

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського”
Кафедра “Конструювання машин”

Солодкий Валерій Іванович

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ
та
інструментальне забезпечення автоматизованого
виробництва
(матеріал для самостійної роботи студентів)

Тема: Фрези

Розділ: Призначення та класифікація

КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ – 2022

Зміст

1	ФРЕЗИ	4
1.1	Класифікація	5
1.2	Призначення фрез	6
1.2.1	Циліндричні фрези	6
1.2.2	Торцеві фрези	8
1.2.3	Дискові фрези	9
1.2.4	Прорізнi фрези	11
1.2.5	Кутові фрези	12
1.2.6	Фасонні фрези	12
1.2.7	Кінцеві фрези	13
1.2.8	Шпонкові фрези	13
1.2.9	Фрези для Т-подібних пазів	14
1.3	Набори фрез	15
1.3.1	Проектування набору	15
1.4	Питання для самоконтролю	16
	Список літератури	17

Перелік ілюстрацій

1.1	Оброблення фрезеруванням	4
1.2	Фрезерування	5
1.3	Фреза цільна циліндрична	6
1.4	Фреза збірна циліндрична	6
1.5	Типи фрез	7
1.6	Робота фрези	8
1.7	Фреза торцева	8
1.8	Різновиди дискових фрез	9
1.9	Фреза дискова збірна	10
1.10	Кріплення різальної пластини	10
1.11	Цільні дискові фрези	11
1.12	Фреза прорізна	11
1.13	Фреза дискова кутова	12
1.14	Фреза дискова фасонна	12
1.15	Фреза кінцева	13
1.16	Фреза шпонкова	13
1.17	Зубці шпонкової фрези	13
1.18	Утворення пазу	14
1.19	T-подібна фреза	14
1.20	Набори фрез	15

1 ФРЕЗИ

Історично фреза з'явилась у Франції, як інструмент для гравірування медальйонів. За формою перша фреза нагадувала полуницю, звідки і пішла її назва від французького *fraises* – *полуниця*.

Фреза цієї форми в теперішній час відома як шарошка, її застосовують під час ручного оброблення.

Термін “фреза” застосовується відносно недавно. До середини ХХ століття фрезу називали – “фрезер”.

Фреза

Лезовий інструмент для оброблення обертальним головним рухом різання інструмента без зміни радіуса траєкторії цього руху і хоч би з одним рухом подавання, напрям якого не збігається з віссю обертання

Процес фрезерування суттєво відрізняється від інших видів оброблення різанням. На рис. 1.1 подано схематичне зображення фрезерування площини циліндричною фрезою. Кожний зуб фрези по чергово вступає в роботу і зрізує припуск 5 змінної товщини.

Отже, процес фрезерування є дискретний процес в якому різання відбувається дискретно. Одночасно з цим товщина шару, що зрізується теж безперервно та дискретно змінюється.

Заготовка 4 рухається прямолінійно в напрямку перпендикулярному до осі фрези. У свою чергу фреза 2 обертається навколо своєї осі утворюючи оброблену поверхню 1.

Прямолінійний рух заготовки це рух подачі (кажуть заготовка рухається з такою-то подачею). В процесі фрезерування фреза зрізає припуск величиною t .

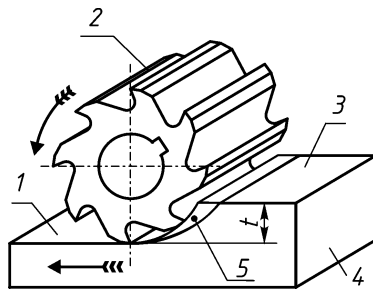


Рис. 1.1. Оброблення фрезеруванням

Кожен наступний зуб фрези за цикл різання обертається навколо осі інструмента та видаляє припуск t (товщина зрізуваного шару). Отже, процес різання при фрезеруванні є дискретним, адже кожний її зуб по чергову вступає в роботу (процес різання).

При роботі циліндричної фрези діаметр інструмента (кажуть ширина фрезерування) зазвичай більший ніж ширина оброблюваної заготовки.

Особливість фрезерування

- процес різання є дискретний із повторюванням (циклічний);
- товщина зрізу змінюється від нуля до максимуму.

Процес фрезерування може бути здійснений при будь-якій орієнтації осі фрези (рис. 1.2).

Розрізняють фрезерні верстати з горизонтальним 1 розташуванням шпинделю, або з вертикальним 3. Відповідно фреза 2 у робочому стані орієнтована горизонтально або вертикально.

У сучасних верстатів з числовим програмним керуванням орієнтація шпинделю взагалі може будь-якою. Це дозволяє обробляти на фрезерних верстатах дуже складні фасонні просторові деталі.

Деталь 7 закріплена на столі фрезерного верстату, котрий може переміщуватись у трьох напрямках;

- у поперечному напрямі 4 відносно основи;
- у поздовжньому напрямі, зазвичай це основний напрям руху під час оброблення деталі;
- та вертикальний напрям 5.

Отже, стіл верстата разом із деталлю може переміщуватись по трьох координатах. Загалом, сучасні верстати мають до 5 координат.

1.1 Класифікація

Серед різальних інструментів фрези відрізняються найбільшим різноманітним типів, форм та призначенням (рис. 1.5):

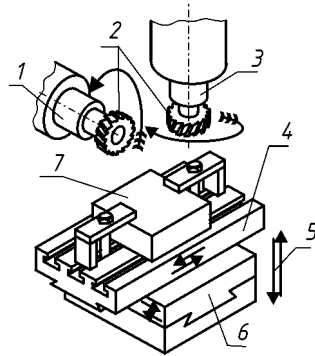


Рис. 1.2. Фрезерування

- 1 – фреза циліндрична;
- 2...4 – фрези торцеві;
- 5 – фреза дискова косозуба;
- 6 – фреза дискова прямозуба (пазова);
- 7...9 – фрези кінцеві (пальцеві);
- 10 – фреза шпонкова кінцева;
- 11 – фреза шпонкова дискова;
- 12 – фреза Т-подібна;
- 13 – фреза для ластівкового пазу;
- 14 – фреза кутова дискова;
- 15 – фреза дискова фасонна;
- 16 – набір фрез.

1.2 Призначення фрез

1.2.1 Циліндричні фрези

Історично циліндричні фрези з'явилися одніми з перших. Особливістю конструкції циліндричних фрез є розташування головних різальних кромки на циліндрі, вісь якого співпадає з віссю обертання інструмента, яка є паралельною до оброблюваної поверхні (рис.1.3).

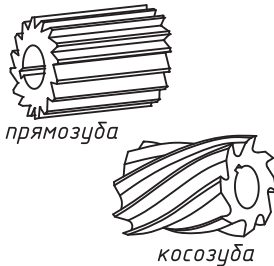


Рис. 1.3. Фреза цільна циліндрична

Рис. 1.4. Фреза збірна циліндрична
[Sandvik Coromant]

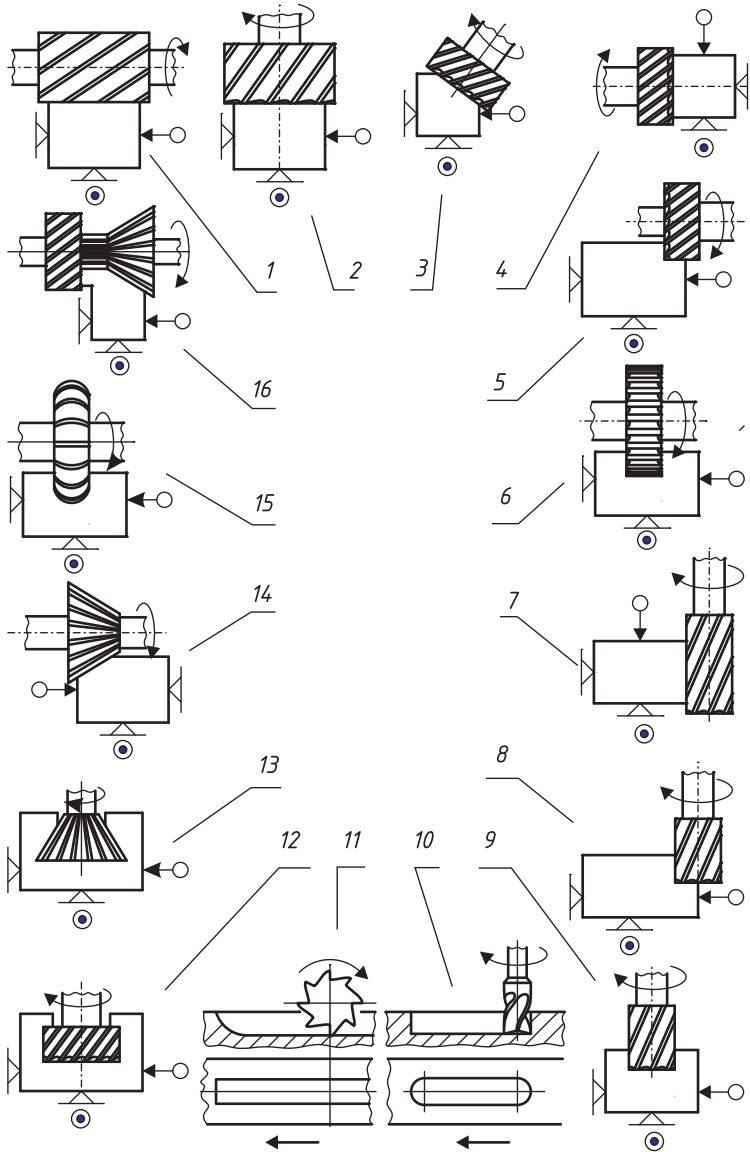


Рис. 1.5. Типы фрез

На відміну від інших інструментів фрези мають дискретний характер процесу різання (зрізування шару припуску).

Фреза (рис. 1.6) обертається навколо своєї осі утворюючи рух різання D_r . Одночасно з цим деталь рухається під фрезою маючи рух подачі D_s . Таким чином, при повороті фрези на один зуб вона переміщується на величину s_z названу подачею на зуб.

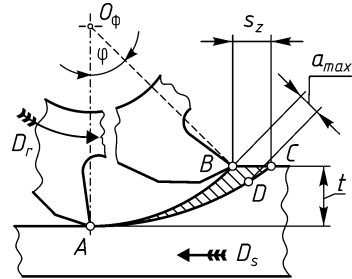


Рис. 1.6. Робота фрези

Під час роботи зуб фрези врізається в заготовку в точці A і виходить у точці C . Отже, процес різання відбувається дискретно, товщина зрізаного шару припуску поступово змінюється від нуля (у точці A) до максимальної величини a_{max} (у точці D)

$$a_{max} = s_x \sin \varphi$$

де φ – кут контакту між фрезою та заготовкою.

Для зниження коливань сил різання і вібрацій, зуби циліндричних фрез часто виконують гвинтовими. Таку фрезу називають козубою.

В теперішній час цільні циліндричні фрези майже не мають застосування, їх витіснили фрези збірної конструкції оснащені пластинами твердого сплаву за рис. 1.4.

1.2.2 Торцеві фрези

У торцевих фрез (рис.1.7) 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 використовуються при обробленні плоских поверхонь, у тому числі ступінчастих, які неможливо обробити циліндричними фрезами.

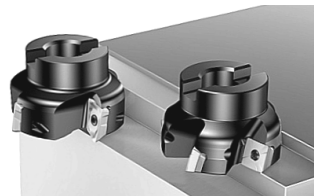


Рис. 1.7. Фреза торцева
[Sandvik Coromant]

Порівняно із циліндричними фрезами, торцеві фрези мають наступні переваги:

- конструкція торцевих фрез дозволяє розмістити більшу кількість зубців на довжині контакту із заготовкою, що забезпечує продуктивність і рівномірне фрезерування;
- торцеві фрези можна виготовляти із масивними корпусами та надійним кріпленням різальних елементів;
- при фрезеруванні площин можна отримувати нижчу шорсткість, за рахунок великої кількості допоміжних різальних кромки на торці фрези.

Завдяки цим перевагам торцеві фрези, у порівнянні з циліндричними, знайшли найбільше застосування в сучасній металообробній промисловості.

1.2.3 Діскові фрези

На відміну від циліндричних, діскові фрези призначені для оброблення вузьких поверхонь і мають багато різновидів (рис. 1.8).

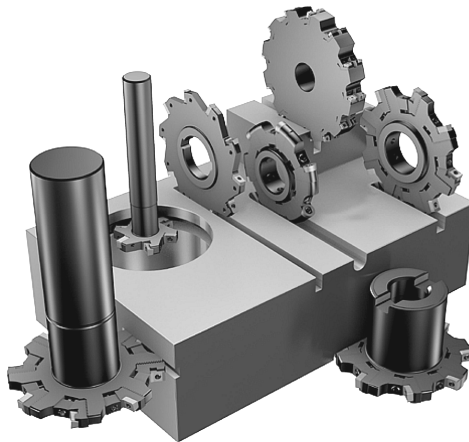


Рис. 1.8. Різновиди діскових фрез
[Sandvik Coromant]

Діскові фрези працюють у важких умовах стислого різання, що часто супроводжується вібраціями, через малу жорсткість корпусів фрез і несприятливі умови відведення стружки із зони різання.

Сучасні дискові фрези виготовляють збірними, оснащеними пластинами твердого сплаву (рис. 1.9). Різальні елементи розташовані в шаховому порядку, тобто є праві та ліві пластини (рис. 1.10).



Рис. 1.9. Фреза дискова збірна
[Sandvik Coromant]

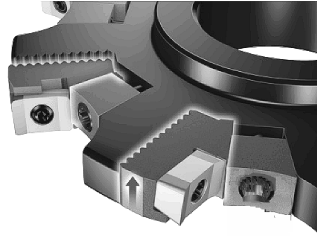


Рис. 1.10. Кріплення різальної
пластини
[Sandvik Coromant]

Цільні дискові фрези, залежно від їх призначення, бувають одно- або три-сторонні (рис. 1.11).

Дискові односторонні фрези (рис. 1.11,а) мають різальну кромку *K* тільки на зовнішній стороні зубу. Це погано, адже задні кути на бічних сторонах зубу дорівнюють нулю і він "затирає" по бічних сторонах.

Дискових двосторонні фрези (рис. 1.11,б) мають дві різальні кромки зубів, на циліндричній та одній боковій поверхні. Такі фрези використовують для утворення уступів. Для утворення пазів вони не придатні через затирання по стороні, що не має додатних бокових кутів.

Дискових трибічні фрез (рис. 1.11,в) мають на кожному зубці три різальні кромки – одну на зовнішній циліндричній і дві на бічних сторонах. Така конструкція дозволяє мати на всіх сторонах інструмента додаткові задні кути.

Для покращення плавності роботи трибічні дискові фрези виготовляють з різноспрямованими зубцями (рис. 1.11,г), що дозволяє створити на бічних різальних кромках додатні передні кути. Змінні ножі виготовляють зі швидкорізальної сталі з кріпленням у клиноподібних пазах за допомогою рифлень.

Загалом всі дискові фрези працюють у важких умовах невеликого різання, що ускладнює їх роботу.

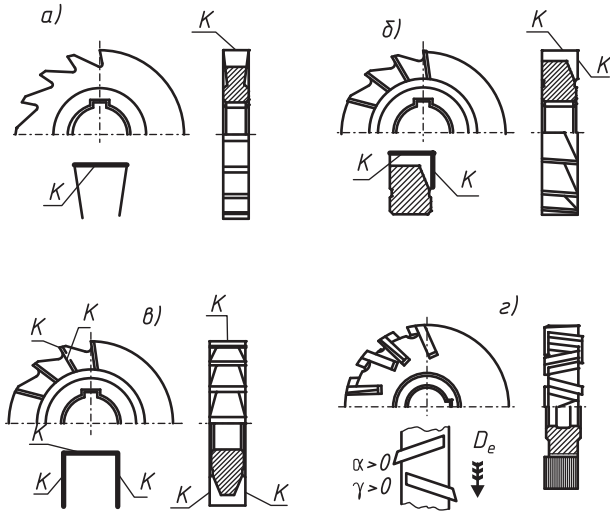


Рис. 1.11. Цільні дискові фрези

1.2.4 Прорізні фрези

Для утворення вузьких пазів (шириною від 0,5 мм) застосовують "пазові" (прорізні) фрези (рис.1.12) точні по ширині. Зовні вони подібні до дискових фрез, але мають меншу довжину головних різальних кромки (меншу товщину).

Для того, щоб фрези не затискали у вузькому пазу, їх виконують з боковим піднутренням величиною $1 \dots 2^\circ$

Допоміжні різальні кромки на торцях створюють заточуванням з кутом у плані $\varphi = 10 \dots 12^\circ$. Стружкові канавки в них нарізують тільки на циліндричній частині.

Дискові прорізні фрези досить часто застосовують, як відрізи для відрізання заготовки від довгого прута. У такому випадку їх виконують досить великого діаметра – до 2 метрів. Щоб зберегти дорогий інструментальний матеріал фрези роблять збірними – сама фреза із сталі 40Х, а зубці з інструментальної сталі типу Р6М5. Зубці кріплять механічним способом – клепають.

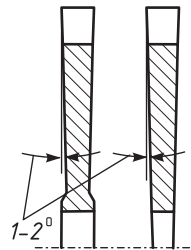


Рис. 1.12. Фреза прорізна

1.2.5 Кутові фрези

Для утворення в інструменті прямих стружкових канавок застосовують кутові фрези (рис. 1.13). Їх виготовляють, як правило цілісними, а фрези невеликих діаметрів іноді мають хвостовики.



Рис. 1.13. Фреза дискова кутова
(для утворення кутових
стружкових канавок)



Рис. 1.14. Фреза дискова фасонна
(для утворення фасонних
стружкових канавок свердла)

Головні різальні кромки в однокутних дискових фрез розташовані на поверхні усіченого конуса, а у двокутних – на поверхні двох суміжних конусів. На рис. 1.13 зображена саме двокутна дискова фреза. Вона має дві сторони різальних кромки – ліву (більшу) та праву (меншу).

Кутові фрези використовують в основному, як інструменти другого порядку для нарізування канавок у багатозубих інструментах, наприклад фрез, розверток та ін., а також для обробки різних пазів, скосів і похилих поверхонь.

1.2.6 Фасонні фрези

Для утворення циліндричних фасонних поверхонь застосовують дискові фасонні фрези (рис. 1.14).

Фасонні фрези є тілами обертання, на зовнішній поверхні, яких розташовуються зуби з найрізноманітнішими за формою різальними кромками. Вони працюють так само, як дискові і кутові фрези і призначені для фрезерування опуклих або увігнутих фасонних зовнішніх поверхонь, а також прямих або гвинтових канавок.

1.2.7 Кінцеві фрези

Для утворення пазів та оброблення контурів застосовують кінцеві фрези (рис.1.15), які мають дві різальні кромки. Головні різальні кромки, що виконують основну роботу по видаленню припуску, як і в торцевих фрез, розташовані на циліндричній поверхні, а допоміжні (що зачищають) – на торці фрези.

Кінцеві фрези відрізняються від торцевих тим, що мають діаметр менший ніж висоту. Зубці виготовляють зазвичай гвинтовими, з кутом нахилу до осі $\omega = 25...35^\circ$.

Таке велике значення кута, за наявності великих об'ємів стружкових канавок, забезпечує надійне відведення стружки із зони різання, навіть за дуже несприятливих умов різання. З цієї причини кількість різальних зубів у кінцевих фрез значно менша, ніж у торцевих фрез. Однак, зниження продуктивності компенсується за рахунок збільшення подачі на зуб.

Хвостовики кінцевих фрез або циліндричні ($d = 3...20$ мм), або конічні з конусом 7:24. Кріплення фрез у шпинделі верстата при циліндричному хвостовику здійснюється за допомогою цангових патронів, а при конічному хвостовику, що має внутрішню різьбу – штрелелем (натяжним болтом), що проходить через отвір у шпинделі верстата.



Рис. 1.15. Фреза кінцева
[TaeguTec]

1.2.8 Шпонкові фрези

Для утворення пазів під стандартні шпонки застосовують стандартні шпонкові фрези (рис.1.16).

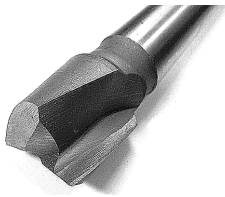


Рис. 1.16. Фреза шпонкова
[Sandvik Coromant]



Рис. 1.17. Зубці шпонкової фрези
[Sandvik Coromant]

На відміну від кінцевих фрез шпонкові фрези мають тільки два зуби (рис. 1.17). Довжина їх робочої частини дорівнює приблизно трьом діаметрам фрези.

Особливість умов роботи шпонкових фрез полягає в тому, що паз під шпонку вони обробляють за декілька проходів (рис. 1.18).

У кінці кожного проходу здійснюється врізання на глибину шляхом вертикальної подачі уздовж осі фрези. Цю роботу виконують різальні кромки розташовані на торці фрези.

Щоб уникнути одночасного значного збільшення осової складової сили різання, у швидкохідних фрез роблять підгострювання поперечної кромки, як у свердел.

Переточують шпонкові фрези по задніх поверхнях торцевих кромок. Отже, діаметр фрези зберігається незмінним, що необхідно для забезпечення незмінності розміру стандартного паза.

Діаметр $d_{ш}$ шпонкових фрез стандартизований. Він залежить від діаметру D вала в якому утворюють шпонковий паз:

D , мм	8	10	12	16	22	27	32	40	50	63
$d_{ш}$, мм	2	3	3	4	6	6	8	10	12	14

1.2.9 Фрези для Т-подібних пазів

Для утворення пазів у верстатних столах застосовують фрези двох типів. Спочатку звичайною дисковою фрезою утворюють прямокутний паз потрібної глибини та ширини, а потім Т-подібною фрезою (рис. 1.19) оформлюють його кінцеву форму. Це зменшує навантаження на інструмент.

Фрези Т-подібного профілю працюють у важких умовах і часто ламаються через пакетування стружки. Для поліпшення її відведення такі фрези роблять із різноспрямованими зубами і з піднутренням на торцях.

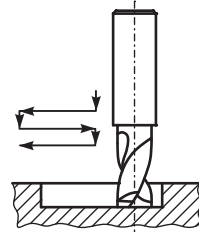


Рис. 1.18. Утворення пазу

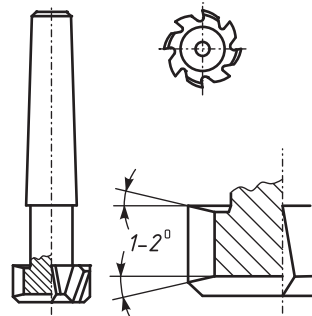


Рис. 1.19. Т-подібна фреза

1.3 Набори фрез

Набір фрез є групою фрез, підібраних за профілем і розмірами обробленої поверхні деталі і закріплених на одній, загальній для всіх фрез, оправці (рис.1.20).

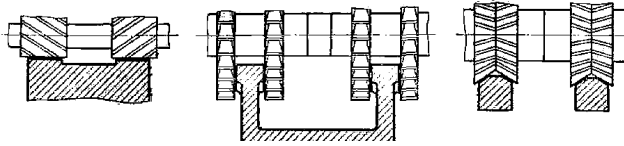


Рис. 1.20. Набори фрез
[Родин П.Р. *Металлорежущие инструменты.*
Киев, 1974. – 399 с.]

При цьому одночасно обробляється декілька поверхонь однієї або декількох заготовок. Скорочення числа операцій, установок і переходів підвищує продуктивність. Застосування наборів фрез забезпечує також вищу точність і якість деталей, в порівнянні з обробкою окремими фрезами.

1.3.1 Проектування набору

При проектуванні набору фрез задають діаметр найменшої фрези, а діаметри інших фрез визначають виходячи з розмірів і взаємного розташування оброблюваних поверхонь. Слід уникати великої різниці в діаметрах фрез, оскільки в цьому випадку неможливо забезпечити для усіх фрез набору доцільні режими різання. Одночасно з цим складно забезпечити діаметри посадкових отворів для усіх фрез, що складають набір.

Для розташування фрез на оправці й забезпечення необхідної відстані між ними, користуються настановними кільцями різної ширини. Кільця можуть бути регульовані й нерегульовані. Регульовані кільця дозволяють без знімання фрез з оправки міняти відстань між ними, що усуває необхідність застосування точених жорстких настановних кілець.

Плавна робота набору досягається спеціальною установкою зубів фрез один відносно одного. Для цього шпонкові канавки у фрезах розташовуються так, щоб вони були зміщені по відношенню до зуба на різні кути. У результаті цього зуби окремих фрез входять у роботу в різні моменти часу.

В інструментальному виробництві набори фрез знаходять застосування при фрезеруванні стружкових канавок мітчиків, розверток і інших інструментів.

1.4 Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію фрез.
2. У чому полягає особливість роботи фрез?
3. Призначення фрез за типами поверхні, що утворюється?
4. Опишіть конструкцію циліндричних фрез.
5. Для яких операцій застосовують дискові фрези?
6. В яких випадках застосовують набори фрези?
7. У чому різниця між звичайною кінцевою фрезою і стандартною шпонковою фрезою?
8. Чи мають шпонкові фрези центрувальний отвір на робочій частині?
9. Чи мають кінцеві фрези центрувальний отвір на робочій частині?
10. Чому кутова фреза має таку назву?

Список літератури

1. ДСТУ 2233-93. Інструменти різальні. Терміни та визначення // Український державний проектно-технологічний інститут "Укроргверстатігнрам" Міністерства машинобудування, військового промислового комплексу та конверсії України, 1993. – 16 с.
2. ДСТУ 2249 – 93. Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення. – К. : Держспоживстандарт України, 1993. – 35 с.
3. Кукляк М. Л. Металорізальні інструменти. Проектування / М. Л. Кукляк, І. С. Афтаназів, І. І. Юрчишин. – Львів : Львівська політехніка, 2003. – 556 с
4. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів : підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазира. – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.
5. Родин П. Р. Основи проєктирования режущих инструментов / П. Р. Родин. – Киев: Вища шк., 1990. – 423 с.
6. Швець С. В. Металорізальні інструменти / С. В. Швець. – Суми : СумДУ, 2007. – 185 с.

Електронне мережне навчальне видання

Солодкий Валерій Іванович

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ
та
інструментальне забезпечення автоматизованого
виробництва

Матеріал для самостійної роботи студентів

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
Київ – 2022 р.