

РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ. ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 621.914.2

Н.О. Балицька, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

(Представлено д.т.н., проф. Равською Н.С.)

У статті здійснено огляд різних конструкцій відрізних фрез (стандартних та прогресивних), а також сформульовано перспективні шляхи для їх удосконалення.

Постановка проблеми. Тенденції розвитку сучасного машинобудівного виробництва говорять про необхідність збільшення продуктивності обробки, підвищення точності й якості обробки при різанні різних матеріалів при одночасному зниженні витрат і собівартості продукції. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до культури виробництва, устаткування, оснащення і металорізальних інструментів. Зокрема сучасні металорізальні інструменти повинні мати високу стійкість, забезпечувати необхідну точність, продуктивність і якість обробки. Одним із шляхів вирішення цих завдань є удосконалення різального інструмента, що змогло б забезпечити все більш зростаючі потреби сучасного виробництва.

У сучасному машинобудівному виробництві знайшли широке застосування відрізни фрези. Таке широке розповсюдження даного виду інструментів пов'язане з тим, що відрізка заготовок дисковими фрезами є одним з основних видів заготівельних операцій, що передують основним технологічним операціям. Дискові фрези застосовують для відрізки пруткового матеріалу, труб і сортamentу різноманітних профілів з різних металів і сплавів. Крім того, дискові фрези застосовують для прорізання вузьких і глибоких пазів, нарізування шліців і прорізання шпонкових канавок. Але безумовно основним застосуванням цього виду інструмента є відрізни операції. Ці операції є найчастіше "вузьким місцем" технологічного процесу, оскільки продуктивність і якість відрізки на сьогоднішній момент залишає бажати кращого.

Низька якість обробки відрізними фрезами пояснюється важкими умовами їх роботи і високим рівнем вібрацій через зміну кількості одночасно працюючих зубців, зміну товщини шару матеріалу, що

зрізується кожним зубом тощо. Основними причинами виходу з ладу відрізних фрез є поломка зубців внаслідок заклинювання стружки в стружкових канавках та поломка корпусу інструмента внаслідок вібрацій, що призводить до заклинювання диску фрези в матеріалі заготовки.

Існуючі методи зниження вібрацій при відрізанні дисковими фрезами вимагають високих витрат на дообладнання верстатів спеціальними пристосуваннями. З огляду на це підвищення якості обробки відрізними фрезами є **актуальною** проблемою, результати рішення якої знайдуть застосування не тільки в машинобудуванні, але й в інших галузях сучасного виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Відома велика кількість різноманітних конструкцій відрізних фрез, які були запропоновані як вченими в галузі інструментального виробництва, так і звичайними робітниками-новаторами. Проте науково обґрунтованих пропозицій зустрічається небагато. В цю галузь внесли свій вклад такі вчені, як Родін П.Р., Семенченко І.І., Новіков А.Н., Розенберг А.М. та ін. Роботами видатних вчених Н.А. Дроздова, А.І. Каширина, А.П. Соколовського, Кудинова, Тлустого та ін. значно просунулося вперед дослідження коливань при різанні, однак фізична сутність вібраційних процесів при різанні металів, зокрема при фрезеруванні, ще недостатньо вивчена. Значних успіхів у дослідженні динаміки процесу різання круглими пилами досягли такі українські вчені як Бабенко А.Є., Семенов А.В., Равська Н.С, Боронко О.О. та ін. Увага дослідників була зосереджена головним чином на вивченні вібрацій, що виникають при обробці дисковими пилами. Складність таких робіт пояснюється тим, що вібраційні процеси при різанні залежать від великої кількості різноманітних факторів (твердість і вібростійкість технологічної системи, яка має багато ступенів свободи).

Очевидно, що вивчення причин виникнення вібрацій при різанні, їхнього впливу на процес різання, а також методи усунення негативного впливу вібрацій дотепер є актуальним завданням.

Мета статті – на основі огляду конструкцій відрізних фрез визначити основні шляхи вдосконалення їх конструкцій та перспективні напрямки наукових розробок у цій галузі.

Викладення основного матеріалу. Дискові фрези за характером обробки поділяються на дискові прорізні, відрізні та пазові; за матеріалом різальної частини – на вуглецеві, швидкорізальні і твердосплавні, з різальної кераміки, із надтвердих матеріалів. За формою різальних зубців розрізняють фрези з гострими і затилованими зубами. За напрямком різальних зубців фрези поділяються на

прямозубі, косозубі, з різнонаправленими зубцями і з гвинтовими або спіральними зубами. За способом закріплення на верстаті фрези розподіляються на насадні, насаджувані на оправку, і кінцеві, що закріплюються хвостовиком.

За конструкцією фрези розділяються на суцільні, зуби яких виконані суцільно з корпусом; збірні — із вставними зубами (у вигляді ножів або безпосередньо різальних пластин); складені, — наприклад складені з двох половин і прокладки між ними для відновлення первісної довжини фрези після переточування; набори фрез, що являють собою комплект із двох або декількох фрез, закріплених на одному оправленні та призначених для одночасної обробки декількох поверхонь.

За розмірами і числом зубів розрізняють фрези з дрібним і з великим зубом. До крупнозубих фрез відносять фрези з вставними ножами і застосовують їх для чорнового і напівчистового фрезерування. Дрібнозубі фрези застосовують для чистового й оздоблювального фрезерування [3].

Кількість зубців для дрібно- і крупнозубих фрез кожного типу залежно від її діаметра встановлені державними стандартами.

У деяких випадках доцільно застосовувати однозубі й двозубі фрези, тобто збірні фрези, у корпусі яких закріплені один або два діаметрально розташованих зуби. Такі фрези, що називають іноді летючими, зазвичай застосовують для обробки одиничних деталей фасонного профілю, а також для фрезерування деяких кольорових металів і легких сплавів. Широко використовуються фрези-летючки в умовах ремонтного виробництва.

Відрізні (рис. 1, *a*) та прорізні (шліцьові) (рис. 1, *б*) фрези (ГОСТ 2679—93) виготовляють із дрібним, середнім і крупним зубами. Відрізні фрези з дрібним зубом призначені для фрезерування пазів, відрізання при обробці сталі та чавуна. Фрези із крупним зубом — для обробки легких сплавів та кольорових металів.

При виборі типу і кількості зубів варто враховувати характер обробки. Багатозубі фрези за інших рівних умов забезпечують більш високу хвилинну подачу внаслідок більшої кількості зубів. Однак при обробці крихких матеріалів умови розміщення стружки між зубами погіршуються, що може викликати зниження стійкості фрези, тому дрібнозубі фрези доцільно застосовувати тільки для обробки чавуна й інших крихких матеріалів.

Значення діаметрів і ширини фрез нормалізовані. Вони утворюють геометричний ряд зі знаменником прогресії $\varphi = 1,26$. Розміри відрізних фрез змінюються в широких діапазонах: $D = 20...315$ мм, $Z = 32...200$ і

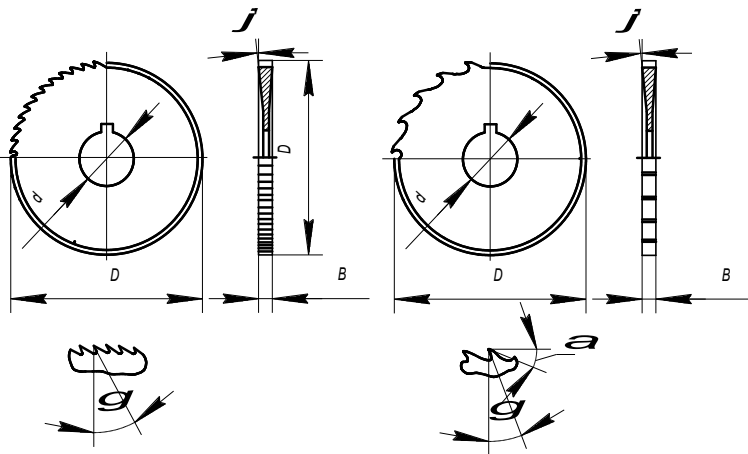
$d = 5...40$ мм. Основний розмір відрізних фрез, що визначає ширину оброблюваного паза, $B = 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 2,8; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0$ мм [2].

Для фрез, виготовлених у централізованому порядку, встановлені такі геометричні параметри: передній кут $\gamma = 0...+10^\circ$ для фрез різної ширини; задній кут (для фрез з великим зубом) $\alpha = 20^\circ$; найменший допоміжний кут у плані $\varphi_1 = 5'$ для вузьких фрез малих діаметрів, для фрез діаметром 315 мм – $30'$, найбільший – для фрез товщиною більше 2 мм діаметром 63 та 80 мм – 1° .

Для поліпшення умов різання шляхом розподілу шару, що зрізується, між суміжними зубами стандартні відрізні фрези із середнім і великим зубами при ширині 1,6 мм і більше виготовляють з перехідними різальними кромками за формами I, II або III (рис. 1, в).

Стандартні відрізні фрези виготовляють із швидкорізальної сталі або зі сталі 9ХС. Розміри кромок виконують залежно від ширини фрези (рис. 1, д): $C = 0,5...1,8$ мм, $C_1 = 0,15...0,6$ мм, $h = 0,12...0,5$ мм (менші значення — для фрез $B = 1,6$ мм; великі значення — для фрез $B = 6$ мм).

Для обробки пазів у деталях з важкооброблюваних матеріалів застосовуються дискові фрези і пили, оснащені пластинками із надтвердих матеріалів (ПНТМ). Вони виконуються з монолітними або двохшаровими різальними елементами, що кріпляться методом пайки з наступним заточуванням. Випускають дискові фрези з механічним кріпленням змінних вставок, оснащених ПНТМ, для обробки пазів у деталях із загартованих сталей.



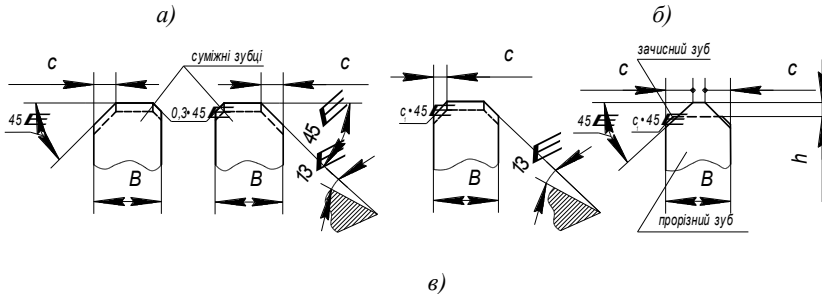


Рис. 1. Фрези відрізни і прорізни по ГОСТ 2679-93:

а — відрізни, б — прорізни; в — форми зубів прорізних і відрізних фрез із середнім і великим зубом (I—II); з великим зубом (III)

Розглянемо деякі прогресивні конструкції відрізних фрез.

Відрізна фреза конструкції фрезерувальника-новатора Мінського підшипникового заводу Н.І. Євтихевича (рис. 2, а) має невелике число зубів і розширені канавки для розміщення стружки. Фрези виготовляють діаметром 60—200 мм, шириною 3—5 мм, максимальна кількість зубів 30; геометрія фрез: $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 8...10^\circ$; $\varphi = 1...1^\circ30'$; $R = 2,5...4,5$ мм; $H = 7...12$ мм; $\varepsilon = 10^\circ$. Фрези використовують для відрізних і прорізних робіт зі сталей середньої і підвищеної міцності.

Новаторами з колишнього Ленінграду Л.М. Бейліним, В.С. Біловим, С.Ф. Козловим розроблена конструкція дискової відрізної фрези з напаяними твердосплавними пластинами для обробки легких сплавів (рис. 2, б). Фрези мають великий передній кут (30°), великі впадини для розміщення стружки. Зуби заточені зі зняттям фаски по допоміжній задній поверхні через зуб у шаховому порядку.

Для різання м'яких сплавів, бронзи, міді, латуні новатор з колишнього Ленінграду І.В. Малашин запропонував своєрідну конструкцію вузької відрізної фрези зі швидкорізальної сталі (рис. 2, в). Різальні кромки фрези розташовані на різних відстанях від її осі таким чином, що кожен наступний зуб вище попереднього на 0,1 мм. Форма фрези забезпечує гарний відвід стружки і мале нагрівання при роботі.

Проста фреза для відрізки заготовок з текстоліту і гетинаксу виготовлена новатором Н.В. Шпаковим (рис. 2, г). Зуби фрези оснащені твердим сплавом Т15К6. Фреза може працювати з подачею 700—900 мм/хв. при товщині різа до 60 мм.

Фрези працюють у складних умовах (особливо ті, ширина яких менша 10 мм). При фрезеруванні глибоких пазів або відрізці заготовок великих діаметрів і розмірів відбувається інтенсивний знос різальних кромки при вершинах, заклинювання і поломка зубів, несприятливі

умови стружкоутворення і дроблення стружки по ширині фрезерованої поверхні.

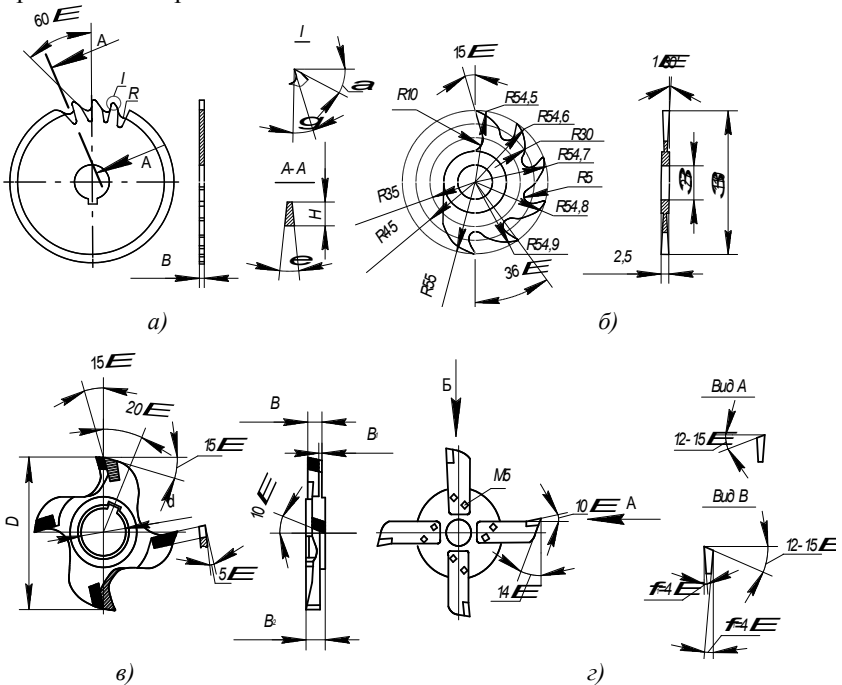


Рис. 2. Відрізні фрези для обробки:
 а — конструкційних сталей; б, в — легких і м'яких сплавів;
 г — текстоліту і гетинаксу

З метою поліпшення умов різання, підвищення стійкості дискових фрез пропонується нова форма різальних зубців, виконана за прогресивною схемою різання.

Фреза, наведена на рис. 3, а, складається з хвостовика 1 і різальної частини 2 зі швидкорізальної сталі. З'єднання різальної частини і хвостовика здійснюють за допомогою нарізного сполучення і клею.

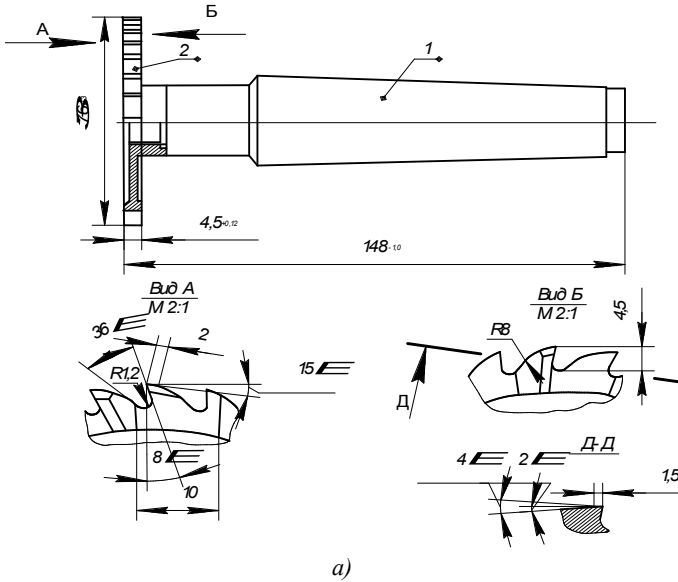
Різальні зубці виконані двосторонніми, а сполучення право- і ліворізальних зубів утворює фрезу тристороннього різання. Один торець зуба з боку більшого кута ($\varphi_2 = 30^\circ$) занижений і не бере участі у різанні. Головна різальна кромка зуба виконана так, що всі три її ділянки нерівні між собою і розташовані під різними кутами щодо осі фрези. Заточення другої допоміжної різальної кромки з боку кута φ_1 виконують відповідно до ГОСТ 2679—93.

У процесі роботи один із зубів, наприклад праворізальний, утворить профіль поверхні різання, що відповідає формі головної різальної кромки зуба, тобто поверхня різання з чотирма зламами. Наступний ліворізальний зуб, що має той же профіль головної різальної кромки формує ідентичний профіль, але зі зсувом по куточках ламаної лінії на величину, рівну довжині ділянки f . У результаті поверхня різання, утворена праворізальним зубом, перерізається при проходженні ліворізальним зубом, відбувається дроблення стружки на окремі елементи, що забезпечує надійне її видалення із зони різання.

Для обробки пазів у деталях з важкооброблюваних матеріалів застосовуються дискові фрези і пили, оснащені пластинками із надтвердих матеріалів (ПНТМ). Вони виконуються з монолітними або двохшаровими різальними елементами, що кріпляться методом пайки з наступним заточуванням. Випускають дискові фрези з механічним кріпленням змінних вставок, оснащених ПНТМ, для обробки пазів у деталях із загартованих сталей.

У корпусі 1 дискової фрези з клейовим з'єднанням різальних зубців і корпуса (рис. 4, *a*) встановлені й закріплені за допомогою клею різальні зубці 2, виготовлені із швидкорізальної сталі, наприклад зі сталі Р12Ф2К8МЗ-МП, і термооброблені перед зборкою. Заточення зубів проводять у зборі з корпусом. Кожен зуб фрези тристороннього різання має допоміжні різальні кромки, заточені відповідно до рекомендацій ГОСТ 2679—93. Головна різальна кромка з метою забезпечення дроблення стружки виконана у вигляді ламаної лінії (рис. 4, *b*), як і у фрези, показаної на рис. 3.

Конструктивне виконання фрези забезпечує скорочення витрат швидкорізальної сталі на 50—60 % і багаторазове використання корпуса фрези. Стійкість клеєзбірної фрези в 1,5 раза вище стійкості напаяних фрез.



Форма заточування чергується через зуб (М 5:1)

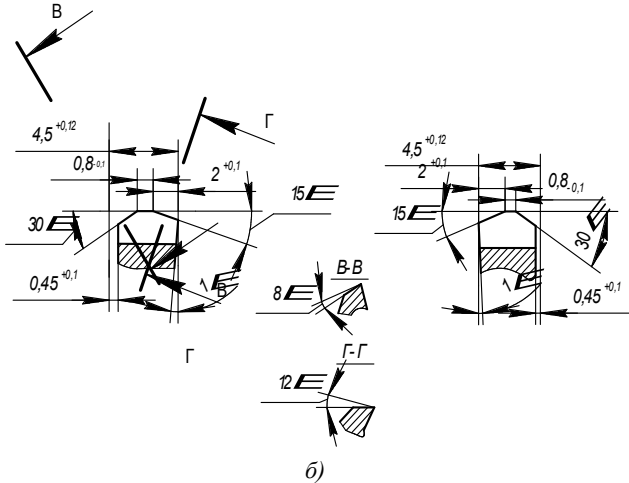


Рис. 3. Диска фреза з клесрізьбовим з'єднанням різальної частини і хвостовика:

а — загальний вигляд;

б — форма заточення різальних зубців

витрачається.

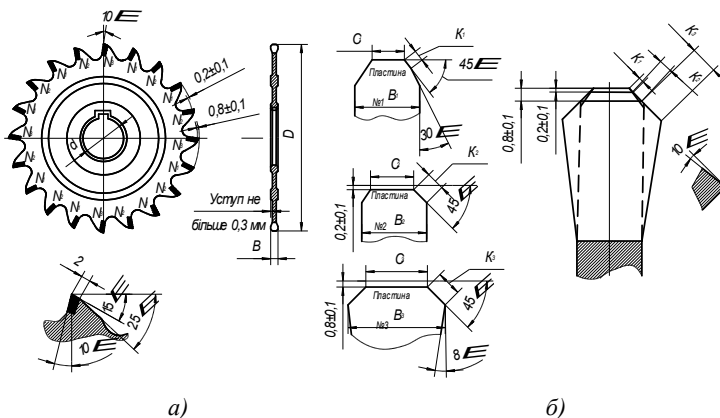


Рис. 5. Прорізна твердосплавна східчаста фреза (а) і схема розташування різальних пластинок (б) (C_1, C_2, C_3 — ширина різальних крамок твердосплавних пластинок; K_1, K_2, K_3 — ширина допоміжних різальних крамок)

Фрезерувальник-новатор Кіровського заводу (колишній Ленінград) І.Д. Леонов удосконалив дискову фрезу зі швидкорізальної сталі (рис. 6). Фрези нової конструкції при виконанні відрізних і прорізних фрезерних робіт підвищують продуктивність праці у два-три рази.

Зміна конструкції дискової фрези полягає в наступному: кількість різальних зубців зменшено вдвічі; збільшено розміри стружкових канавок, змінена форма западин, збільшено радіус дна западин; на різальних зубцях знімаються фаски під кутом 45° шириною, рівною $1/3$ товщини зуба, причому на парних зубах фаски прилягають до одного торця, на непарних — до іншого.

Пропозиції І.Д. Леонова з удосконалення відрізних фрез були враховані в ГОСТ на прорізні й відрізні фрези (ГОСТ 2679—61).

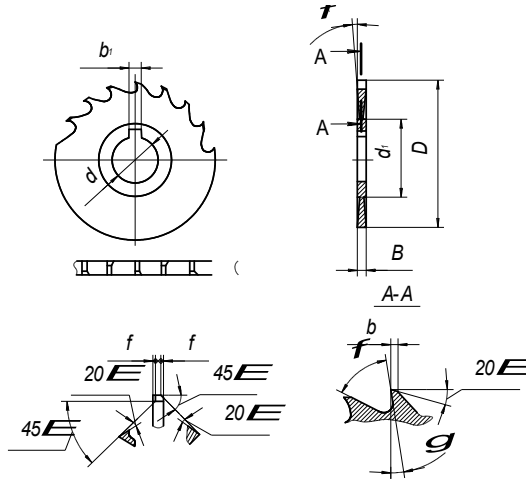


Рис. 6. Фреза конструкції І.Д. Леонова

Фреза для обробки легких сплавів наведена на рис. 7.

Для обробки деталей з алюмінію застосовують дволезвий інструмент, що забезпечує інтенсивний відвід стружки, а також зменшення її злипання і приварювання до різальних кромки. Особливістю такого інструмента є мала кількість різальних зубців, що призводить до збільшення обсягів стружкових канавок з полірованою поверхнею. Крім того, з метою поліпшення стружкоутворення й усунення небезпеки налипання стружки на інструмент передні кути виконуються рівними $20...30^\circ$, а задні — $10...30^\circ$. Знизити шорсткість оброблюваної поверхні можна, застосовуючи інструмент із криволінійною плавною формою передньої поверхні, що поліпшує процес стружкоутворення і дозволяє одержати великі передні кути.

Для високопродуктивної обробки деталей із алюмінію рекомендується застосовувати інструмент, оснащений пластинами з однокарбідних твердих сплавів ВК6М і ВК3М. Такий інструмент вирізняється високою стійкістю при обробці деталей з алюмінію на великих швидкостях (понад 500 м/хв.), а також меншою адгезією до оброблюваних матеріалів.

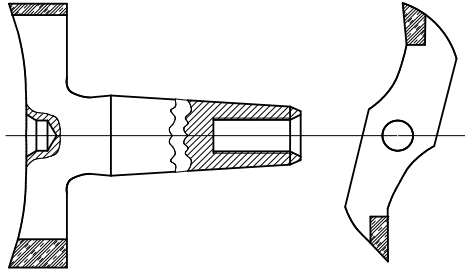


Рис. 7. Фреза для обробки легких сплавів

Універсальна фреза для обробки алюмінію зображена на рис. 8.

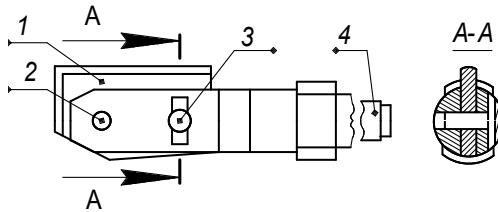


Рис. 8. Універсальна фреза для обробки алюмінію

Швидкорізальний ніж 1, установлений у поперечному пазі оправки 4, можна повертати на осі 2, у результаті цього алюмінієві деталі оброблюються як під прямим кутом, так і з нахилом до 15° . Ніж закріплюється на оправці болтом 3.

Регульована двопера фреза для обробки легких сплавів наведена на рис. 9.

У корпусі 4 фрези на осі 2 розміщений дволезовий різець 1. Він налаштовується на обробку деталі з розподілом знімання стружки на кожне лезо. Наприклад одне лезо може знімати чорнову стружку, а інше — чистову при малій глибині різання.

Для налагодження різців варто відпустити гвинт 5 і повернути різець на осі 2. Після налагодження різця на заданий режим гвинтом 5 закріплюють різець у корпусі 4. При великих перерізах стружки можна додатково закріпити різець, загвинчуючи гайку 3. Для запобігання від налипання стружки на різець необхідно добре пополірувати площини її сходу [4].

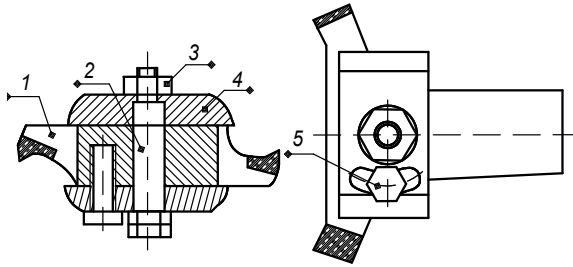


Рис. 9. Регульована двопера фреза для обробки легких сплавів

Однією з найбільш раціональних конструкцій є фреза, конструкція якої представлена на рис. 10. Для підвищення жорсткості інструмента і покращення умов різання на допоміжних різальних крайках на корпусі фрези в шаховому порядку шліфуванням виконані сегментні виїмки, що відокремлюють групи зубів по два–шість штук [5].

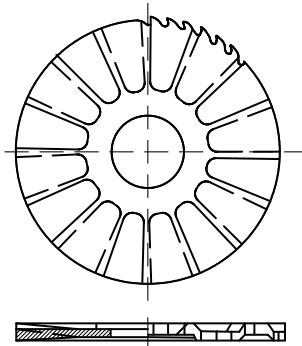


Рис. 10. Відрізна фреза підвищеної жорсткості

У результаті створюються сприятливі умови різання на допоміжних задніх поверхнях, що перешкоджають наварюванню елементів стружки, а також поліпшується підведення ЗОР у зону різання. Цей метод досить простий і дешевий, а також не викликає короблення диска при нагріванні. Недоліком таких конструкцій фрез є збільшення ширини пропила, що збільшує кількість матеріалу, що йде в стружку.

Німецький інструментальний завод “Карнаш” пропонує широкий асортимент дискових відрізних фрез та пил, які призначені для

відрізки труб, листів та профілю із різноманітних матеріалів: сталей, кольорових металів, пластмас, дерева, ДСП та ін.

Основною особливістю відрізних фрез цього заводу є лазерні виточки криволінійної форми на корпусі фрези, а також круглі та овальні отвори на диску фрези (рис. 11), які виступають гасниками коливань. Такі конструктивні елементи забезпечують вібростійкість фрез, в результаті чого забезпечується динамічна стабільність процесу фрезерування та їх безшумна робота. Крім цього, фрези “Карнаш” мають велику стійкість та забезпечують високу якість обробки.

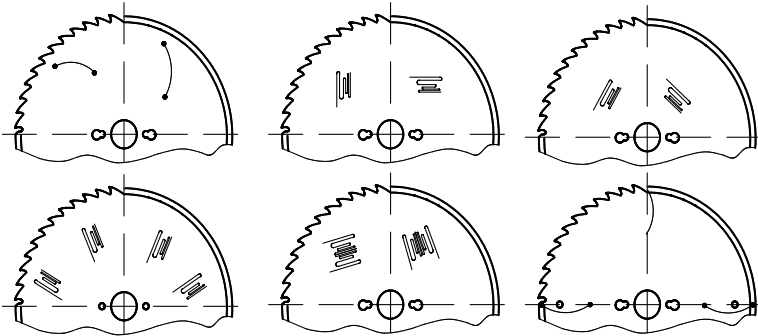


Рис. 11. Дискові безшумні (антивібраційні) відрізні фрези з лазерними виточками заводу “Карнаш”

На рис. 12 наведена конструкція універсальної відрізної фрези заводу “Карнаш” з продовгуватими вирізами.

Різальна частина відрізних фрез з метою підвищення працездатності часто проектується таким чином, щоб розділити переріз зрізу по ширині. Відомі різноманітні конструкції різальної частини таких фрез [2]. Проте вони часто виявляються складними, що призводить до підвищення трудомісткості технологічного процесу виготовлення фрез та переточувань інструмента в процесі експлуатації. Родін П.Р. запропонував конструкцію відрізної фрези, у якій розділення перерізу зрізу по ширині виконується за рахунок виготовлення стружкових канавок змінної висоти (похилі різальної кромки) [3]. Така конструкція є порівняно простою у виготовленні.

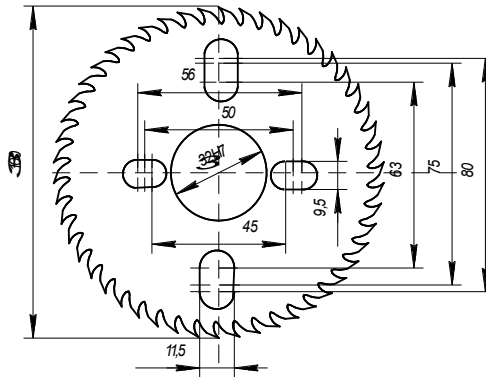


Рис. 12. Універсальна відрізна фреза конструкції заводу "Карнаш"

На рис. 13 наведена схема різальної частини фрези із стружковими канавками змінної висоти з переднім кутом $\gamma = 0$. Фреза проектується з рівномірним кроком. Передня і задня поверхні мають плоску форму. При передньому куті $\gamma = 0$ передня площина у всіх зубців проходить через вісь фрези. Кут між суміжними передніми площинами сусідніх зубців ε залежить від кількості зубців фрези. Всі зубці фрези поділено на групи, що містять по три зуби, у яких змінюється величина кута η нахилу стружкової канавки. У першого зуба в групі кут η нахилу канавки приймається рівним нулю. Задня поверхня буде площиною, паралельною осі фрези, перетином з передньою площиною буде створюватися різальна кромка з головним кутом у плані $\varphi = 90^\circ$. У другого та третього зубців в групі задні поверхні є площинами загального положення з різними за знаком кутами η . В результаті перетину передніх і задніх площин різного положення створюються похилі різальні кромки з кутами в плані φ різного знаку. Основним фактором, який найсуттєвіше впливає на величину кута в плані є кут нахилу стружкової канавки фрези.

Заслуговує на увагу конструкція відрізної фрези з нерівномірним кроком зубців. Необхідно зауважити, що провідні європейські фірми – виробники металорізального інструменту – вже давно запровадили у виробництво інструменти з нерівномірним кроком зубців. За рахунок такого інструменту машинобудівні підприємства досягають підвищення ефективності виробництва. З недавнього часу почалося активне використання дискових фрез великого діаметра з

нерівномірним кроком зубців (Mercedes, Volkswagen та ін.). Тому дослідження динамічних якостей аналогічних дискових фрез менших діаметрів дозволить робити більш загальні висновки про вплив нерівномірності на стійкість фрез.

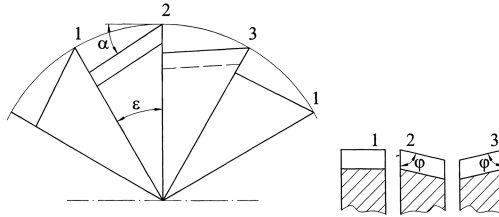


Рис. 13. Схема різальної частини дискової відрізної фрези із стружковими канавками змінної висоти

У роботі [1] було досліджено вплив нерівномірного кроку зубців дискових відрізних фрез великих діаметрів на їх динамічну сталість та працездатність. Проведені авторами досліди показали, що застосування такого типу фрез (рис. 14) дозволяє значно підвищити їх стійкість, знизити рівень шуму під час їх роботи та підвищити якість обробленої поверхні.

Фрези з нерівномірним кроком складаються з однакових груп зубів, крок яких нерівномірний. До основних параметрів групи зубів з нерівномірним кроком належать кількість зубів у групі $z_{гр}$ і значення кроків між зубами ε_i .

Крім того, розрахунки показали, що фрези з фасонним профілем (рис. 14) у процесі роботи виявляють кращі динамічні характеристики, ніж стандартні дискові фрези такого ж діаметра, товщини і з такою ж кількістю зубців. Така конструкція має більшу жорсткість. Крім того, позитивний вплив справляє також деяке збільшення допоміжного кута в плані φ' , за рахунок чого зменшується тертя на бічних поверхнях фрези.

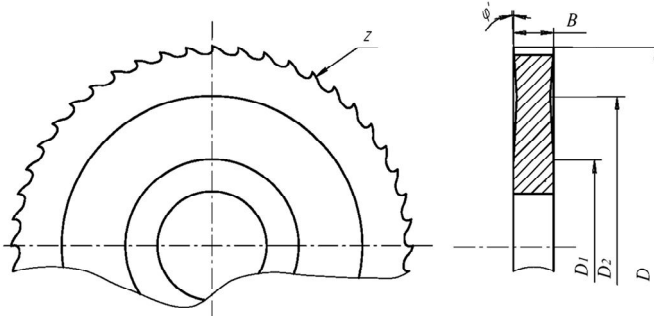


Рис. 14. Диска відрізна фреза з фасонним профілем та нерівномірним кроком зубців

Порівняння динамічних характеристик стандартних відрізних фрез із відповідними характеристиками фрез з нерівномірним кроком зубців дає можливість стверджувати, що фрези запропонованої конструкції мають набагато кращі динамічні характеристики (рис. 2, 3), які зберігаються і після їх переточки. При цьому критерій динамічної сталості зменшився у більшості випадків не менше ніж у 8 разів. Така конструкція має, порівняно із стандартними фрезами, більшу жорсткість, покращуються умови роботи внаслідок збільшення допоміжного кута в плані, також суттєво зросла вібростійкість процесу фрезерування, що зменшує шум у процесі роботи, якість обробленої поверхні та збільшує період стійкості інструменту.

Отже розробку дискових фрез з нерівномірним кроком зубців і фасонним профілем можна вважати одним із найперспективніших напрямків удосконалення конструкцій відрізних фрез.

На основі проведеного огляду конструкцій відрізних фрез можна виділити основні шляхи їх удосконалення, які застосовуються на даний час:

- застосування пластинок із надтвердих матеріалів;
- зменшення кількості зубців;
- збільшення об'єму стружкових канавок, збільшення радіусу дна западин;
- незначне збільшення допоміжного кута в плані дозволяє уникнути тертя торця фрези об оброблюваний матеріал;
- раціональна геометрія зубців ($\gamma = 10^\circ$, $\alpha = 18...22^\circ$);
- сегментні виїмки, виконані шліфуванням, на допоміжних різальних крайках на корпусі фрези в шаховому порядку, що відокремлюють групи зубів по два–шість штук, забезпечують

сприятливі умови різання на допоміжних задніх поверхнях, що перешкоджають наварюванню елементів стружки, а також поліпшується підведення ЗОР;

- лазерні виточки та продовгуваті вирізи на корпусі забезпечують вібростійкість фрез, в результаті чого забезпечується динамічна сталість фрезерування та їх безшумна робота;

- застосування дволезового інструмента для обробки деталей з алюмінію, що забезпечує інтенсивний відвід стружки, а також зменшення її злипання і приварювання до різальних кромки;

- реалізація прогресивних схем зрізання припуску;

- заточення зубців зі зняттям фаски по допоміжній задній поверхні через зуб у шаховому порядку дозволяє зменшити зусилля різання та підвищити стійкість інструменту;

- виготовлення різальних кромки, розташованих на різних відстанях від осі фрези таким чином, що кожен наступний зуб вище попереднього, забезпечує гарний відвід стружки і мале нагрівання при роботі, а також дозволяє значно зменшити тертя фрези об стінки прірізуваного паза;

- виконання торцевих підточувань дає можливість підвести охолоджувальну рідину безпосередньо в зону різання;

- розділення перерізу зрізу по ширині виконується за рахунок виготовлення стружкових канавок змінної висоти (похилої різальної кромки);

- нерівномірний крок зубців та фасонний профіль диску фрези забезпечує покращення динамічних характеристик процесу різання.

Висновки. Отже на сьогоднішній день застосовується багато способів удосконалення конструкцій відрізних фрез. Кожен з них має свої переваги і недоліки. Недоліком більшості з них є складність реалізації, що виливається у значне підвищення собівартості виготовлення інструменту. Тому іноді матеріальні затрати перевищують ефект від впровадження заходу.

На мою думку, найбільш доцільним способом удосконалення конструкції відрізних фрез є комплекс таких заходів: застосування раціональної геометрії зубців; нерівномірного кроку зубців та фасонного профілю інструмента. У цьому випадку не потребується значних матеріальних затрат (на дорогі пластинки із надтвердих матеріалів та лазерні операції), при цьому технологічний процес виготовлення фрез із нерівномірним кроком розроблений та успішно застосовується на деяких підприємствах. При цьому вирішується одна із основних причин руйнування відрізних фрез – їх динамічна

несталість.

Таким чином, розробка відрізних фрез з нерівномірним кроком зубців та фасонним профілем є перспективним шляхом удосконалення їх конструкції. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд наступних завдань: визначити оптимальну форму корпусу фрези, загальний закон розбивки по кроку, дослідити характер зносу зубців фрези, досягти задовільних динамічних характеристик на всьому діапазоні частот обробки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бабенко А.Е., Равская Н.С., Боронко О.А., Семенов А.В.* Об одном из видов динамической неустойчивости дисковой фрезы // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: ХГПУ, 1997. – № 51. – С. 25–28.
2. ГОСТ 2679-93. Фрезы відрізнi та прорізнi. Технічні умови.
3. *Жигалко Н.И., Киселев В.В.* Проектирование и производство режущих инструментов / Под ред. П.И. Ящерицына. – Минск: Вышэйш. школа, 1975.
4. Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении / А.Т. Дыков, Т.И. Ясинский. – Л.: Машиностроение, 1972.
5. *Семинский В.К., Романченко С.С.* Приспособления и инструменты для фрезерных работ. – К.: Техника, 1984.

БАЛИЦЬКА Наталія Олександрівна – аспірант кафедри технології машинобудування та конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- теорія проектування дискових фрез;
- процеси фрезерування.

Подано 14.09.2007