаропрочных сталей
ДСТУ	ГОСТ 21586:2008 Зенкеры для обработки отверстий диаметром от 3 до 80 мм в деталях из легких сплавов. Допуски на диаметр
ДСТУ	ГОСТ 2255:2008 Зенкеры насадные со вставными ножами из быстрорежущей стали. Конструкция и размеры
ДСТУ	ГОСТ 3266:2008 Метчики машинно-ручные. Конструкция и размеры
ДСТУ	ГОСТ 7722:2008 Развертки ручные цилиндрические. Конструкция и размеры
ДСТУ	ГОСТ 885:2008 Сверла спиральные. Диаметры

Електронне мережне навчальне видання

Солодкий Валерій Іванович
Плівак Олександр Анатолійович

**РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Київ – 2018 р.