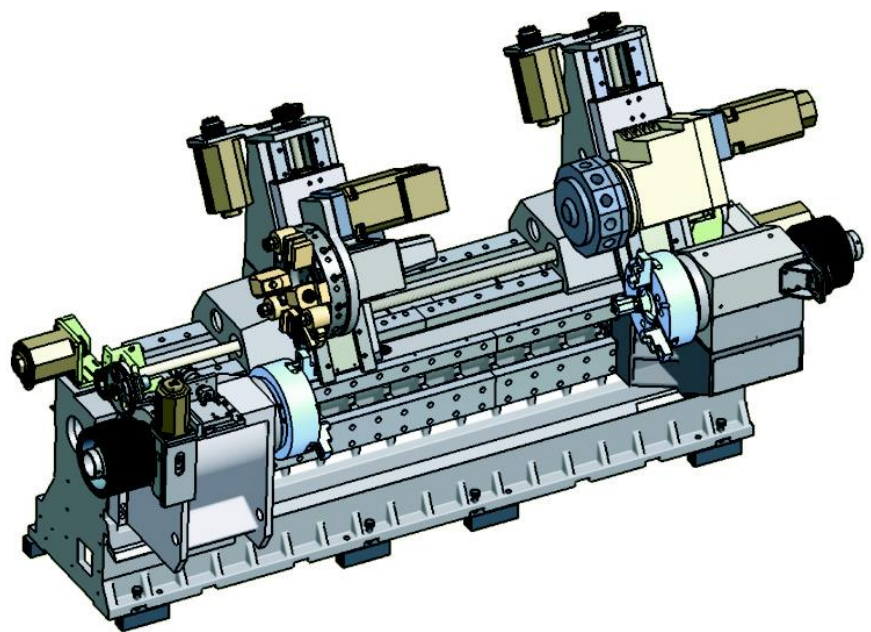


Н.Р. Веселовська  
Р.Д. Іскович-Лотоцький  
І.М. Ковальова

Навчальний  
посібник

# Теорія різання та інструмент



Вінниця – 2018

УДК 621.91.(075.8)

ББК

Теорія різання та інструмент: Навчальний посібник/ Веселовська Н.Р., Іскович-Лотоцький Р.Д., Ковальова І.М. – Вінниця: 2018. – 297 с., мова українська.

ISBN

У навчальному посібнику розглянуті теорія різання та інструменти, зокрема загальні відомості про процес різання металів і ріжучий інструмент, інструментальні матеріали, різці, фрези, свердла, зенкери, розгортки, мітчики та плашки. Також розглянуте технічне переозброєння верстатного парку підприємств сільськогосподарського машинобудування та металообробки, що передбачає заміну застарілого устаткування високоефективним обладнанням, зокрема гнучкими виробничими модулями, роботизованими технологічними комплексами та верстатами з числовим програмним керуванням.

Рецензенти:

Л.Г. Козлов – доктор технічних наук, професор кафедри технології та автоматизації машинобудування ВНТУ;

В.І. Савуляк – доктор технічних наук, професор кафедри технології підвищення зносостійкості ВНТУ;

Я.В. Іванчук – кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування ВНТУ.

ISBN

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС РІЗАННЯ МЕТАЛІВ І РІЗУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ.....	9
1.1 Основні поняття і визначення.....	9
1.2 Загальні конструктивні елементи і геометричні параметри інструментів .....	12
1.3 Особливості процесу різання.....	18
1.4 Стійкість інструменту.....	33
1.5 Змашувально-охолоджуючі рідини.....	39
1.6 Оброблюваність матеріалів різанням.....	43
1.7 Оптимальні режими різання.....	53
РОЗДІЛ 2. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....	56
2.1 Основні властивості інструментальних матеріалів.....	56
2.2 Вуглецеві і леговані інструментальні сталі.....	59
2.3 Швидкорізальні сталі.....	60
2.4 Тверді сплави.....	64
2.5 Мінералокераміка.....	69
2.6 Надтверді матеріали.....	71
2.7 Напаяні пластини і пластини з механічним кріпленням пластини з твердого сплаву і мінералокераміки .....	75
2.8 Твердосплавні пластини із зносостійкими покриттями.....	79
РОЗДІЛ 3. РІЗЦІ.....	81
3.1 Швидкоріжучі і твердосплавні різці з напаяними пластинами.....	81
3.2 Прохідні, підрізні і розточувальні різці.....	82
3.3 Відрізні різці.....	88
3.4 Відрізні і канавочні різці з механічним кріпленням твердосплавних пластин.....	95
3.5 Різьбові різці.....	99
3.6 Цілісні твердосплавні розточувальні різці.....	103

3.7 Різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин.....	107
3.8 Рекомендації по раціональній експлуатації різців.....	128
3.9 Різці з механічним кріпленням мінералокерамічних пластин...134	
3.10 Різці, оснащені композитом.....	138
РОЗДІЛ 4. ФРЕЗИ.....	145
4.1 Загальні відомості про процес фрезерування.....	145
4.2 Вплив розмірних і геометричних параметрів фрез на продуктивність обробки.....	148
4.3 Цілісні фрези з швидкоріжучої сталі і твердого сплаву.....	154
4.4 Прорізні (шліцьові) і відрізні фрези.....	163
4.5 Збірні фрези зі вставними ножами із швидкорізальної сталі та ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву.....	169
4.6 Фрези з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин.....	171
4.7 Рекомендації по раціональній експлуатації фрез.....	176
4.8 Фрези з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин з мінералокераміки.....	180
4.9 Фрези, оснащені композитом.....	182
РОЗДІЛ 5. СВЕРДЛА.....	189
5.1 Типи і розміри спіральних свердел загального призначення з швидкорізальної сталі.....	190
5.2 Конструкція і геометричні параметри спіральних свердел.....	193
5.3 Режими різання і умови експлуатації спіральних свердел.....	199
5.4 Твердосплавні свердла.....	202
5.5 Шнекові свердла.....	206
5.6 Перові свердла.....	209
5.7 Центрувальні комбіновані свердла.....	214
5.8 Свердла з механічним кріпленням багатогранних твердосплавних пластин.....	217

5.9	Неполадки, що зустрічаються в процесі експлуатації свердел.....	219
РОЗДІЛ 6. ЗЕНКЕРИ, ЗЕНКУВАННЯ І РОЗГОРТКИ.....		222
6.1	Конструкція і розміри зенкерів загального призначення.....	222
6.2	Геометричні параметри зенкерів.....	225
6.3	Режими різання, знос і стійкість зенкерів.....	228
6.4	Зенкери для обробки деталей з нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів.....	231
6.5	Особливості конструкції зенкерів для обробки легких сплавів.....	232
6.6	Конструкція і розміри розгортки.....	239
6.7	Форма і геометричні параметри ріжучої частини розгортки.....	243
6.8	Конічні розгортки.....	245
6.9	Режими різання, знос і стійкість розгортки.....	247
6.10	Регульовані розгортки.....	249
6.11	Основні причини неполадок при роботі зенкерами і розгортками.....	252
РОЗДІЛ 7. МІТЧИКИ І ПЛАШКИ.....		254
7.1	Мітчики, загальні відомості.....	254
7.2	Вибір конструкції і геометричних параметрів мітчиків.....	256
7.3	Різновиди і призначення мітчиків.....	263
7.4	Режими різання, знос і стійкість мітчиків.....	267
7.5	Заточування мітчиків.....	270
7.6	Безстружкові мітчики.....	270
7.7	Плашки. Конструкція і розміри.....	273
7.8	Режими різання і стійкість плашок.....	276
7.9	Змащувально-охолоджуючі рідини, вживані при нарізанні різьби мітчиками і плашками.....	277
7.10	Можливі неполадки при експлуатації мітчиків і плашок.....	279
РОЗДІЛ 8. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ.....		281
8.1	Вимоги, що висуваються до інструментальних матеріалів.....	281
8.2	Інструментальні сталі.....	283
8.3	Тверді сплави.....	286

8.4 Ріжуча кераміка.....	292
8.5 Надтверді матеріали (НТМ).....	294
8.6 Сталі для виготовлення корпусів інструментів.....	295
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	296

## ВСТУП

Технічне переозброєння верстатного парку підприємств сільськогосподарського машинобудування та металообробки передбачає заміну застарілого устаткування високоефективним обладнанням, зокрема гнучкими виробничими модулями (ГВМ), роботизованими технологічними комплексами (РТК), верстатами з числовим програмним керуванням (ЧПК), що має широкі технологічні можливості, високу продуктивність, точність та гнучкість у переналагоджуванні.

Особливо важливим таке переозброєння є для агропромислового комплексу України, в якому зосереджені сотні промислових підприємств «Сільгосптехніки», що відрізняються багатогалузевою структурою, одиничним і дрібносерійним виробництвом.

Як відомо, ріжучий інструмент є тим засобом, без якого неможливо реалізувати закладені у сучасному технологічному обладнанні можливості і досягти високих техніко-економічних показників обробки деталей. Саме тому в даний час велика увага приділяється вдосконаленню та розробці сучасного металоріжучого інструменту на основі глибоких знань з теорії різання металів. Створені нові високоефективні інструментальні матеріали (швидкорізальні сталі підвищеної зносостійкості і теплостійкості, безвольфрамові тверді сплави, оксидно-карбідна і оксидно-нітридна мінералокераміка, надтверді матеріали на основі кубічного нітриду бора та ін.), розширені номенклатура і випуск багатогранних непереточуваних пластин, зокрема із зносостійким покриттям, розроблені більш довершені конструкції інструментів з механічним кріпленням непереточуваних пластин, тощо.

У розпорядженні сучасного інженера-механіка (технолога, конструктора) сьогодні є великий вибір різноманітного металорізального інструменту, що має різні технологічні можливості і ріжучі властивості. Разом з інструментом загального призначення стандартизовані і

випускаються інструменти для обробки деталей з важкооброблюваних сталей і сплавів та легких сплавів, освоєний випуск цілісних твердосплавних кінцевих інструментів, а також різців і фрез, що оснащені ріжучими пластинами з мінералокерамики і надтвердих матеріалів.

У цих умовах перед інженером-механіком виникає завдання: правильно вибрати і найкращим чином застосувати той або інший спосіб різання та вибрати інструмент для конкретних умов обробки деталі. У запропонованому навчальному посібнику зроблена спроба в доступній формі об'єднати загальні відомості з теорії різання металів та металорізального інструменту, розглянути особливості конструкції і використання основних видів лезових (різців, фрез, свердел, зенкерів, розгортки, мітчиків і плашок) та абразивних (шліфувальних кругів, брусків, стрічок та головок, відрізних кругів, паст, тощо) металорізальних інструментів, визначити умови їх раціональної експлуатації. Навчальний посібник узагальнює результати досліджень і рекомендацій вітчизняних та іноземних вчених у галузі різання металів та створенні сучасних металорізальних інструментів.



## Розділ 1

# ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПРОЦЕС РІЗАННЯ МЕТАЛІВ І РІЖУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ

### 1.1 Основні поняття і визначення

Процес різання – це послідовне зрізання металу заготовки ріжучим інструментом, видалення його у вигляді стружки з метою отримання деталі певної форми і розмірів, заданих кресленням, і забезпеченні визначеної технологією якості поверхні.

Поверхню, утворену на заготовці в результаті обробки ріжучим інструментом, називають обробленою поверхнею, а поверхня заготовки, яка повністю або частково віддаляється при різанні, оброблюваною.

Для здійснення процесу різання необхідні як мінімум наступні умови:

а) інструмент повинен мати відповідну форму і раціональну геометрію заточування; б) твердість ріжучої частини інструменту повинна бути значно вища твердості оброблюваного матеріалу; в) інструмент і заготовка в процесі різання повинні переміщатися один щодо одного строго по заданих траєкторіях; г) всі взаємні переміщення повинні відбуватися з певними швидкостями головного руху і руху подачі залежно від різних технологічних чинників і умов обробки.

Головний рух і рух подачі, його здійснення в процесі різання.

Головний рух різання – це прямолінійний поступальний або обертальний хід заготовки або ріжучого інструменту, що відбувається з найбільшою швидкістю. Головний рух може бути складного формоутворювального руху, наприклад при зубонарізанні.

Рух подачі – прямолінійний поступальний або обертальний хід ріжучого інструменту або заготовки, швидкість якого менша швидкості

головного руху різання і який призначений для того, щоб розповсюдити відділення шару матеріалу на всю оброблювану поверхню. Рух подачі може бути безперервним або переривистим. Залежно від напрямку руху розрізняють подовжню, поперечну, кругову подачу, тощо.

Якщо в процесі обробки обертається заготовка або інструмент, то головним є обертальний рух, а рух подачі носить поступальний характер. При обробці на токарних верстатах головний рух різання (обертання) здійснює заготовка, а інструмент проводить рух подачі. У разі роботи на розточувальних, свердлильних і фрезерних верстатах, навпаки, головний рух здійснюють інструменти, а рух подачі може здійснювати як заготовка, так і інструмент.

При обробці поверхонь струганням, довбанням і протяганням головним є поступальний хід інструменту або заготовки. Рух подачі в цьому випадку є зсувом різця на величину подачі після кожного подвійного ходу в площині, перпендикулярній напрямку головного руху.

Швидкість головного руху (швидкість різання)  $v$  – швидкість даної точки ріжучої кромки або заготовки у напрямку головного руху. Швидкість різання визначається для точок  $M$  ріжучих кромки, найбільш віддалених від осі обертання заготовки або власне інструменту (рис.1), вимірюється в м/хв і рахується за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв}$$

де  $D$  – діаметр елемента (заготовки або інструменту), що обертається, мм;  $n$  – частота обертання цього елемента, об/хв.

У зв'язку з переходом на міжнародну систему одиниць швидкість різання стали вимірювати в м/с, а частоту обертання – в об/с. Між старими і новими одиницями існують наступні залежності:

$$1 \text{ м/с} = 60 \text{ м/хв}; 1 \text{ об/с} = 60 \text{ об/хв}.$$

При струганні, довбанні і простяганні швидкість різання не залежить від розмірів заготовки і інструменту та визначається як середня лінійна швидкість переміщення різця.

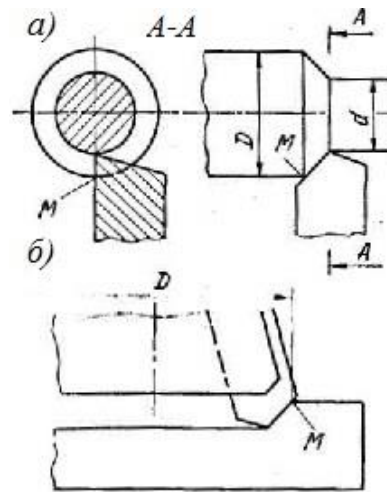


Рис. 1 Схема вибору точки ріжучої кромки для визначення швидкості різання:  
а – при точінні; б – при торцевому фрезеруванні

П о д а ч а – відношення відстані, пройденої даною точкою ріжучої кромки або заготовки і напрямку руху подачі, до відповідного числа циклів або доль циклу іншого руху під час різання. Циклом руху може бути повний оберт або подвійний хід заготовки чи інструменту. Часткою циклу є, наприклад, поворот фрези на кут, рівний кутовому кроку зубів (на 1 зуб). При токарній обробці, свердленні, зенкеруванні і розгортанні подача вимірюється в мм/об, при фрезеруванні – в мм/зуб, при струганні і довбанні – в мм/дв. хід.

Іноді подачу вимірюють в мм/хв. В цьому випадку її називають хвилинною подачею, позначають  $SM$  і визначають за формулою:

$$SM = S \cdot n \cdot \frac{v}{\omega a}$$

При фрезеруванні:

$$SM = S_z \cdot n_z \cdot \frac{v}{\omega a}$$

де  $S_z$  – подача на 1 зуб, мм/зуб;  $z$  – число зубів фрези.

Глибина різання  $t$  – величина шару металу, що зрізається за один прохід інструменту, яка вимірюється в напрямі, перпендикулярному обробленій поверхні.

Швидкість різання, подача і глибина різання є параметрами режиму різання.

## 1.2 Загальні конструктивні елементи і геометричні параметри інструментів

Всі інструменти мають робочу (ріжучу) частину і корпус (хвостовик).

Робоча частина виготовляється з відповідного інструментального матеріалу, піддається термічній обробці (якщо вона з інструментальної сталі) і заточуванню (окрім непереточуваних пластин).

Форма робочої частини визначається видом інструменту. Так, робоча частина твердосплавного різця є твердоспавною пластиною, прикріпленою до корпусу. У цілісного свердла або фрези робоча частина виконана у вигляді зубів і має стружкові канавки, тощо.

Корпус (хвостовик) інструменту повинен бути достатньо міцним і жорстким. Корпус багатолезових (кінцевих і насадних) інструментів, крім того, повинен бути виготовлений з високим ступенем точності, щоб забезпечити швидке і жорстке кріплення інструменту в шпинделі верстата.

Більшість сучасних інструментів виготовляються складеними: робоча частина виконується з інструментального матеріалу, а корпус – з конструкційної сталі. Якщо робоча частина виконана з інструментальної сталі, то вона приварюється до сталевого корпусу, якщо з твердого сплаву або мінералокераміки – напаюється або наклеюється. Опресовуванням і чеканкою закріплюються кристали з надтвердих матеріалів. Широко застосовується механічне кріплення робочої частини (ріжучих пластин) до корпусу.

На рис. 2 на прикладі різця зображені елементи робочої частини інструменту, що беруть участь в різанні.

Передня поверхня сприймає основне навантаження різання. По ній сходиться шар металу, що знімається і створює стружку. Поверхня може бути плоскої і криволінійної форми (у вигляді лунки або ступінчастої форми).

Головна задня поверхня завжди обернена у бік оброблюваної заготовки і, перетинаючись з передньою поверхнею, утворює *головну ріжучу кромку*.

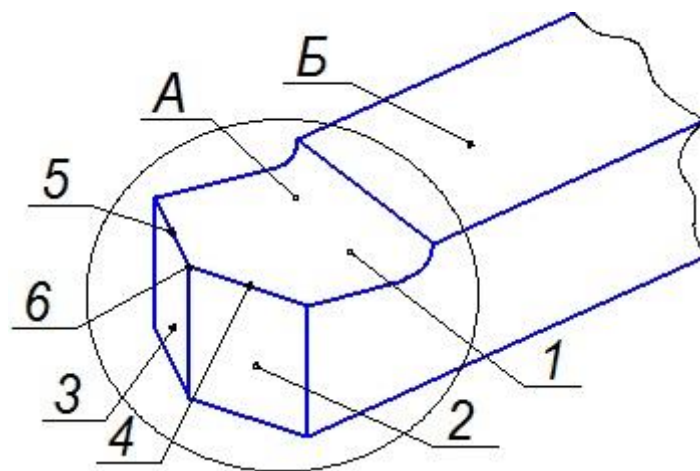


Рис. 2. Елементи робочої частини різця

А – робоча частина з ріжучими кромками тіла;

Б – для закріплення різця в супорті верстата;

1 – передня поверхня; 2 – головна задня поверхня; 3 – допоміжна задня поверхня; 4 – головна ріжуча кромка; 5 – допоміжна ріжуча кромка; 6 – вершина різця.

Допоміжна задня поверхня обернена у бік обробленої поверхні і, перетинаючись з граничною поверхнею, утворює відповідно допоміжну ріжучу кромку.

Головна ріжуча кромка виконує основну роботу різання. Вона перетинається з допоміжною ріжучою кромкою і утворює вершину різця. Термін «перетинається» – умовний, оскільки вершина може бути виконана у вигляді переходу, радіусу, від головної до допоміжної ріжучої кромки.

Описані елементи присутні практично в кожному виді інструменту.

Відповідне розташування передньої і задніх поверхонь по відношенню до початкових площин і напрямку подачі утворює геометрію інструменту. Як початкові площини для визначення геометричних параметрів прийняті основна площина і площина різання.

Основною площиною називається координатна площина 1, проведена через дану точку *Б* ріжучої кромки перпендикулярно напрямку швидкості головного руху  $v$  (рис. 3).

Площиною різання називається така площина 2, дотична до поверхні різання, що проходить через головну ріжучу кромку. Ця площина співпадає (паралельна) з напрямом швидкості різання.

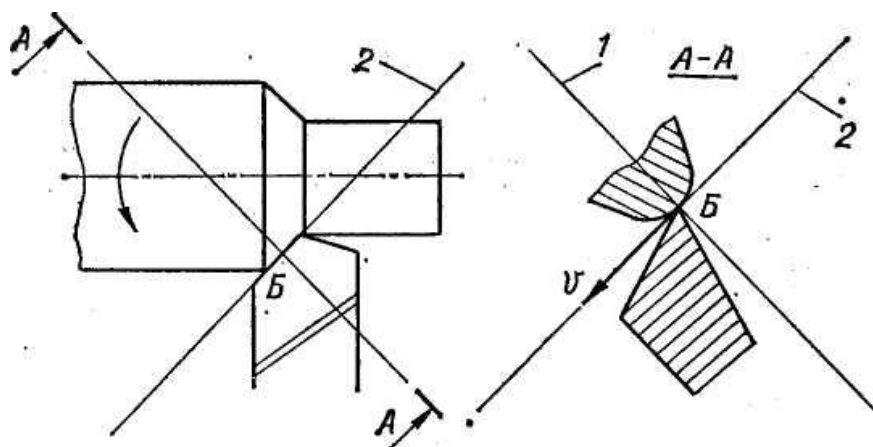


Рис. 3. Положення основної площини і площини різання

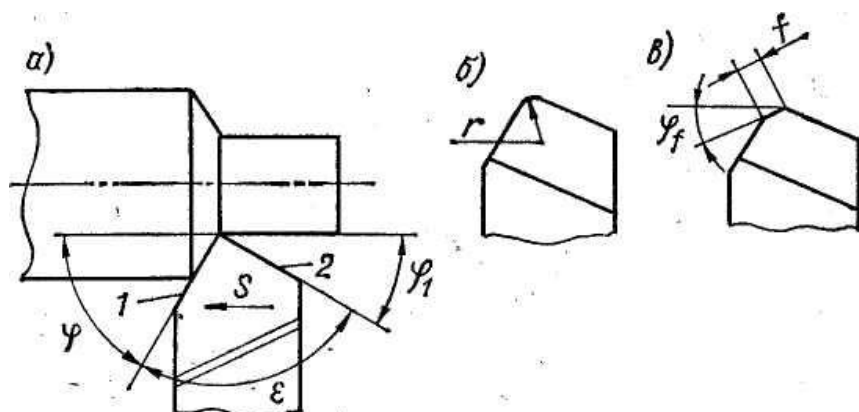


Рис. 4. Схема для визначення кутів в плані

Розглянемо визначення геометричних параметрів інструменту на прикладі прохідного різця.

На зображенні різця в плані (рис. 4,а) видно проекції головної ріжучої кромки 1 і допоміжної ріжучої кромки 2 на основну площину, які перетинаються і утворюють кут при вершині  $\epsilon$ . Кут між "проекцією головної ріжучої кромки і напрямом подачі  $S$  називається головним кутом в плані  $\varphi$ , а кут між проекцією допоміжної ріжучої кромки і напрямом, зворотним подачі, допоміжним кутом в плані  $\varphi_1$ .

Вершина різця може бути або гострою, або виконаною по радіусу ( $r$ ) (рис.4,б). Іноді вводять перехідну (додаткову) ріжучу кромку у вигляді фаски завдовжки  $f$  з кутом  $\varphi_f$  (рис. 4,в). Закруглення вершини і введення перехідної ріжучої кромки підвищують міцність ріжучої кромки при вершині і стійкість інструменту, а також покращують шорсткість обробленої поверхні.

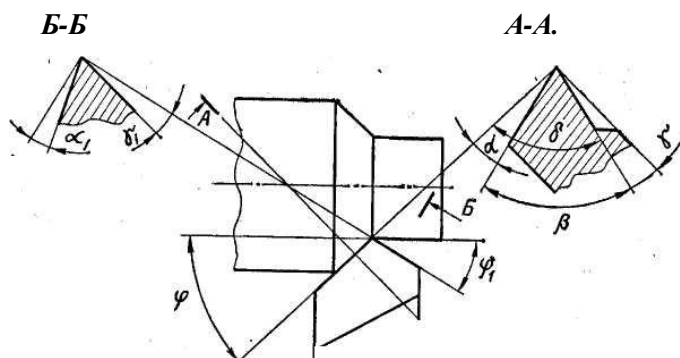


Рис. 5. Схема для визначення кутів заточування

Головні ріжучі кути розглядаються в головній січній площині А–А (рис. 5). Ця площина перпендикулярна проекції головної ріжучої кромки на основну площину. Кути різання можуть розглядатися і в інших площинах. Так, у свердел передній і задній кути розглядаються в площині, паралельній осі свердла.

Головний задній кут  $\alpha$  – кут між дотичною до головної задньої поверхні в даній точці головної ріжучої кромки і площиною різання. Призначенням заднього кута є зменшення площі контакту (тертя) задньої поверхні інструменту оброблюваної поверхні.

Головним переднім кутом  $\gamma$  називається кут між основною площиною і передньою поверхнею. Він може бути (рис. 6): позитивним (+) – якщо передня поверхня розташована нижче, чим основна площина, рівним нулю – якщо обидві поверхні співпадають і негативним (-) – якщо передня поверхня розташована вище, ніж основна площина.

Кут між передньою і задньою поверхнями визначають як кут загострення. Від нього залежить міцність ріжучого клину інструменту.

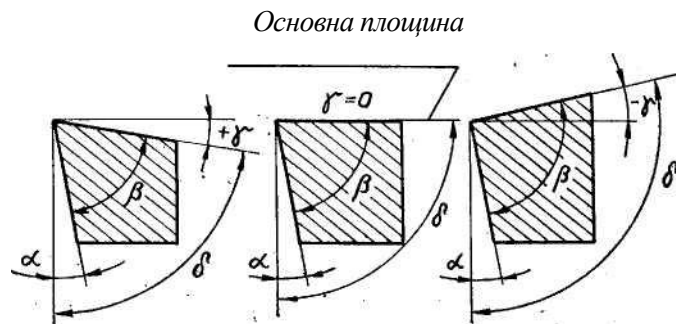


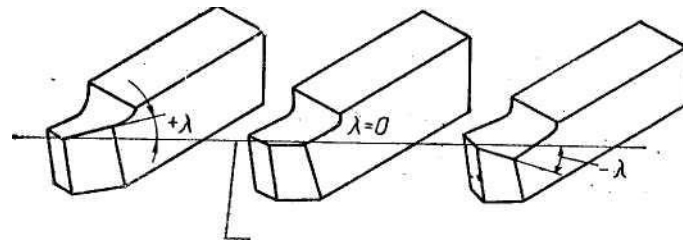
Рис. 6. Схема для визначення позитивного і негативного значення переднього кута

Кут різання  $\sigma$  – це кут між площиною різання і передньою поверхнею. При позитивному передньому куті, кут різання  $\sigma < 90^\circ$ , при нульовому  $\sigma = 90^\circ$  і при негативному  $\sigma > 90^\circ$ . Кут різання, так само як і передній кут, визначає умови деформації шару, що зрізається, впливає на умови різання, схід стружки і стійкість інструменту.

Допоміжна задня поверхня характеризується допоміжним заднім кутом  $\alpha_1$  який розглядається в допоміжній січній площині Б–Б як кут між площиною, перпендикулярної основної площини, і задньою поверхнею.

Головна ріжуча кромка не завжди співпадає з основною площиною, тому в теорії різання введений ще один кут  $\lambda$  – кут нахилу ріжучої кромки. Якщо ріжуча кромка направлена вгору від лінії основної площини, що проходить через вершину різця, то кут  $\lambda$  вважається позитивним, якщо вниз – негативним (рис. 7). При збігу ріжучої кромки і лінії основної площини  $\lambda = 0^\circ$ .





Лінія основної площини  
Рис. 7. Куту нахилу головної ріжучої кромки

Змінюючи кут нахилу ріжучої кромки інструментів можна впливати на напрям сходження стружки, рівномірність різання, а також на міцність ріжучої частини у вершині інструменту.

Головна ріжуча кромка теоретично повинна бути гострою. Практично ж завжди є деякий радіус, названий радіусом заокруглення ріжучої кромки (рис. 8,а). При роботі з малою товщиною зрізу  $a$  радіус заокруглення істотно впливає на процес різання, таким чином змінює фактичний передній кут (рис. 8,б).

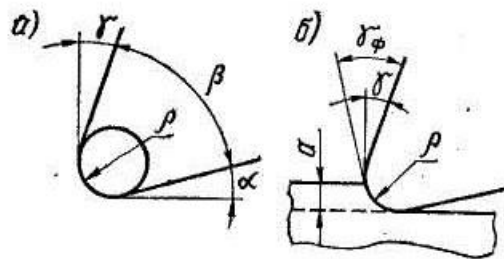


Рис. 8. Форма ріжучої кромки у поперечному перерізі і її вплив на передній кут

Величина радіусу  $\rho$  залежить від зернистості інструментального матеріалу і способу обробки передньої і задньої поверхонь, а також, трохи, від кута загострення  $\beta$ . Так при доведенні алмазним кругом інструменту з твердого сплаву ВК6М (розмір зерна – 1,6 мкм)  $\rho = 6 \text{ мкм}$ , а з твердого сплаву Т5К10 (розмір зерна – 28 мкм)  $\rho = 17 \text{ мкм}$  [24].

Радіус округлення ріжучої кромки мінералокерамічних інструментів більше, ніж твердосплавних, і складає 30-40 мкм. Дуже гостру кромку ( $\rho = 6-8 \text{ мкм}$ ) мають інструменти з швидкорізальної сталі і оснащені надтвердими матеріалами (алмазом, композитом і ін.).

### 1.3 Особливості процесу різання

Шар металу, що зрізається. Форма і розміри шару металу, що зрізається із заготовки, залежать від форми головної ріжучої кромки, головного кута в плані інструменту і від величини глибини різни та подачі (рис. 9).

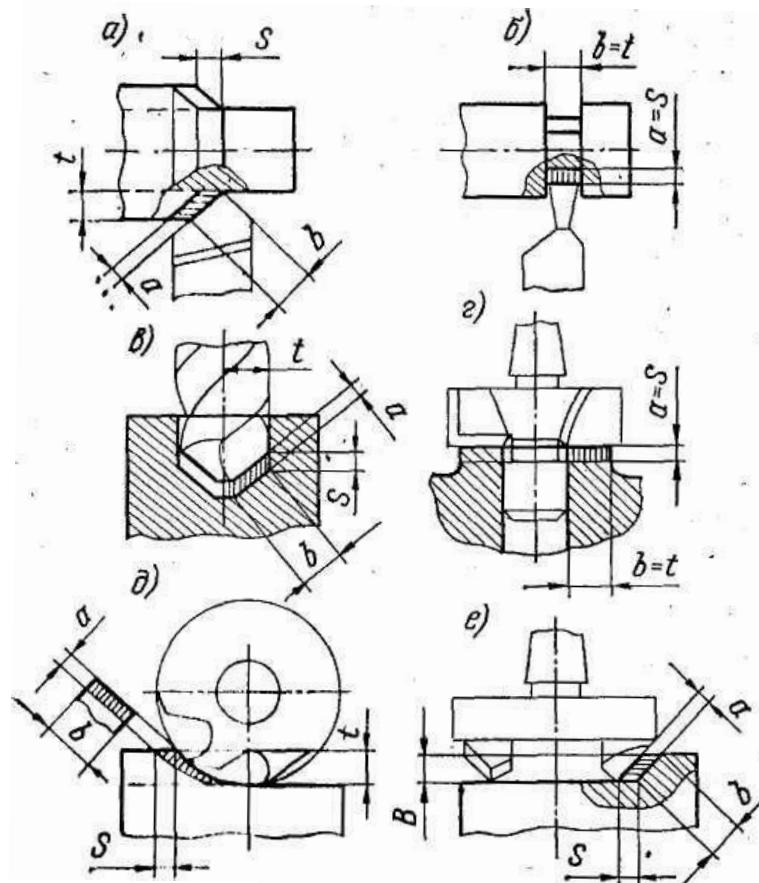


Рис. 9. Форма і розміри шару, що зрізається, при обробці деякими видами інструментів:

а – прохідним різцем; б – канавочним різцем; в – свердлом; г – підрізним зенкером;  
д - циліндровою фрезою; е – торцевою фрезою

Шар металу, що зрізається характеризується шириною і товщиною.

Ширина шару  $b$ , що зрізається, – довжина лінії контакту ріжучої кромки інструменту з оброблюваною заготовкою. Товщина шару, що зрізається,  $a$  – це відстань між двома послідовними положеннями ріжучої кромки, що відрізняються на величину подачі, зміряну в головній січній площині, тобто перпендикулярно ріжучій кромці в даній точці.

Залежність ширини і товщини зрізу від глибини і подачі при різних кутах в плані  $\varphi$  показана на рис. 10, з якого виходить, що  $a = S \sin \varphi$ ;  $b = \frac{t}{\sin \varphi}$ . При  $\varphi = 90^\circ$   $a = S$ ,  $b = t$ .

Якщо глибина і подача характеризують процес різання в основному з технологічної сторони, то ширина і товщина шару, що зрізається, визначають фізичну його сторону. Як видно з рис. 10, при одній і тій же глибині та подачі товщина шару (а значить і стружки), що зрізається, може бути більше або менше, отже передня поверхня випробовуватиме великий і менший питомий тиск, більше або менше піддаватиметься зносу. В той же час збільшення ширини шару, що зрізається, тобто довжини ріжучої кромки, що бере участь в роботі, збільшує відтискаючі зусилля, що може призвести до вібрацій.

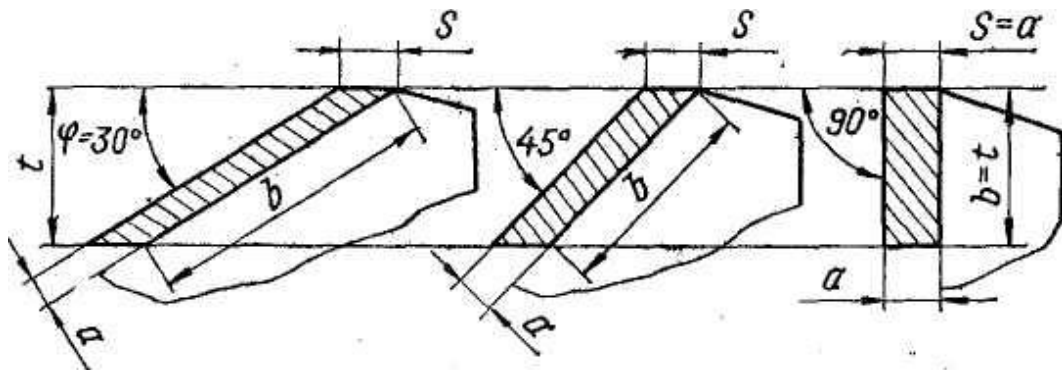


Рис. 10. Залежність ширини  $b$  і товщини  $a$  шару, що зрізається, від глибини різання і подачі при різних кутах в плані

Добуток ширини на товщину або глибини на подачу з деяким наближенням дорівнює площі поперечного перерізу шару  $f$ , що зрізається:

$$f = ab = tS \text{ мм}^2.$$

Інтенсивність різання  $Q$  визначають як об'єм металу, що зрізається, за 1 хв роботи інструменту по формулі:

$$Q = vtS \text{ см}^3/\text{хв}.$$

В процесі різання весь об'єм металу, що знімається, піддається деформації, пружнопластичності, що вимагає великої кількості енергії, і це супроводжується виділенням тепла і тим, що створює значні навантаження

на контактних поверхнях ріжучого інструменту, заготовки і стружки, що утворюється. При цьому ріжуче лезо інструменту піддається деформації, різним видам зносу (адгезійному, дифузійному, абразивному) і руйнуванню.

Утворення стружки. Процес стружкоутворення, схематично показаний на рис. 11, відбувається таким чином. Інструмент 2, впираючись у заготовку 1 з швидкістю, деформує шар металу товщиною  $a$  до виникнення пластичних деформацій і зрізає його по площині зрушення  $OD$ . Цей процес відбувається безперервно, і в його результаті утворюється стружка 3. Віддаляючись від заготовки, стружка ковзає по попередній поверхні на деякій ділянці  $OB$  потім відхиляється, набуває певної форми і сходить з інструменту.

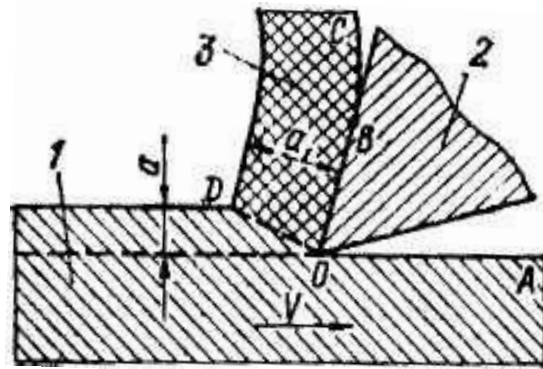


Рис. 11. Спрощена схема утворення стружки в процесі різання

Товщина стружки  $a_1$  значно більша товщина шару, що зрізається, оскільки в процесі пластичного стиснення відбувається її поперечна усадка. Ширина стружки також дещо більша ширини шару, що зрізається. Одночасно відбувається укорочення стружки по довжині, тобто поздовжня усадка.

Залежно від оброблюваного матеріалу, геометрії інструменту, швидкості різання та інших умов обробки стружка може приймати різну форму. При обробці пластичних матеріалів утворюється зливна стружка найрізноманітнішої форми (прямої, сплутаної або спіральної), з різним

кроком. Часто така стружка має значну міцність. Вона дуже небезпечна для робочого, а її видалення представляє певну важкість. За деяких умов може утворюватися стружка у вигляді сегментів, коротких спіралей та ін.

Стружка сірого чавуну, бронзи і інших малопластичних матеріалів завжди складається з окремих елементів, не зв'язаних між собою. Це так звана стружка надлому, яка легко віддаляється із зони різання.

Існує безліч способів дроблення стружки (вони розглянуті в розділах III-VII).

Ступінь усадки стружки залежить від пластичності оброблюваного металу, геометрії інструменту, режиму різання, застосування ЗОР (змащувально-охолоджуючих рідин). Для сталі коефіцієнт усадки стружки  $K$  знаходиться в межах 1,6-3, для чавуну – 1,1-2.

Усадку стружки необхідно враховувати при виборі, рахуючи кількість зубів багатолезового інструменту, з тим щоб об'єм западин між зубами був достатній для розміщення стружки. При прорізці вузьких пазів різцями або фрезами усадка стружки викликає заклинювання її в пазах, збільшення зусиль різання, погіршення шорсткості стінок пазів.

Фізичний стан обробленої поверхні. В процесі різання пластичній деформації піддається шар, не тільки той, що зрізається, але й шари під обробленою поверхнею, – відбувається зміцнення (наклепування). Глибина зміцненого шару, що становить десяті долі міліметра, в першу чергу залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. Чим м'якший і пластичніший оброблюваний матеріал, тим більшому зміцненню він піддається. Чавун, наприклад, менше зміцнюється в порівнянні із сталлю. Значний вплив на стан поверхневого шару роблять глибина, подача, швидкість різання, а також геометрія інструменту. Подача більшою мірою робить цей вплив, чим різання. Із збільшенням швидкості різання глибина зміцненого шару зменшується. Інструменти з негативними передніми кутами більше зміцнюють поверхневий шар, ніж з позитивними.

Зміцнення обробленої поверхні підвищує зносостійкість деталей. Проте, якщо зміцнення супроводжується появою на поверхні мікротріщин, то експлуатаційні властивості деталей знижуються.

Як технологічний чинник зміцнення необхідно враховувати при багатопрохідній обробці. Небажано, наприклад, тонку обробку проводити відразу після чорнової обробки, оскільки після глибокого зміцнення на попередньому переході інструмент працюватиме в твердішому шарі металу.

**Утворення наросту.** Воно є слідством захоплення стружки з інструментальним матеріалом на передній поверхні інструменту, вздовж ріжучої кромки.

Наріст – це частинки оброблюваного матеріалу, zdeформована (ущільнена) до такого ступеня, що він може брати участь в різанні. Наріст періодично зривається з передньої поверхні і несеться стружкою. Частинки наросту можуть приварюватися до обробленої поверхні і прослизати під задніми поверхнями інструменту. В цьому випадку на обробленій поверхні з'являються блискучі горбики і надири, погіршуючі її шорсткість.

При появі наросту міняється геометрія інструменту, а ріжуча кромка вимикається з роботи (рис. 12). Наріст відсовує стружку, утворює зазор  $\Delta$  між цією кромкою і поверхнею заготовки та збільшує передній кут до  $45^\circ$ , що значно зменшує сили, які діють на інструмент, потужності різання і температуру інструменту. Проте періодичні зриви наросту приводять до різкого коливання переднього кута і, як наслідок, до нестабільності різання, вібрацій, зниження точності і шорсткості поверхні. Тому при чорновій і напівчистовій обробці, коли до точності та якості поверхні не пред'являються високі вимоги, слід по можливості використовувати позитивну дію наросту на умови різання. При чистовій обробці наріст шкідливий, і його треба уникати.

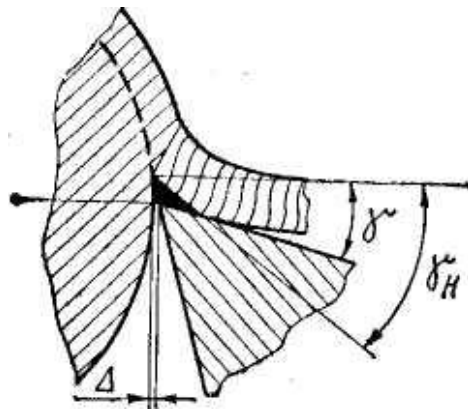


Рис. 12. Зміна граничного кута при утворенні наросту на передній поверхні інструменту

Найінтенсивніше нарід звичайно утворюється при швидкостях різання від 10 до 20 м/хв і відсутній при швидкостях до 3-5 м/хв та після 50 м/хв. Нарід не з'являється при знятті тонких стружок і при роботі інструментом з великим переднім кутом. Застосування ЗОР також перешкоджає виникненню наросту.

Таким чином, змінюючи умови різання, можна або сприяти, або перешкоджати наростуутворенню і тим самим одержувати потрібні точність і шорсткість оброблюваної поверхні, добиватися підвищення стійкості інструменту, усувати вібрації.

Формоутворення в процесі різання нової (обробленої) поверхні. Мікрогеометрія поверхні може мати найрізноманітнішу форму і розміри. Залежить вона від наступних основних чинників: виду обробки, режимів різання, геометрії інструменту, властивостей оброблюваного матеріалу, жорсткості устаткування, стану ріжучої кромки. При кожному виді обробки діє один або декілька переважаючих чинників.

Так, наприклад, при поздовжньому точінні, торцевому фрезеруванні і струганні найбільший вплив на шорсткість роблять подача, кути в плані ( $\varphi$  і  $\varphi_1$ ) та радіус при вершині  $R$  інструментів; при циліндровому фрезеруванні – подача і діаметр фрези; при фасонному точінні – стан ріжучої кромки. Схеми утворення шорсткостей за рахунок перерахованих переважаючих чинників приведені на рис. 13.

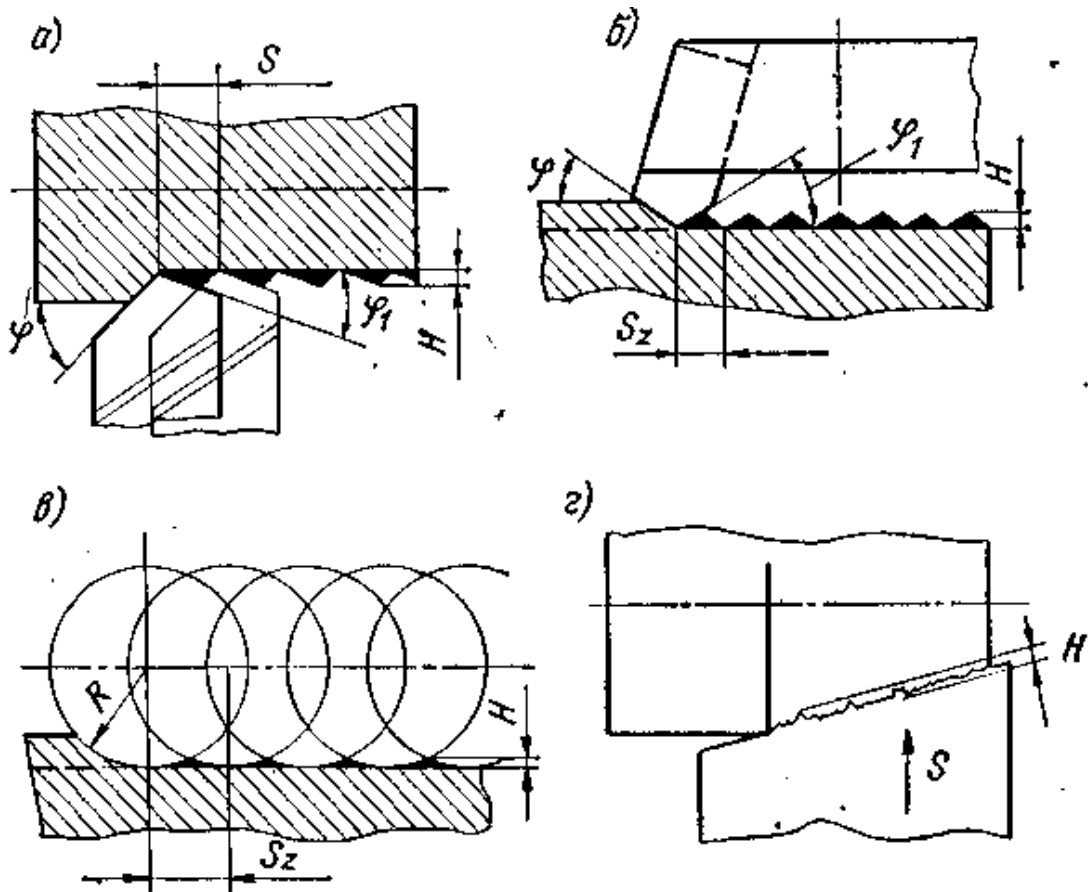


Рис. 13. Схеми утворення шорсткостей при обробці поверхонь різним інструментом:  
 а – різцем при поздовжньому точінні; б – торцевою фрезою; в – циліндровою фрезою;  
 г – фасонним різцем.

У першому і другому випадку (мал. 13,а і б) у формуванні мікрогеометрії поверхні беруть участь головна і допоміжна ріжучі кромки з кутами в плані  $\varphi$  і  $\varphi_1$ . При переміщенні різця на величину  $S$  за один оберт деталі на поверхні, що утворилася, залишається гребінь заввишки  $H$ . Як видно з рисунку, чим менші кути в плані і подача, тим менша висота гребенів і краща шорсткість поверхні.

Коли профіль нерівностей виходить від ділянки ( $r > 0$ ), радіусу, формула для визначення висоти нерівностей  $H$  має наступний вигляд:

$$H = r - \frac{\sqrt{4r^2 - S^2}}{2}.$$

Для випадку показаного на мал. 13,в, висота нерівностей визначається за формулою:

$$H = S_z^2 / 8R.$$



При обробці фасонним різцем (мал. 13,з), а також торцевим зенкером (цекуванням), мітчиком і плашкою в профілізації шорсткості поверхні бере участь тільки головна ріжуча кромка. Всі нерівності цієї кромки, одержані при заточуванні або в процесі роботи (знос), копіюються на оброблену поверхню. Тому висота одержуваних нерівностей залежить від шорсткості задньої і передньої поверхонь інструменту і часу його роботи.

Глибина різання впливає на шорсткість поверхні трохи і не як геометричний чинник, а як чинник, що змінює температуру різання, умови наростоутворення і деформацію шару, що зрізається.

Вплив швидкості різання на шорсткість в найбільшій мірі проявляється в області від 20 до 40 м/хв, де висота мікронерівностей має найбільше значення. З підвищенням швидкості до 120-190 м/хв шорсткість поступово зменшується і потім практично не міняється. Погіршення шорсткості при швидкостях 20-40 м/хв пояснюється інтенсивним наростоутворенням, а поліпшення шорсткості при вищих швидкостях різання – підвищенням температури в зоні різання і зниженням тертя між задньою і обробленою поверхнями.

Твердість матеріалу впливає на шорсткість в такій залежності: із збільшенням твердості шорсткість зменшується.

Із збільшенням переднього кута зменшується пластична деформація шару, що зрізається, а отже і шорсткість. Кожен токарь, наприклад, знає, що для поліпшення шорсткості необхідно заточити на передній поверхні лунку і забезпечити хороший схід стружки.

Задній кут трохи впливає на шорсткість обробленої поверхні. Якщо його зміна (збільшення або зменшення) збільшує інтенсивність зносу по задній поверхні, то шорсткість при цьому погіршується, і навпаки.

Істотний вплив на шорсткість обробленої поверхні надає жорсткість пружної технологічної системи ВПД (верстата, пристосування, інструменту, деталі).

Відомо, що виникнення вібрацій різко збільшує шорсткість. Проте навіть за відсутності візуально спостережуваних вібрацій коливання інструменту щодо деталі є, і тим більше, чим менша жорсткість. Причиною таких коливань є динамічний характер самого процесу стружкоутворення, зрив наросту, нерівномірність припуску, одержаного на попередньому переході (за рахунок шорсткості більшого значення), та ін.

Змащувально-охолоджуючі рідини зменшують тертя і пластичну деформацію металу в зоні утворення стружки і тим самим сприяють зменшенню висоти нерівностей. Особливо ефективно застосовувати масляну ЗОР.

Сили, що діють на інструмент. В процесі різання деформації піддається не тільки шар металу, але і шар основного металу деталі, що зрізається. При цьому на інструмент діє сила нормального тиску стружки на передню поверхню, сила тертя рухомої стружки об цю поверхню, сила пружної деформації основного металу, що діє на задню поверхню, і сила тертя в точках контакту задньої і обробленої поверхонь.

У теорії різання прийнято єдине позначення сил, що діють на інструмент (сил різання). Результуюча системи сил, яка показана на рис. 14, позначається буквою  $R$  і розкладається на три складові: тангенціальну силу  $P_z$ , співпадаючу з напрямом головного руху; осьову силу  $P_x$  (силу подачі), напрям якої протилежний напрямку руху подачі; радіальну силу  $P_y$ , направлену від відпрацьованої поверхні в напрямі, перпендикулярному напрямку головного руху подачі.

Залежність між силою  $R$  і її складовими визначається формулою:

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

Абсолютні значення складових  $P_y$  і  $P_x$  залежать не тільки від абсолютного значення  $R$ , але і від кута в плані  $\varphi$ . Звичайно в нормативах наводиться різання, що лише становить сили, співвідношення якого при точінні залежать від кута в плані  $\varphi$ .

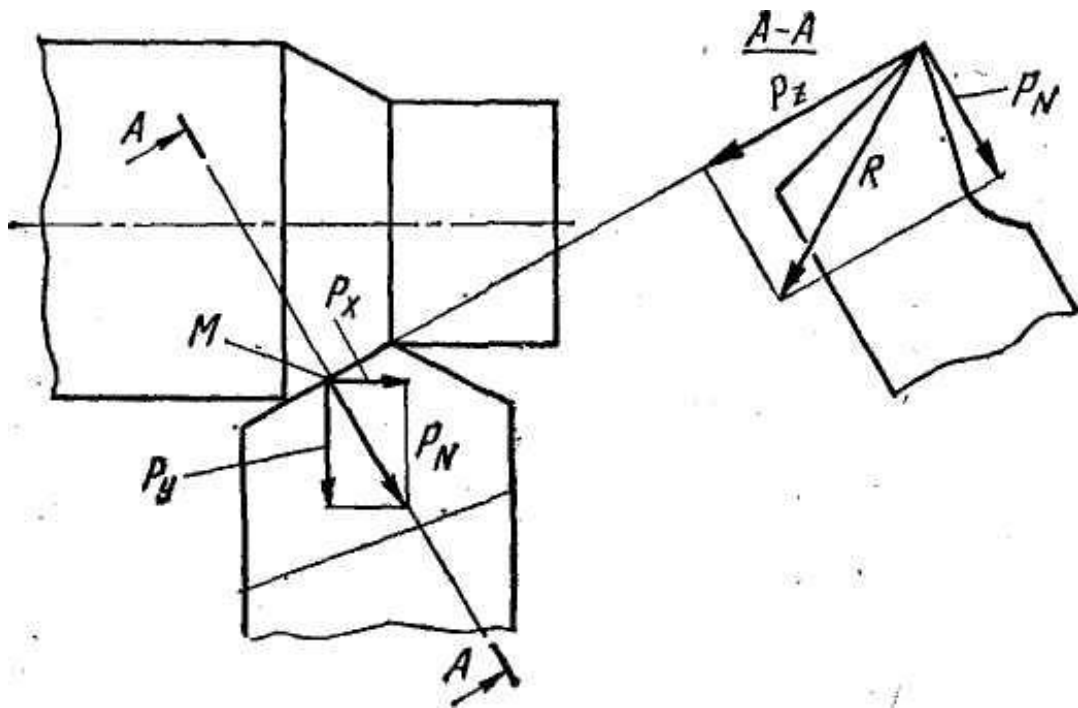


Рис. 14. Схема розкладання результуючої сили  $R$  на складові  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$

Вплив різних технологічних чинників на сили різання залежать від того, наскільки ці чинники змінюють умови пластичної і пружної деформації шару, що зрізається, і основного металу. Із збільшенням міцності і твердості оброблюваного металу, радіусу округлення ріжучої кромки, товщини шару, що зрізується (за рахунок збільшення подачі  $S$  або зменшення кута в плані  $\varphi$ ) сили різання збільшуються, а із збільшенням переднього і заднього кутів – зменшуються. Із збільшенням швидкості різання росте температура шару, що деформується, зменшуються зона деформації і коефіцієнт тертя, що в цілому знижує зусилля, необхідні для деформації та пружнопластичності металу. В області швидкостей різання, в якій утворюється нарід, сили різання менші, ніж області швидкостей, де він відсутній.

Застосування ЗОР завжди зменшує сили різання.

Температура різання. В процесі різання відбувається перетворення механічної енергії деформації і тертя в теплову. Виникаюче тепло нагріває контактні поверхні стружки і інструменту та робить вплив на процес деформації оброблюваного металу і тертя на контактних поверхнях.

Три джерела тепла утворюють температурне поле в зоні різання (рис. 15): тепло, що виникає в зоні пластичної деформації металу  $Q_{n.d}$ ; тепло, що виникає в результаті тертя стружки і передньої поверхні інструменту  $Q_T$ ; тепло, що є результатом пружної деформації обробленої поверхні і її тертя із задньою поверхнею інструменту  $Q_{y.d}$ .

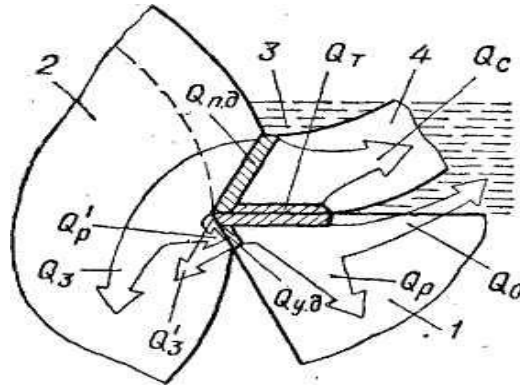


Рис. 15. Схема розповсюдження теплових потоків через контактні поверхні різця:  
1 – різець; 2 – оброблювальна деталь; 3 – навколишнє середовище; 4 – стружка.

Кількість тепла  $Q_{n.d}$ , що утворюється, залежить від механічних властивостей оброблюваного металу, режиму різання і геометрії інструменту. Чим вища межа міцності  $\sigma_s$  і твердість  $HB$  заготовки, тим більше зусилля, необхідне для здійснення деформації, пружно-пластичності, і тим більше тепла виділяється в процесі різання. Збільшення швидкості різання, товщини і ширини шару, що зрізається, також підвищує інтенсивність тепловиділення.

На величину тепла  $Q_T$  впливають всі чинники, від яких залежить питома сила різання. Із збільшенням цієї сили і швидкості різання підвищується робота по подоланню сил тертя на ділянці, контакту стружки і передньої поверхні різця, що в свою чергу збільшуватиме кількість тепла, що виділяється.

Інтенсивність виділення тепла  $Q_{y.d}$  з боку задньої поверхні значно менша попередніх джерел і залежить від швидкості різання заднього кута і пружних властивостей оброблюваного матеріалу.

Безпосередньо на знос інструменту впливає температура на ділянках контакту інструменту з стружкою та із заготівкою, яка може досягати високих значень. Величина і розподіл температури залежать не тільки від кількості утвореного тепла, але і від інтенсивності теплообміну. Як показано на рис. 15, один тепловий потік  $Q_c$  направлений в стружку, інший  $Q_p$  – в тіло різця, третій  $Q_3$  – у тіло заготівки.

Частина тепла, що переходить в інструмент у вигляді потоку  $Q_o$ , переходить в навколишнє середовище, а у вигляді потоку  $Q'_3$  – в деталь; Назустріч потоку  $Q'_3$  направлений потік, що є частиною тепла заготовки. Зі сказаного вище слідує:

1. Чим вищі теплопровідність і теплоємність матеріалу заготовки і ріжучого інструменту, тим інтенсивніший тепловідвід від джерел утворення тепла і тим нижча температура різання.

2. Якщо  $Q'_3 > Q'_p$ , то результуючий потік буде направлений в деталь, отже деталь слугитиме своєрідним охолоджувачем для різця. Дослідження показують, що така умова виникає при обробці з високими швидкостями різання і цим можна скористатися для зниження температури різання.

Як один з методів зниження температури вчені пропонують створення на інструменті малонавантажених тепловідвідних кромки, наприклад допоміжних.

Встановлено, що робота прорізними і відрізними різцями без допоміжних кутів в плані за наявності задніх допоміжних кутів підвищує їх стійкість в 2-3 рази в результаті поліпшення тепловідвода від куточків різця.

3. Застосування ЗОР збільшує інтенсивність потоку  $Q_o$ , а значить, знижує температуру різання. Необхідно відзначити дуже важливий для практики висновок, зроблений вченими: для зниження температури на поверхнях інструменту, що зношуються, необхідно інтенсивніше охолоджувати інструмент, а не стружку і деталь [21].

Зношення ріжучого інструменту. В процесі різання зношенню піддаються контактні ділянки на передній і задній поверхнях інструменту в результаті їх взаємодії з оброблюваним матеріалом.

Основними причинами, що викликають знос інструменту, є абразивна дія оброблюваного матеріалу, адгезія (схоплювання), дифузія (взаємне розчинення оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту) та окислювальні процеси.

Абразивний знос відбувається в результаті впровадження твердих включень оброблюваного матеріалу в контактні поверхні інструменту і царапання (зрізають) мікроскопічних об'ємів матеріалу інструменту. Особливо сильно абразивний знос виявляється, коли твердість ріжучої частини інструменту в процесі різання (нагріву) падає і матеріал, що зрізається, зміцнюється, а також при обробці матеріалів з абразивними включеннями, наприклад чавунного литва, силуміну.

Адгезійний знос відбувається при ковзанні оброблюваного металу за матеріалом інструменту. Оскільки навіть найгладші поверхні мають шорсткості, то при їх зіткненні виникає високий тиск і відбувається пластичне зрізання металу. В результаті цього утворюється контакт металів з хімічно чистими поверхнями, між якими відбувається молекулярне зчеплення (схоплювання) і відрив частинок з контактуючих поверхонь. Утворення і зрив наросту сприяють збільшенню адгезійного зносу, оскільки разом з наростом відриваються і значні частинки з поверхні інструменту. Цим пояснюється зменшення стійкості твердосплавного інструменту при роботі з малими швидкостями різання.

Дифузійний знос є результатом взаємного розчинення оброблюваного матеріалу інструменту і віднесення розчиненого матеріалу стружкою. Такий знос переважає при обробці твердосплавним інструментом на високих швидкостях різання. Інтенсивність дифузійного зносу залежить від того, наскільки інструментальний матеріал інертний до дифузійної взаємодії з оброблюваним матеріалом.

Залежно від режимів різання і властивостей інструментального і оброблюваного матеріалу спостерігаються три різновиди зносу, схематично показані на рис. 16.

Переважаючий знос по задній поверхні відбувається при малих подачах (товщина шару, що зрізається, не більша 0,15 мм), переважно при обробці крихких матеріалів, і є ділянкою зносу шириною  $h_3$  із заднім кутом  $\alpha=0^\circ$  (рис. 16,а). Знос по передній поверхні в цьому випадку є, проте він незначний. Із збільшенням подачі зростають сила тиску стружки на передню поверхню і температура на ділянці контакту, внаслідок чого починає інтенсивно зношуватися передня поверхня. Таким чином, відбувається одночасний знос по задній і по передній поверхнях (рис. 16,б). Переважаючий знос по передній поверхні (рис. 16,в) має місце порівняно рідко, коли задня поверхня оберігається від зносу наростом ( $v=20-40$  м/хв) або коли температура на майданчиках контакту передньої поверхні значно більша, чим задньої, наприклад при обробці титанових сплавів.

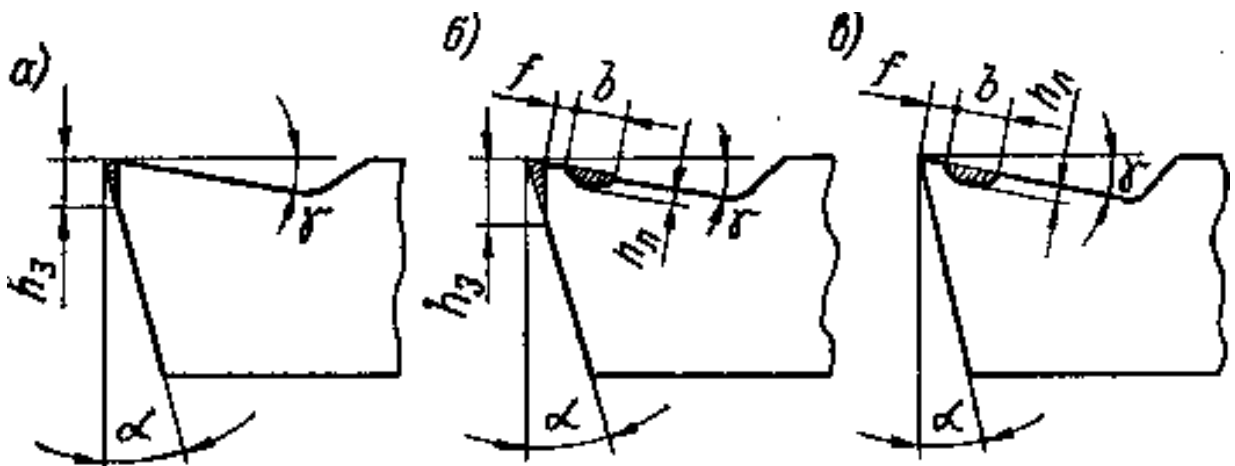


Рис. 16. Різновид зносу інструменту: а – переважаючого по задній поверхні; б – переважаючого по задній і передній поверхні; в – переважаючого по передній поверхні

Зношування на передній поверхні відбувається з утворенням лунки на деякій відстані від ріжучої кромки. В процесі різання ширина лунки  $b$  і глибина  $h_3$  збільшуються, а ділянка між лункою і ріжучою кромкою шириною

$f$  поступово зменшується, знижується міцність ріжучого леза, і в певний момент може відбутися його руйнування. Щоб не допустити руйнування ріжучого леза, роботу інструменту припиняють досягши певного розміру ділянок зносу, який називається допустимим розміром зносу або критерієм зносу, після чого інструмент переточують. Необхідність переточування інструменту може бути викликана не тільки критичним зносом, але і іншими причинами, такими, як викришування, сколювання, пластична деформація і руйнування ріжучої кромки. Викришування і сколювання ріжучих кромок звичайно спостерігаються у твердосплавних інструментів, а також у інструментів, оснащених мінералокерамікою і композитом, при заточуванні або в процесі обробки тріщин і крихкого руйнування кромок. При чистовій розмірній обробці причинами переточування можуть бути погіршення шорсткості або зміна розміру обробки вища за допустимі значення.

Критерії зносу приймається як знос по задній поверхні  $h_3$ , величина якого приводиться в нормативах режимів різання [18, 22].

Як критерій при чистовій обробці приймається радіальний знос на перехідній ріжучій кромці, що бере участь в профілізації обробленої поверхні. Цей знос протікає нерівномірно. У перший період роботи інструменту, коли відбувається прироблення леза, знос протікає швидко. Час роботи на цій ділянці нетривалий, а шлях різання складає 1000-1500 м. Другий період відповідає нормальному зносу інструменту, який протікає рівномірно і з меншою інтенсивністю. На третій ділянці інтенсивність зносу різко зростає. Звичайно чистову і тонку обробку рекомендується проводити інструментом після його прироблення. Час прироблення при швидкості різання 100 м/хв складає приблизно 10 хв.



## 1.4 Стійкість інструменту

Стійкістю називається час роботи інструменту між переточуваннями, тобто час від початку роботи знов заточеного інструменту до моменту, коли його знос досягне критичного (допустимого) значення. При визначенні стійкості враховується тільки час безпосередньої участі інструменту в різанні. Залежно від критерію зносу розрізняють два види стійкості: фізичну, коли критерію приймають як допустимий знос по задній поверхні  $h_3$ , і розмірну, яка визначається після досягнення допустимого значення радіального зносу.

Стійкість – це важливий технологічний чинник, що впливає на продуктивність і вартість обробки різанням. Чим вища стійкість інструменту, тим менші втрати часу, пов'язані з його заточуванням і налагодженням на верстаті. Тому необхідно прагнути працювати інструментами, з вищими стійкісними властивостями, якщо інші їх властивості, наприклад підвищення крихкості, не перешкоджають використанню на даній операції.

Стійкість інструменту не є постійною величиною і залежить від різних умов обробки, таких, як режим різання, властивості оброблюваного матеріалу, жорсткість устаткування, а також від вживаних ЗОР і геометрії заточування.

Швидкість різання чинить найбільший вплив на стійкість інструменту.

На рис. 17 показані як приклад крива залежності стійкості від швидкості різання при обробці сталі 40Х різцями з швидкорізальної сталі Р18 і твердого сплаву Т15К6 (глибина різання  $t=1$  мм, подача  $S = 0,1$  мм/об) [13]. Як видно з малюнка, для інструментів з швидкорізальної сталі завжди більшій швидкості різання відповідає менша стійкість. Це пояснюється описаним раніше характером впливу швидкості різання на температуру контактних поверхонь інструменту і невисокою теплостійкістю швидко-ріжучої сталі.

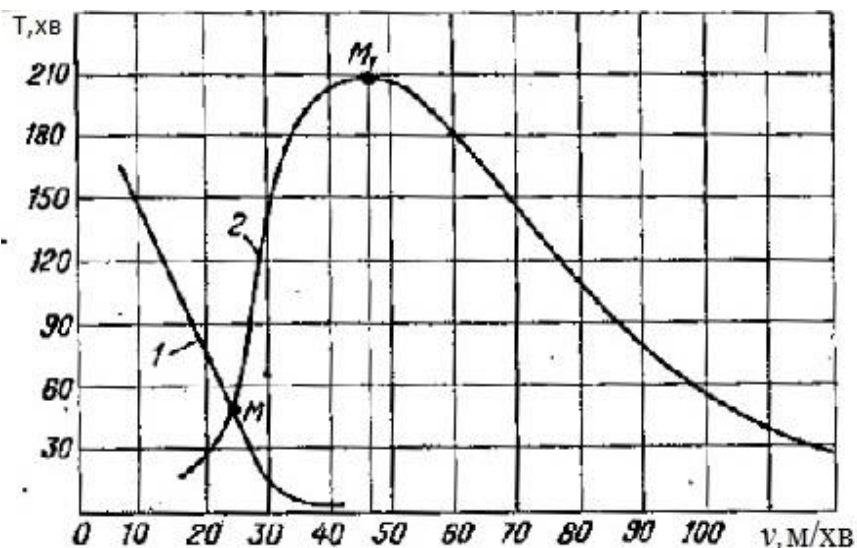


Рис. 17. Залежність стійкості різця від швидкості різання:  
1 – для різця із сталі P18; 2 – для різця з твердого сплаву T15K6

При обробці деталей твердосплавним інструментом залежність стійкості від швидкості різання носить складніший характер. Тут із збільшенням швидкості різання мають місце і підвищення і зниження стійкості, що пояснюється зміною характеру протікання різних явищ при різанні (утворення наросту, усадка стружки, зміна твердості і міцності контактних поверхонь інструменту і стружки, зусиль різання, ширини ділянки контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, тощо).

У показаному прикладі із зміною швидкості різання від 15 до 50 м/хв стійкість різця збільшується, при подальшому збільшенні швидкості вона зменшується.

Перша зона швидкостей, до точки  $M_1$  є зоною нераціонального використання інструменту. Завжди необхідно прагнути працювати в другій зоні швидкостей, після точки  $M_1$ . Так, наприклад, однакової стійкості 60 хв в першій зоні відповідає швидкість різання приблизно 25 м/хв, тоді як в другій – 98 м/хв.

Графік показує також, що при малих швидкостях (ліворуч від точки  $M$ ) ефективніша робота швидкорізальним інструментом, який до того ж має велику міцність і надійність в роботі.

Швидкості різання, відповідні найвищій стійкості, залежать від умов обробки і марки інструментального матеріалу.

В учбовій і довідковій літературі співвідношення між стійкістю і швидкістю різання дається для областей раціонального використання інструменту, тобто для ділянки кривої після точки  $M_1$  (див. рис. 17). Це співвідношення виражається формулами:

$$v = \frac{C}{T^m} \text{ або } vT^m = Z$$

де  $Z$  – постійна величина для конкретних умов обробки;

$m$  – показник відносної стійкості, що характеризує вплив стійкості на швидкість різання.

Графічна залежність  $v - T$  зображується в логарифмічних координатах у вигляді прямої (рис. 18), тангенс кута нахилу якої рівний показнику  $m$ . Цей кут завжди менший за  $45^\circ$ , а отже  $m$  менша одиниці (табл. 1), тому навіть незначна зміна швидкості різання приводить до істотної зміни стійкості інструменту.

Якщо відома швидкість різання  $v_1$  відповідна певній стійкості  $T_1$ , то значення стійкості  $T_2$  при зміні швидкості різання  $v_1$  на  $v_2$  можна визначити по формулі:

$$T_2 = T_1 \left( \frac{v_1}{v_2} \right)^{\frac{1}{m}}$$

Розглянемо приклад. Припустимо, необхідно визначити стійкість  $T$  твердосплавного різця при обробці сталевий заготовки на швидкості  $v = 150$  м/хв, якщо стійкості  $T_H = 60$  хв відповідає швидкість різання  $v_H = 120$  м/хв. Приймаючи по табл. 1  $m = 0,25$ , одержимо:

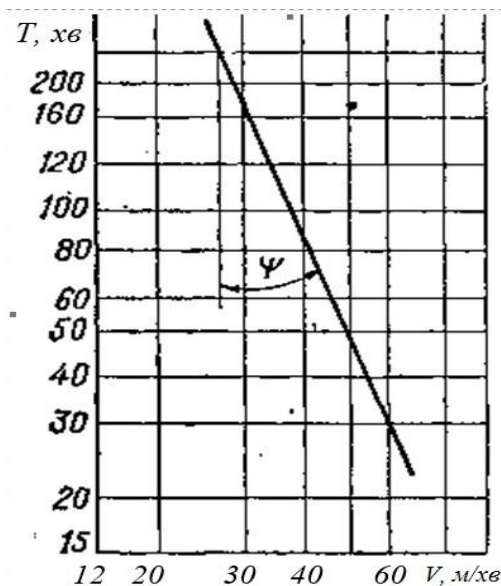
$$T = 60 * 0,84.$$

З розрахунку видно, що із збільшенням швидкості в 1,25 рази швидкість різання в 2 рази ( $v = 240$  м/хв), то стійкість зменшиться в 16 разів і складе близько 4 хв. Подача також впливає на стійкість інструменту, проте у меншій мірі. Із збільшенням подачі збільшуються довжина контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і температурою в зоні різання, при цьому стійкість зменшується.

Таблиця 1.

**Нормативні значення показника стійкості  $m$  для різних інструментів і оброблюваних матеріалів**

Ріжучий інструмент	Матеріали інструменту	Оброблюваний матеріал		
		сталь конструкційна, вуглецева і легована $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$	сталь нержавіюча	чавун сірий НВ 190
Різці	Швидкоріжуча сталь	0,125-0,3	0,15	0,15
	Твердий сплав	0,18-0,2		0,2-0,28
Фрези	Швидкоріжуча сталь	0,2-0,33	0,14-0,27	0,15-0,25
	Твердий сплав		0,32	0,32-0,42
Свердла	Швидкоріжуча сталь	0,2	0,12	0,125
	Твердий сплав	—	—	0,4
Зенкери	Швидкоріжуча сталь	0,3	0,12	0,125.
	Твердий сплав	—	—	0,4
Розвертки Мітчики	Швидкоріжуча сталь	0,4	0,12	0,3
		0,9	—	0,6
Плашки		0,5		—

Рис. 18. Залежність  $v$ - $T$ , побудована в логарифмічній сітці

Глибина різання в більшості випадків мало впливає на стійкість. Формула прикладу залежності стійкості від режиму різання при обробці сталі тврдосплавним різцем така:

$$T = \frac{C}{v^4 S^{1.5} t^{0.75}}$$

Подача також впливає на стійкість інструменту, проте у меншій мірі. Із збільшенням подачі збільшуються довжина контакту стружки з передньою поверхнею інструменту і температурою в зоні різання, при цьому стійкість зменшується.

Глибина різання в більшості випадків мало впливає на стійкість. При збільшенні кожного з елементів режиму різання в 2 рази стійкість зменшиться в 16 разів за рахунок швидкості різання, майже в 3 рази за рахунок подачі і лише в 1,7 разу за рахунок глибини. Звідси витікає, що при вибраній стійкості доцільно працювати з максимально допустимими міцністю інструменту, жорсткістю верстата і вимогами до точності і шорсткості оброблюваної поверхні, подачі і глибині різання, але при дещо зменшеній швидкості різання.

Оброблюваний матеріал. Фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу роблять великий вплив на стійкість, яка зменшується із збільшенням міцності матеріалу, має схильність до зміцнення і зварювання (адгезії) з ріжучим інструментом, в'язкості. Низька теплопровідність оброблюваного матеріалу також сприяє зменшенню стійкості.

Залежність стійкості від переднього кута  $\gamma$  показана на рис. 19. Із збільшенням переднього кута зменшуються зусилля і температура різання, але зменшуються також міцність ріжучої кромки та інтенсивність відведення тепла із-за зменшення кута загострення інструменту. Тому стійкість спочатку підвищується, а потім знижується. Передній кут, що відповідає найвищій точці, є оптимальним.

Для кожного поєднання умов обробки є своє оптимальне значення переднього кута, при якому стійкість, а отже, і швидкість різання будуть найбільшими.

Збільшення заднього кута  $\alpha$  зменшує тертя контактних поверхонь інструменту і заготовки, що знижує знос і підвищує стійкість. Разом з тим після певного значення заднього кута стійкість починає зменшуватися внаслідок зниження міцності ріжучої кромки і її викривлення.

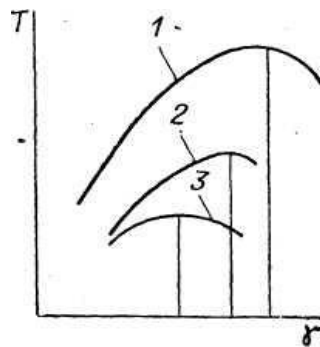


Рис. 19. Залежність стійкості від переднього кута  $\gamma$

Найбільше впливає на стійкість головний кут в плані. Від його величини залежить товщина шару  $a$ , що зрізається, (при однаковій глибині різання і подачі – див. рис. 10) і кут при вершині  $\varepsilon$ . Отже, із зменшенням кута  $\varphi$  стійкість підвищується, оскільки зменшується  $a$  і збільшується  $\varepsilon$ , а це означає, що зменшується температура ріжучої кромки і поліпшується тепловідведення.

Звичайно вплив кута  $\varphi$  на стійкість виражається у вигляді коефіцієнтів зміни швидкості різання або подачі при однаковій стійкості. Ці коефіцієнти мають наступні значення:

Головний кут в плані $\varphi^0$	10	15	30	45	60	75	90
Коефіцієнт зміни швидкостей різання при точінні	1,55	1,4	1,13	1	0,92	0,86	0,84
Коефіцієнт зміни подачі при фрезеруванні	4	2,8	1,5	1	1	...	0,7

Допоміжний кут в плані  $\varphi_1$  мало впливає на стійкість. Цей вплив виражається в зміні умов тепловідводу. Із збільшенням кута  $\varphi_1$  тепловідведення зменшується і тому стійкість знижується.

## 1.5 Змащувально-охолоджуючі рідини

Сучасні змащувально-охолоджуючі рідини – це складні багатокомпонентні (в середньому 8-10 складових) з'єднання продуктів нафтохімічного і хімічного виробництва. Вони володіють рядом властивостей, що забезпечує при введенні їх в зону різання підвищення стійкості інструменту, поліпшення якості обробленої поверхні, зменшення сил різання а також вони сприяють видаленню стружки.

У основі дії ЗОР на процес різання лежать три ефекти: змащувальний, охолоджуючий і миючий.

Змащувальний ефект ЗОР полягає в зменшенні сил адгезії і тертя на поверхнях контакту ріжучого інструменту з оброблюваним матеріалом внаслідок утворення адсорбованих плівок, а також плівок хімічних сполук. Необхідною умовою для прояву змащувальної дії ЗОР є здатність речовин, що входять в їх склад, проникати по капілярах (каналах) на поверхні контакту ріжучого інструменту і оброблюваного матеріалу. При цьому проникненню ЗОР можуть сприяти вакуум, різниця тиску, сили хімічної взаємодії, адсорбційні явища, зовнішні електричні і магнітні поля, вібрації і інші чинники.

Охолоджуючий ефект ЗОР полягає в зниженні температури в зоні контакту ріжучого інструменту з оброблюваним матеріалом внаслідок зменшення тепловиділення і поліпшення тепловідводу. Зменшення тепловиділення відбувається завдяки впливу ЗОР на міцність відокремлюваного шару металу і підвищення його крихкості, тобто зменшенню роботи, що витрачається на різання.

Інтенсивність тепловідводу в основному залежить від теплопровідності і швидкості руху ЗОР що до нагрітих поверхонь деталі та інструменту. Крім того, на тепловідведення впливає теплоємність, щільність і в'язкість ЗОР, а також різниця температур охолоджуваних поверхонь і потоку охолоджуючої рідини. Якщо в зоні обробки рідина, що поступає, випаровується, то

відведення тепла збільшується внаслідок споживання тепла на пароутворення.

При безперервних процесах різання ЗОР практично не досягає ділянок контакту інструменту з обробленою поверхнею і стружкою. Тому зниження температури в зоні різання відбувається за рахунок охолодження маси деталі і тіла інструменту. Охолоджуюча дія ЗОР в цьому випадку залежить від інтенсивності і способу підведення її в зону різання. Ефективність охолодження, наприклад, може бути збільшена подачею ЗОР під високим тиском з боку задньої поверхні чи ж подачею її в розпорошеному вигляді. Необхідно відзначити також, що охолоджуюча здатність емульсії і її водних розчинів в багато разів вища за масляні рідини.

Миючий ефект ЗОР полягає в забезпеченні безперервного видалення із зони обробки продуктів різання: частинок зносу інструменту, дрібної стружки і пилу, карбідів, виламаних із структури оброблюваного металу. Особливо необхідна миюча дія ЗОР при виконанні фінішних операцій, оскільки скупчення продуктів зносу на різучих елементах знижує стійкість інструменту і якість обробленої поверхні.

Застосування ЗОР не завжди дає позитивний результат. Так, хімічно активні речовини при різанні швидкорізальним інструментом у багатьох випадках знижують стійкість інструменту внаслідок збільшення абразивно-хімічного зносу, а також зменшення захисної дії наросту на контактних поверхнях.

Особливо значний прояв негативного впливу ЗОР на стійкість при малих швидкостях різання.

Зіставлення стійкості швидкорізального різця при обробці сталі 40Х з охолодженням і без охолодження показує, що до певного значення швидкості різання охолодження емульсією знижує стійкість інструменту. При цьому чим більший переріз зрізу ( $axb$ ), тим нижча швидкість, до якої ЗОР робить негативний вплив.



Приблизно такий же характер носить вплив ЗОР на стійкість твердосплавних різців. До швидкості приблизно 80 м/хв робота без охолодження дає вищу стійкість, ніж з охолодженням поливом. Після даної швидкості починає виявлятися що охолоджує дію ЗОР. Проте охолодження розпорошеної ЗОР до швидкості 100 м/хв дає значне підвищення стійкості в порівнянні з охолодженням поливом. Після швидкості 100 м/хв найбільш ефективним є охолодження поливом.

Вибір ЗОР або визначення доцільності її застосування залежить від конкретних умов різання (виду обробки, оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту, режимів різання, тощо).

У промисловості застосовуються два основні види ЗОР: масляні і водорозчинні.

Масляні ЗОР складаються з мінерального масла (від 60 до 95%) і різних присадок: антифрикційних, антизносу, антизадирних, антипінних і антитуманних інгібіторів корозії. Масляні ЗОР володіють найбільш високою змащувальною дією і застосовуються в основному при обробці швидкорізальним інструментом на низькій швидкості різання і коли необхідно понизити шорсткість обробленої поверхні.

Водорозчинні емульсії містять 70-85% мінерального масла і 30-15% емульгаторів разом з різними присадками. З емульсій готуються водні емульсії (звичайно 1-10%-ві).

Завдяки змащувальній і високій охолоджуючій дії емульсії одержали в металообробці найбільш широке застосування.

Основні ЗОР, допущені Мінохоронздоров'я до широкого впровадження, приведені нижче.

Сульфозфрезол (ГОСТ 122-54) – осірчене мінеральне мастило середньої в'язкості. Недоліком сульфозфрезолу є те, що він може викликати корозію кольорових металів і шкірні захворювання.

МР-1 (ТУ 38-101247-73) – середньов'язке мінеральне мастило з антизадирними та присадками антизносу, що містять сірку, хлор і фосфор.

Вони ефективні при обробці вуглецевих і легованих сталей на підвищених режимах ( $v = 40$  м/хв), та в порівнянні з сульфозфрезолом покращують санітарно-гігієнічні умови праці.

ОСМ-3 (ТУ 38-УРСР 201152-75) – малов'язке мінеральне масло з антизадирними та присадками антизносу, що містять хлор і фосфор. Ефективні при обробці вуглецевих і легованих сталей на легких і середніх режимах різання інструментами з швидкорізальних сталей.

Е-1, Е-2 і Е-3 (ГОСТ 1975-5) – емульсії з низькими технологічними і функціональними властивостями.

ЕТ-2 (ТУ 38-1-228-69) – емульсія, що має стабільніші властивості, ніж Е-1, Е-2 і Е-3.

Дані емульсії застосовуються при точінні, свердленні, фрезеруванні, розгортанні конструкційних, легованих і важкооброблюваних сталей і сплавів.

Укринол-1 (ТУ 38-101197-76) – емульсія на основі мінерального масла, емульгаторів і інгібіторів корозії. Володіє високими експлуатаційними і антикорозійними властивостями. В порівнянні з емульсією ЕТ-2 підвищує стійкість при обробці твердосплавним інструментом в 1,5-3 рази.

РЗ-ЗОР8 (ТУ 38-101258-74) – емульсія на базі ЕТ-2, активованого кристалічним йодом. Ефективний при обробці титанових сплавів. При фрезеруванні, свердленні і розгортанні титанових сплавів ВТ5, ВТ14 і ВТ20 застосовується 5-10%-вий розчин емульсії РЗ-ЗОР8 замість емульсії ЕТ-2 підвищує стійкість інструменту в 2-4 рази.

Підведення ЗОР в зону різання може здійснюватися поливом, коли рідина подається у вигляді струменя на інструмент і деталь в зону утворення стружки, а також у вигляді розпорошеної рідини в суміші з повітрям. Особливо ефективна подача ЗОР через внутрішні канали інструменту. Так, стійкість свердел з отворами для підведення ЗОР не більше, ніж в 8 разів перевищує стійкість стандартних свердел, а глибина свердління без виведень свердла збільшується до 5-7 діаметрів [29].

Для охолодження застосовують також газові засоби (кисень, повітря, вуглекислоту, азот), які у вигляді струменя підводяться в зону різання, Також використовують тверді змащувальні засоби або у вигляді плівок, що наносяться на ріжучі поверхні інструменту, або у вигляді дрібних частинок, що додаються в ЗОР. Особливо ефективно охолодження газовими засобами при низьких температурах – від - 10 до - 16°С.

## 1.6 Оброблюваність металів різанням

Оброблюваність – одна з найважливіших технологічних властивостей металу, що характеризують сукупність його якостей, які визначають продуктивність обробки і залежать в основному від хімічного складу і структурного стану металу. Оброблюваність одного і того ж металу може істотно відрізнятись залежно від видів обробки, інструментальних матеріалів, конструкційних особливостей ріжучих інструментів.

Оброблюваність кожного конкретного металу може оцінюватися одним або декількома критеріями: 1) стійкістю інструменту; 2) граничною або оптимальною швидкістю різання; 3) силами різання; 4) шорсткістю поверхні, обробленої при певних режимах різання; 5) формою стружки.

Всі ці критерії по можливості враховуються при визначенні оброблюваності кожної групи металів. На підставі даних про оброблюваність складаються нормативи режимів різання або рекомендації по вибору режимів різання для конкретних умов обробки.

Розглянемо деякі особливості обробки ряду матеріалів.

Алюміній і його сплави. Більшість алюмінієвих сплавів мають хорошу оброблюваність і допускають роботу твердосплавним інструментом з швидкостями до 600 м/хв, а швидкорізальним – до 300 м/хв при високій стійкості. Виняток становлять ливарні сплави (силуміни), в структурі яких є великі кристали кремнію, які підвищують знос інструменту по задній поверхні і температуру ріжучої кромки інструменту. Сили

різання при обробці алюмінієвих сплавів малі, це обумовлює ефективність застосування інструментів, оснащених алмазом або композитом.

Недоліком алюмінію і деяких його сплавів є утворення сильно деформованої стружки, відведення якої важке. Така стружка може пакетуватися (при обробці багатолезовим інструментом) і викликати поломки інструменту.

Мідь і мідні сплави. Мідь і її сплави, що не мають значних ливарних включень, відносяться до легкооброблюваних металів. Для обробки цих матеріалів застосовуються твердосплавні інструменти з швидкорізальних сталей. Використання алмазних різців дозволяє одержувати дзеркальні поверхні після обробки. Рекомендовані швидкості різання для твердосплавних інструментів – до 700 м/хв, для швидкорізальних – до 160 м/хв.

Конструкційні вуглецеві і леговані сталі. До цієї групи входять вуглецеві сталі звичайної якості, вуглецеві якісні сталі, автоматні, хромисті, марганцевисті та інші. Їх оброблюваність оцінюється за трьома показниками: максимальній швидкості різання при заданій, оптимальній стійкості інструменту, характеру стружкоутворення і шорсткості обробленої поверхні.

У основу нормативів режимів різання покладені залежності оброблюваності від твердості та межі міцності для чавуну і різних груп сталей. Практично у всіх випадках обробки (за винятком свердління і фрезерування маловуглецевих сталей) із збільшенням межі міцності  $\sigma_s$  нормативна швидкість різання зменшується.

Звичайно оброблюваність даного металу оцінюється по коефіцієнту швидкості  $K_v$  та відношенню до оброблюваності конструкційної сталі марки 45 з  $\sigma_s=75$  кгс/мм<sup>2</sup>. Значення  $K_v$  залежно від межі міцності вуглецевих сталей (СК0,6%) типу Ст 10, 20, 45, 60 при даних видах обробки наведені в табл. 2.

Як видно з таблиці, при обробці різанням більшому значенню  $\sigma_b$  завжди відповідає менша швидкість різання, за винятком фрезерування і свердління сталі з  $\sigma_b < 55$  кгс/мм<sup>2</sup> швидкорізальним інструментом.

Окрім твердості на оброблюваність сталей впливає їх хімічний склад, зокрема наявність легуючих елементів. Щоб приблизно оцінити оброблюваність деяких груп легованих сталей, в табл. 3 приведені порівняльні коефіцієнти  $K_v$  при однаковій міцності сталей ( $\sigma_b = 75$  кгс/мм<sup>2</sup>).

Таблиця 2.

**Значення коефіцієнтів зміни швидкості різання  $K_v$  залежно від міцності конструкційної вуглецевої сталі і умов обробки**

$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Твердосплавний інструмент		Швидкорізальний інструмент	
	Точіння	Торцеве фрезерування	Точіння	Свердління і торцеве фрезерування
45	2,16	1,67	2,40	0,63
50	1,84	1,56	2,03	0,68
55	1,58	1,36	1,69	1,35
60	1,40	1,25	1,47	1,26
65	1,25	1,16	1,27	1,17
70	1,11	1,07	1,09	1,08
75	1,00	1,00	1,00	1,00
80	0,91	0,94	0,88	0,94
85	0,83	0,88	0,80	0,89
90	0,76	0,83	0,72	0,84
95	0,70	0,79	0,66	0,62 (0,81)
100	0,63	0,75	0,60	0,57 (0,77)
105	0,60	0,71	0,55	0,51 (0,74)
110	0,56	0,68	0,51	0,46 (0,71)
115	0,52	0,65	-	-
120	0,48	0,62	-	-

Примітка. У дужках приведені значення  $K_v$  при свердлінні.

**Порівняльні значення коефіцієнта  $K_v$  для різних груп сталей з межею міцності розтягування  $\sigma_b = 75 \text{ кгс/мм}^2$**

Група сталей	Типові марки	Коефіцієнт $K_v$		
		Точіння	Свердління	Горцеве фрезерування
Вуглецеві	Ст. 0; Ст. 2; 10; 20; 45	1,00	1,00	1,00
Автоматні	A12; A30	1,20	1,20	—
Хромонікелеві	12ХН2; 40ХН; 12ХН3А	1,00	0,90	0,90
Хромисті	20Х; 40Х; 45ХЦ; ШХ15	0,85	0,85	0,85
Марганцевисті	20Г; 40Г; 65Г; 45Г2	0,80	0,75	0,85
Високовуглецеві ( $\text{З} > 0,6\%$ )	70; 75; 85; 75Л	0,80	0,80	0,80
Хромонікельвольфрамованадні	18Х2Н4ВА; 38ХН3ВА	—	0,70	—
Хромомолібденові, хромонікельмолібденові, хромоалюмінієві	20ХФ; 40ХФА; 30ХМ; 20ХНМ; 34ХН3МФ; 38ХВФЮА	0,80	0,70	0,75
Хромомарганцевисті, хромокремнієві, кремнієвомарганцеві	35ХГ2; 18ХГТ; 30ХГСА; 50ХГ; 38ХГСА; 20ХГСЛ	0,70	0,70	0,70

Кращу оброблюваність мають автоматні сталі, до складу яких спеціально вводяться сірка, свинець і марганець. Автоматні сталі широко застосовуються для отримання деталей на верстатах-автоматах. Вони допускають високі швидкості різання, забезпечують велику стійкість інструментів, кращу шорсткість обробленої поверхні і менші сили різання. Ще одна важлива якість автоматних сталей – утворення витії або роздробленої стружки, що легко видаляється.

Іноді основними чинниками оброблюваності є одержана після обробки шорсткість поверхні і характер стружкоутворення, тому доводиться варіювати глибиною, подачею і швидкістю різання, при цьому,

продуктивність обробки зазвичай погіршується. Дуже важко, наприклад, досягти високого ступеня шорсткості при обробці маловуглецевих сталей. Щоб поліпшити шорсткість, а також стружкоутворення, необхідно перед механічною обробкою піддавати заготовки нормалізації або відпалу, оскільки із збільшенням твердості сталі шорсткість зменшується.

Важкооброблювані сталі і сплави. У виготовленні сучасних машин і приладів все більш широке застосування знаходять сталі і сплави, що володіють особливими фізико-механічними властивостями, такими, наприклад, як корозійна стійкість в різних середовищах, теплостійкість, жароміцність, висока механічна міцність.

Підвищення фізико-механічних властивостей сталей пов'язане з погіршенням оброблюваності їх різанням. Швидкості різання при обробці деяких марок жароміцних сталей в 10-20 разів менші, ніж при обробці сталі 45. Тому такі сталі і сплави називають важкооброблюваними.

Всі важкооброблювані сталі розділені на вісім груп (табл. 4), в кожному з яких віднесені сталі і сплави однакового хімічного складу і механічних властивостей та приблизно однакової оброблюваності [22].

Сталі I групи мають задовільну оброблюваність, приблизно таку ж, як і вуглецеві сталі відповідної міцності. Вони не представляють труднощі для обробки різними видами інструменту.

Сталі II групи характеризуються високим вмістом хрому (більше 12%). Механічна обробка сталей марок 12X13, 20X13, 14X17H2, проводиться після відпалу ( $\sigma_s < 100$  кгс/мм<sup>2</sup>). Їх оброблюваність в 1,5-2 рази нижча, ніж сталі 45. Сталі інших марок цієї групи обробляються після термічної обробки до  $\sigma_s = 100-150$  кгс/мм<sup>2</sup>, тому вживані швидкості різання значно нижчі.

Таблиця 4.

## Оброблюваність різанням важкооброблюваних сталей і сплавів

Марка сталі	$\sigma_B$ кгс/мм <sup>2</sup>	Швидкість різання (м/хв) при обробці інструментом з		Коефіцієнт зміни швидкості в порівнянні зі сталлю	
		Твердого сплаву	Швидкоріжучі сталі		
Група I. Теплостійкі сталі					
34ХНЗМ, ХБСМ	>60	200-250	60-70	0,9	1,8
34ХНЗМФ, 20ХЗМВФ	>90	50-180	30-40	0,6	1,2
Група II. Корозійностійкі нержавіючі сталі					
2Х13, 25Х13Н2	60-100	170-200	35-50	0,7	1,4
20Х13, 1Х12Н2ВМФ	70-90	180-210	30-45	0,95	1,3
30Х13	>85	140-180	28-42	0,6	1,2
40Х13, 14Х17Н2	95-110	120-150	25-35	0,5	1,0
09Х16Н4Б	>100	130-160	28-38	0,55	1,1
07Х16Н6	>110	120-150	25-35	0,6	1,2
23Х13НВМФЛ	>85	140-180	28-42	0,5	1,0
ЭП311	175	35-45	7-10	0,15	0,3
Група III. Корозійностійкі, кислотостійкі і жаростійкі сталі					
12Х18Н10Т, 20Х23М18	55	120-150	25-35	0,5	1,0
12Х21Н5Т, Х15Н9Ю					
Х17Н5М3	70—110	100-130	20-32	0,42	0,85
Група IV. Жароміцні, жаростійкі і кислотостійкі, сталі					
45Х14ІІ4В2М	70	100-120	20-28	0,40	0,80
08Х15Н24В4ТР	70	70-90	15-25	0,30	0,60
ЭИ395, 07Х21Г7АН5	80-100	80-100	15-25	0,30	0,60
12Х25Н16Г7АР	80	80-100	15-25	0,30	0,60



## Продовження таблиці 4.

Марка сталі	$\sigma_b$ кгс/мм <sup>2</sup>	Швидкість різання (м/хв) при обробці інструментом з		Коефіцієнт зміни швидкості в порівнянні зі сталлю	
		Твердого сплаву	Швидкорі жучої сталі		
37X12H8Г8МФБ 10X11И20ГЗР	90	50-60	12-20	0,23	0,45
Група V. Жароміцні сплави, що деформуються					
36НХТЮ, ХН60В ХН77ТЮ	80-120	40-50	8-12	0,16	0,32
ХН35ВТЮ, ЭП99	95-130	22-28	6-10	0,12	0,24
ХН56ВМТЮ	90	20-25	6-10	0,10	0,20
ХН75ВМЮ, ХН60ВМТЮ	100	18-20	5-10	0,08	0,15
ХН82ТЮМБ	115-135	18-20	—	—	
Група VI. Окалиностійкі жароміцні сталі					
ВЖ36-ЛІ2, АНВ-300 ЖС6К, ЖСЗДК ХН67ВМТЮД	75-100	18-20	—	0,05	0,10
Група VII. Титанові сплави					
ВТ-1, ВТ1-1, ВТ1-2 ВТ3, ВТ3-1	45-70	100-150	30-40	0,6	1,2
	95-120	50-70	18-25	0,28	0,56
ОТ4, ВТ-5 ВТ4-1, ВТ5-1 ВТ6, ВТ6С, ВТ14, ВТ15 ВТ14, ВТ15	65-95	70-100	25-35	0,40	0,80
	90-100	50-80	20-30	0,32	0,64
	115-150	45-60	15-20	0,24	0,48
Група VIII. Високоміцні					
28ХЗСНМВФА	К160	45-60	15-20	0,22	0,44
33ХЗСНМВФА	170	40-45	4-5	0,18	0,36
42Х2ГСНМ	190	28-38	2-3	0,14	0,28
38Х5МСФА	195	25-35	1-2	0,13	0,25
43ХСНМВФА	210	20-30	-	0,12	0,24

Примітка. Вказані в таблиці значення  $\sigma_b$  набуті в результаті відповідної термообробки сталей і сплавів.

При фрезеруванні площин і уступів з великими значеннями ширини фрезерування та нарізуванні різьби в деталях із сталей II групи виникають труднощі в отриманні високого класу шорсткості із-за підвищеної в'язкості матеріалу. Для підвищення шорсткості в даному випадку необхідно застосовувати метод попутного фрезерування, підбирати відповідні ЗОР і режим різання.

Сталі III і IV груп характеризуються високою схильністю до налипання на інструмент в зоні контакту стружки з передньою поверхнею і викликають підвищений знос інструменту. Крім того, ці сталі піддаються значному зміцненню при обробці різанням, що ще більше підсилює знос інструменту при багатопрохідній обробці. Швидкості різання для сталей III групи в 2 рази, а IV групи в 3-4 рази нижчі, ніж для сталі 45.

Для зменшення ступеня зміцнення обробленої поверхні рекомендується працювати гостро заточеним інструментом і не доводити його до великого зносу по задній грані.

До V групи віднесені жароміцні сплави на нікелевій і залізонікелевій основах, що деформуються, леговані великою кількістю хрому. У їх склад входять в невеликих кількостях титан, алюміній, вольфрам, молібден і інші елементи.

Як і нержавіючі сталі, жароміцні сплави, що деформуються, мають підвищену схильність до налипання, що викликає адгезійний знос інструменту. Деталі з цих сплавів рекомендуються при безперервному різанні обробляти інструментом з твердого сплаву, при переривистому різанні, фрезеруванні – швидкорізальним інструментом.

Оброблюваність сплавів V групи дуже низька. Швидкості різання в 7-12 разів нижчі, ніж при обробці сталі 45.

Значно гірше обробляються жароміцні ливарні сплави VI групи через наявність в них великої кількості карбідних включень, що швидко зношують інструмент. Тому застосування швидкорізальних інструментів практично

неможливе. Оброблюваність цих сплавів твердосплавним інструментом в 12-20 разів гірша, ніж сталі 45.

Групу VII представляють титанові сплави. У промисловості застосовується більше 30 марок титанових сплавів з широким діапазоном оброблюваності різанням, залежної в основному від межі міцності  $\sigma_s$ . Деталі з титанових сплавів з  $\sigma_s \leq 100$  кгс/мм<sup>2</sup> за відсутності кірки і газонасиченого шару легко обробляються точінням, фрезеруванням і свердлінням. Проте при роботі мірним інструментом (розгортками, мітчиками) внаслідок великої пружності сплавів можливе затискання інструменту. Засіб боротьби з цим явищем – збільшення на 3-5° задніх кутів, зворотної конусності інструменту, шахове розташування ниток на зубах мітчиків і ін. Виконавчі розміри мірних інструментів рекомендується виконувати на верхній межі.

До високоміцних сталей (група VIII) віднесені низьколеговані сталі, які після гарту і відпустки набувають твердості  $\sigma_s > 160$  кгс/мм<sup>2</sup>. В стані відпалу їх оброблюваність така ж, як і конструкційних сталей. У термообробленому стані оброблюваність сталей VIII групи твердосплавним інструментом в 5-8 разів нижча, ніж сталі 45. Швидкорізальні інструменти застосовувати неефективно із-за малих швидкостей різання.

Для підвищення оброблюваності розглянутих важкооброблюваних матеріалів необхідно застосовувати відповідні нові марки твердих сплавів і швидкорізальної сталі (див. табл. 6 і 8), спеціальну геометрію інструменту, використовувати високоефективні ЗОР. Істотним резервом підвищення продуктивності є застосування інструментів із зносостійкими покриттями, а також зміцнених різними методами (термічним, термомеханічним, лазерним зміцненням, глибоким холодом в середовищі рідкого азоту і ін.).

Чавуни. Механічні властивості і оброблюваність чавунів залежать від того, в якій формі присутній вуглець в сплаві. Розрізняють чотири основні групи чавунів: білі, сірі, високоміцні і ковкі.

Білі чавуни складаються з перліту і цементиту. Через велику кількість цементиту білі чавуни мають дуже високу твердість (НВ 450-600), але надто

низьку оброблюваність. Швидкості різання деталей з білого чавуну (найчастіше застосовують вибілений чавун, що одержується з сірого чавуну шляхом його гартування) твердосплавним інструментом не перевищують 3-10 м/хв.

Для обробки деталей з вибіленого чавуну доцільно використовувати мінералокераміку або надтверді матеріали (композити), що дозволяють проводити безударну обробку з швидкістю відповідно 70-150 і 100-160 м/хв.

Сірі чавуни легко піддаються обробці різанням. Майже по всіх критеріях вони мають хорошу оброблюваність – високі швидкості різання, можливість отримання шорсткості поверхні з  $R_a = 1,25$  мкм, утворення стружки, що легко видаляється, відносно менші сили різання. Недоліком сірого чавуну є утворення графітового пилю, що вимагає застосування відповідних заходів по захисту верстатника.

Оброблюваність сірого чавуну залежить від його твердості. Орієнтовні значення швидкості різання при різних видах обробки чавуну наступні:

<i>Твердість чавуну HB</i>	<i>170</i>	<i>190</i>	<i>210</i>	<i>230</i>
<i>Швидкість різання (м/хв) при:</i>				
<i>точінні (BK8)</i>	<i>55—150</i>	<i>45—90</i>	<i>40—80</i>	<i>35—70</i>
<i>струганні (ТТ7К12)</i>	<i>36—90</i>	<i>30—75</i>	<i>26—64</i>	<i>22-54</i>
<i>торцевому фрезеруванні</i>				
<i>(BK8).....</i>	<i>55-105</i>	<i>50-95</i>	<i>48-82</i>	<i>45-80</i>
<i>свердлінні (P18)</i>	<i>20—33</i>	<i>17—31</i>	<i>15—33</i>	
<i>зенкеруванні (P18)</i>	<i>15—35</i>	<i>14—31</i>	<i>13—27</i>	
<i>розгортанні (P18)</i>	<i>6,5-11,7</i>	<i>5,8-10,4</i>	<i>5,1-9,3</i>	

Високоміцні чавуни відрізняються від сірих наявністю в структурі кулястого графіту. Завдяки цьому вони володіють високою міцністю (до HB 369) і деякою пластичністю. У промисловості застосовують наступні марки високоміцних чавунів: ВЧ45-5 (HB 160-220); ВЧ 50-2 (HB 180-260); ВЧ 60-2 (HB 220-280); ВЧ 80-3 (ВЕРБ 220-300); ВЧ 120-4 (HB 302-360) і ін.

Швидкості різання при обробці високоміцних чавунів вищі, ніж при обробці сірих чавунів, причому з підвищенням твердості різниця в швидкостях збільшується. Це пояснюється вищою пластичністю високоміцних чавунів і утворенням при різанні зливної стружки.

Ковкі чавуни, як і високоміцні, завдяки наявності в сплаві пластинчастого графіту обробляються краще сірих. Швидкості різання при обробці деталей з ковкого чавуну приблизно в 1,05-1,2 рази вищі, ніж при обробці з сірого чавуну.

### **1.7 Оптимальні режими різання**

Однією з важливих умов раціонального використання інструменту є вибір оптимального режиму різання – такого поєднання подачі, глибини і швидкості різання, при якому забезпечується мінімальна собівартість виконання операції з урахуванням отримання необхідної якості деталі і повного використання можливостей верстата.

На собівартість операції впливають два основні чинники, що залежать від режиму різання: продуктивність обробки і витрати, пов'язані з експлуатацією ріжучого інструменту (переточуванням після затуплення, заміною і розмірною настройкою). Чим вищий режим різання, тим вища продуктивність обробки, але тим менша стійкість інструменту, а отже більші витрати на його експлуатацію. Тому можна підібрати такі значення подачі, глибини і швидкості різання, при яких собівартість операції буде найменшою.

Враховуючи, що подача і глибина різання впливають на стійкість інструменту в значно меншому ступені, ніж швидкість, в практиці прийнята цілком певна послідовність при призначенні режиму різання.

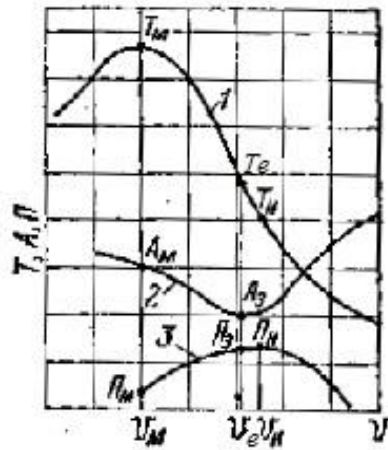


Рис. 20. Схема впливу швидкості різання на стійкість (крива 1), собівартість (крива 2) і продуктивність обробки (крива 3).

В першу чергу призначається максимально можлива глибина різання, потім – максимально допустима подача; на вибір глибини різання і подачі впливають точність і шорсткість оброблюваної поверхні, величина припуску під обробку, жорсткість ВПД (верстат – пристосування – інструмент – деталь) і інші чинники. Після цього визначають швидкість різання відповідно до прийнятого періоду стійкості.

Розрізняють три значення швидкості різання: швидкість різання  $v_m$ , при якій стійкість інструменту  $T_m$  максимальна; економічну швидкість різання  $v_e$  яка забезпечує найменшу собівартість  $A_e$ ; швидкість  $v_n$ , що дозволяє проводити обробку з найбільшою продуктивністю  $P_n$ .

Розглянемо залежності між швидкістю різання і стійкістю, собівартістю і продуктивністю (рис. 20). Як видно з рисунку, економічна швидкість різання  $v_e$  значно більша, чим  $v_m$ , а стійкість  $T_e < T_m$ . Робота на швидкості  $v_m$  є неефективною із-за низької продуктивності  $P_m$  і високої собівартості  $A_m$ . Із збільшенням швидкості до  $v_e$  стійкість знижується до  $T_e$ , собівартість зменшується до мінімального значення  $A_e$ , а продуктивність підвищується до значення, близького до  $P_n$ . При цьому досягаються висока розмірна стійкість інструменту і мінімальна його витрата. Подальше підвищення швидкості

приводить до незначного підвищення продуктивності, але до значнішого зростання собівартості обробки і витрати інструменту.

Таким чином, найвигіднішою є швидкість різання  $v_e$  при економічній стійкості інструменту  $T_e$ . Значення  $T_e$  тим більше, чим дорожчий інструмент і чим вищі витрати на його заміну і переточування. Так, для фасонного різця  $T_e$  більше, ніж для прохідного, для крупного свердла більше, ніж для дрібного, тощо. Крім того, на  $T_e$  впливає вартість верстата: для дорогих верстатів  $T_e$  вища, ніж для дешевих.

Економічну стійкість можна понизити, якщо зменшити час на заміну інструменту. Наприклад, для різців з механічним кріпленням непереточуваних пластин, де замість заточування затупленої кромки проводиться її заміна шляхом повороту пластини на іншу грань,  $T_e$  менше, ніж для напайних різців.

Вибір режимів різання звичайно проводиться по загально-машинобудівних нормативах [18, 19] або довідниках [22], де для кожного виду інструменту даються рекомендації по вибору подачі і глибини різання, приводяться значення  $T_e$  і розрахункові таблиці значень  $v_e$  для різних значень подач і глибини різання.

Табличні значення швидкостей різання розраховані для певних умов обробки. При виконанні ж конкретної операції умови обробки можуть відрізнятись від прийнятих. В цьому випадку табличне значення швидкості різання  $v_{\text{табл}}$  множиться на коефіцієнти, що враховують змінені умови:

$K_m$  – коефіцієнт, що враховує властивості оброблюваного матеріалу;

$K_i$  – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту;

$K_p$  – коефіцієнт, що враховує стан початкової поверхні обробки (наявність або відсутність кірки, ливарні, наклепаного шару, сильного забруднення, тощо.);

$K_c$  – коефіцієнт, що враховує величину головного кута в плані  $\varphi$ ;

$K_t$  – коефіцієнт, що враховує фактично прийняту стійкість інструменту.

**Розділ 2****2.1 Основні властивості інструментальних матеріалів**

Для виготовлення робочої частини ріжучих інструментів застосовують п'ять груп інструментальних матеріалів: інструментальні вуглецеві і леговані сталі, швидкоріжучі сталі, тверді сплави, мінералокераміку і надтверді матеріали.

В процесі різання інструменти випробовують великі питомі зусилля, піддаються нагріву і зносу, тому інструментальні матеріали повинні володіти певними фізико-механічними і технологічними властивостями, з яких основними є твердість, міцність і пластичність, теплостійкість і теплопровідність, опірність захопленню з оброблюваним матеріалом, зносостійкість, а також загартовуваність і прокалювання (для інструментальних сталей), стійкість проти перегріву і окислення, зварюваність або здібність до з'єднання паянням, схильність до утворення тріщин при паянні і шліфуванні.

Від вказаних властивостей цих матеріалів залежать такі важливі технологічні показники, як продуктивність обробки різанням, стійкість, надійність інструменту і ін.

Практично не існує таких матеріалів, які б володіли одночасно високими твердістю, міцністю, тепловими характеристиками, тощо.

Щоб правильно вибрати інструментальний матеріал для конкретних умов обробки або правильно використовувати наявний матеріал за відсутності можливості такого вибору, необхідно знати вплив його властивостей на процес різання.

**Твердість.** Здійснення процесу різання можливе в тому випадку, якщо твердість ріжучого інструменту значно вища за твердість



оброблюваного матеріалу. Чим вища твердість інструменту, тим вища його стійкість і швидкість різання. Із збільшенням твердості підвищується опірність інструменту механічному зносу і триваліший час зберігається гострота ріжучої кромки.

Проте не для всіх інструментів і умов обробки доцільно вибирати інструментальний матеріал з найвищою твердістю, оскільки з її збільшенням підвищуються крихкість і схильність до утворення тріщин при паянні і заточуванні, погіршується шліфування. Тому при виборі інструментального матеріалу необхідно враховувати не тільки твердість, але й інші його властивості.

Твердість інструментальних матеріалів визначається за допомогою приладу Роквелла або приладу ПМТ-3. Оцінку твердості на першому приладі проводять за шкалою *C* (навантаження на алмазний конус – 150 кгс) або за шкалою *A* (навантаження – 60 кгс) і позначають відповідно HRC або HRA. На приладі МТП-3 твердість оцінюється по методу Віккерса як приватне відділення навантаження на бічну площу відбитку, вимірюється в кгс/мм<sup>2</sup> і позначається HV.

**Міцність.** В процесі різання на інструмент діють сили, які піддають його стисненню, вигину, скручуванню і іншим видам деформації. Здатність інструменту чинити опір деформації є дуже важливою властивістю і характеризується межею міцності. Поняття міцності інструменту має двояке значення: міцність ріжучих елементів, що знаходяться в зоні різання і піддаються дії стружки, що сходить, тепла, що утворюється, і міцність неріжучих елементів інструменту. У першому випадку міцність характеризує такі ріжучі властивості інструменту, як опір крихкому і пластичному руйнуванню ріжучої частини; у другому – жорсткість, вібростійкість і надійність інструменту в цілому.

**Теплостійкість.** Механічні властивості інструментального матеріалу змінюються під впливом температури різання. Із збільшенням температури вище певного значення твердість і міцність матеріалу

зменшуються і досягають таких значень, коли інструмент починає швидко розм'якшуватися, зношуватися і втрачає свою ріжучу здатність.

Температура, до якої інструментальний матеріал зберігає свою ріжучу здатність, називається теплостійкістю.

Для швидкоріжучих сталей і твердого сплаву це температура, при якій твердість знижується до HRA 58-60.

Враховуючи, що температура ріжучого леза значною мірою залежить від швидкості різання (підвищується із збільшенням останньої), матеріали, що мають велику теплостійкість, навіть при рівній твердості можуть працювати з вищими швидкостями різання і обробляти твердіші матеріали.

Теплопровідність – це властивість, що впливає на температуру ріжучого леза в процесі обробки. Чим вища теплопровідність, тим краще відводиться тепло із зони контакту інструменту з оброблюваним матеріалом і тим менша температура різання. Крім того, матеріали з більшою теплопровідністю менше схильні до утворення тріщин при заточуванні чи паянні.

Адгезійна стійкість – це стійкість проти схоплювання. Низька адгезійна стійкість інструментального матеріалу приводить до збільшення, інтенсивності зносу інструменту, особливо при високих температурах і тиску в зоні різання.

Зносостійкість – це властивість інструментального матеріалу чинити опір механічній, тепловій і хімічній дії оброблюваного матеріалу в процесі різання. Найважливішими чинниками, що впливають на зносостійкість, є розглянуті вище властивості – твердість, теплостійкість, теплопровідність, адгезійна стійкість.

При виборі інструментального матеріалу необхідно прагнути до оптимального значення його зносостійкості з урахуванням хімічного складу і міцності оброблюваного матеріалу, характеру операції і конструкції інструменту, жорсткості устаткування, можливості застосування ЗОР і ін.

Таблиця 5.

## Фізико-механічні властивості основних груп інструментальних матеріалів

Інструментальний матеріал	Межа міцності на вигин, кгс/мм <sup>2</sup>	Твердість		Теплостійкість °С	Теплопровідність Вт/м·°С
		HRA (HRC)	HV кгс/мм <sup>3</sup>		
Вуглецеві сталі	200-220	79-80	650-780	200-250	32-38
Швидкоріжучі сталі	205-350	(62-64)	750-1400	620-640	20-25
Тверді сплави	95-160	79-88	1400-1900	800-1000	12-84
Мінералокераміка	40-75	(63-68)	2000-2400	1000-1200	4,0
Надтверді матеріали	40-100	88-92	4000-7500	1000-1300	30-60
Алмаз	30	93-94	10 000	750	142,5

Фізико-механічні властивості основних груп інструментальних матеріалів приведені табл. 5.

## 2.2 Вуглецеві і леговані інструментальні сталі

З численних марок вуглецевих і легованих сталей найбільше застосування для виготовлення ріжучого інструменту знаходять сталі марок У10А, УНА, У12А, 9ХС, ХВ5, ХВГ, ХВСГ і ін. З цих сталей виготовляють інструменти, що працюють при невисоких швидкостях різання (до 15 м/хв): мітчики, плашки, малорозмірні свердла і розгортки.

Вуглецеві сталі містять в середньому від 0,9 до 1,2% вуглецю; 0,15-0,35% марганцю і стільки ж кремнію; 0,02% сірки і 0,03% фосфору. Твердість інструменту після гарту – HRC 62-64; міцність на вигин – 200-220 кгс/мм<sup>2</sup>; теплостійкість – 200-250°С.

Введення до складу інструментальної сталі хрому, вольфраму, молібдену, ванадію підвищує її ріжучу здатність. Так, наприклад, сталі

марок ХВГ і ХВСГ після термічної обробки мають твердість HRC 63-64, міцність на вигин 250-270 кгс/мм<sup>2</sup> і теплостійкість 250-260°C. Вони більш зносостійкі і кращі за прокалені, тому їх застосовують для інструментів діаметром (стороною) від 20 до 90 мм.

Леговані інструментальні сталі допускають приблизно в 1,2-1,4 рази більшу швидкість різання, чим вуглецеві.

Детальніше режими різання описані при розгляді конкретних інструментів у відповідних розділах.

### 2.3 Швидкоріжучі сталі

Швидкоріжучі сталі володіють вищими, ніж вуглецеві інструментальні сталі, фізико-механічними і експлуатаційними властивостями: твердістю до HRC 70, теплостійкістю в межах 500-650°C, збереженням високої зносостійкості при нагріві і підвищеним опором пластичній деформації. З появою цих сталей стало можливим збільшення швидкості різання в 2-4 рази і підвищення стійкості інструментів в 10-40 разів в порівнянні з інструментами із вуглецевих інструментальних сталей.

Таке значне поліпшення ріжучих властивостей швидкоріжучих сталей пояснюється перш за все значним підвищенням їх теплостійкості (до 620-640°C), а також вищими міцністю і твердістю.

Основними легуючими елементами швидкоріжучих сталей є вольфрам або вольфрам разом з молібденом, а основним карбідом – М<sub>6</sub>С, що містить окрім вольфраму і молібдену також хром і ванадій.

Залежно від хімічного складу швидкоріжучі сталі розділені на вольфрамові, вольфрамомолібденові, молібденові, сталі з високим вмістом ванадію (вольфрамованадієві), кобальтові, а також безвольфрамові сталі.

По експлуатаційних властивостях сучасні швидкоріжучі сталі можна класифікувати на три групи: звичайної (теплостійкість 620°C), підвищеної

(630- 640°C) і високої (700-725°C) продуктивності.

До першої групи входять вольфрамові, вольфрамомолібденові і безвольфрамові сталі; у другу – вольфрамованадієві, вольфрамомолібденові з, підвищеним вмістом вуглецю та кобальтові; в третю – сталі з інтерметаллідним зміцненням.

Вольфрамові швидкоріжучі сталі. Довгий час однією з найбільш широко вживаних сталей даного типу була сталь марки P18. Хімічний склад сталі P18: вуглець (C) – 0,75%, вольфрам (W) – 18%, хром (Cr) – 4,1%, ванадій (V) – 1,2%, молібден (Mo) – 0,6%.

Виготовлений із сталі P18 інструмент має найбільший інтервал температури гарту (малочутливий до перегріву) і у зв'язку з цим – стабільні властивості заготовок різних плавок. Незначний вміст ванадію забезпечує гарну здатність до шліфування сталі.

Недоліки сталі P18 наступні: а) значна, карбідна неоднорідність і великі розміри надмірних карбідів (до 30 мкм), що знижує стійкість інструментів з тонкою робочою кромкою; б) недостатньо високі міцність і в'язкість в прутках понад 30 мм ( $\sigma_0 = 300-330 \text{ кгс/мм}^2$ ); в) знижена пластичність в гарячому стані.

Високий вміст дефіцитного вольфраму, а також необхідність створення інструментальних сталей з кращими експлуатаційними характеристиками стали причиною скорочення застосування сталі P18 для виготовлення ріжучого інструменту.

Сталь P9 містить вдвічі менше вольфраму, ніж сталь P18, проте її експлуатаційні якості гірші – вищі карбідна неоднорідність і схильність до появи перепалів при заточуванні.

Порівняно новою є швидкорізальна сталь P12, в якій поєднуються вищі міцність, пластичність і червоностійкість. Ріжучі властивості сталі P12 трохи вищі, ніж у сталі P18, в інструментах з тонкою робочою кромкою (протяжки, мітчики, фрези тощо) і трохи нижчі в інструментах простої форми, наприклад різцях для обробки твердіших матеріалів. Сталь P12 на 30%

дешевша, ніж сталь P18, і застосовується для виготовлення всіх видів інструменту.

Вольфрамомолібденові і молібденові сталі. Найбільшого поширення з цієї групи набула сталь P6M5, яка в даний час практично замінила сталь P18 для виготовлення ріжучого інструменту, призначеного для обробки вуглецевих і середньовуглецевих конструкційних сталей ( $\sigma_v$  90-100 кгс/мм<sup>2</sup>). По стійкості інструменти з цієї сталі не поступаються інструментам із сталі P18.

Приблизно такі ж властивості, як і сталь P6M5, має сталь марки P8M3, але вона стійкіша до перегріву і має вищу стабільність властивостей після гартування.

Вольфрамованадієві сталі P12Ф3 і P6M5Ф3. Підвищення змісту ванадію в цих сталях до 2,7% поліпшує такі їх якості, як зносостійкість, гаряча міцність, теплостійкість і твердість, але погіршує шліфування.

Кобальтові сталі. Кобальт – це легуючий елемент, який значно підвищує теплостійкість і вторинну твердість і, крім того, покращує теплопровідність багатьох сталей. Тому теплостійкість кобальтових сталей досягає 645-650°C, – а твердість 67-70 HRC.

Завдяки кращій теплопровідності температура ріжучої кромки інструментів з кобальтової сталі за однакових умов на 30-70°C нижча, ніж із сталі P18. Проте кобальт знижує міцність і в'язкість та підвищує крихкість сталей. Стійкість інструментів з кобальтових сталей в 2-4 рази вища, ніж з вольфрамомолібденових сталей.

Таке поєднання фізико-механічних і експлуатаційних властивостей кобальтових сталей визначило їх головну область застосування – інструменти для обробки важкооброблюваних аустенітних жароміцних і нержавіючих сталей і сплавів, а також конструкційних сталей підвищеної твердості (HRC 40-45).

Не дивлячись на вищу (у 2 рази) вартість кобальтових сталей в порівнянні із сталлю P18, їх застосування економічно вигідніше.

Т а б л и ц я 6

## Фізико-механічні і експлуатаційні властивості і призначення швидкоріжучих сталей

Марка сталі	Фізико-хімічні властивості			Експлуатаційні властивості	Призначення
	Міцність на згин $\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Твердість HRC	Теплостійкість °С		
P18	290-310	63-64	625	Найбільший інтервал температур гарту, хороша здатність до шліфування, недостатньо високі міцність і в'язкість, висока карбідна неоднорідність	Всі види ріжучого інструменту для обробки звичайних конструкційних матеріалів
P12	300-320	63-64	625	Близькі до властивостей сталі P18, але вищі гаряча пластичність, міцність, в'язкість	Те ж, що і сталі P18, а також для обробки деяких видів неіржавіючих сталей
P9	335	63-64	620	Карбідна неоднорідність вища, ніж у сталі P18, підвищена схильність до появи пригарів при заточуванні	Інструменти простої форми для обробки конструкційних матеріалів
P6M5	330-340	63	620	Міцність на 10-15% вища, а в'язкість на 50-60% вища, ніж у сталі P18. Нижча карбідна неоднорідність, хороша здатність до шліфування, але підвищена схильність до знеуглецювання	Всі види ріжучого інструменту, зокрема що працюють в умовах ударних навантажень, для обробки вуглецевих конструкційних сталей і неіржавіючих сталей
P6M5K5	330-340	65-65,6	630	Міцність і в'язкість на 20-30% вищі, ніж у сталі P12Ф4K5, дещо менша зносостійкість, хороша здатність до шліфування. Підвищена чутливість до знеуглецювання	Свердла, зенкери, фрези для обробки вуглецевих і легованих конструкційних сталей при підвищених режимах різання, а також неіржавіючих і жароміцних сталей
P9M4K8 Ф	240	67-69	640	Міцність і в'язкість знижені в порівнянні з кобальтовими сталями, висока зносостійкість, низька здатність до шліфування	Автоматні різці, фрези, мітчики, свердла, зенкери, розгортки для обробки конструкційних поліпшених сталей (HRC 35-45), аустенітних, жароміцних і неіржавіючих сталей і сплавів
P9K5 P9K10	250 205-210	64-66	630	Вища твердість, ніж у вольфрамованадієвих сталей, хороша здатність до шліфування, але менша механічна міцність і підвищена схильність до знеуглецювання	Фрези для чорнової й напівчистої обробки, довбяки, мітчики для обробки на підвищених режимах різання, а також для обробки важкооброблюваних сталей.
P12Ф3	300-310	65-66	630	Стійкість вища в 1,5-2,5 рази, чим у сталей P12 і P6M5, при середніх швидкостях різання, задовільна пластичність і здатність до шліфування	Чистові і напівчистові інструменти, фасонні різці, розгортки, фрези і т.д. для обробки вуглецевих і легованих сталей, в'язких аустенітних, неіржавіючих та жароміцних сталей і сплавів
P6M5Ф3	330-350	65-66	625	Підвищені міцність, в'язкість, зносостійкість, задовільна здатність до шліфування	Те ж, що і для сталі P12Ф3
P18K5Ф2	290-300	65-66,5	640-645	Підвищена твердість і зносостійкість. Хороша здатність до шліфування. Стійкість в 3,5—4 рази вища, ніж у сталі P18	Різці, свердла, фрези і ін. для чорнової і напівчистої обробки вуглецевих і легованих конструкційних сталей з підвищеними режимами різання, а також для різання важкооброблюваних матеріалів
P10K5Ф5	350	66-68	640	Ріжучі властивості вищі, ніж у сталі P18, P12 і P6M5, але дещо нижчі, ніж у сталі P18K5Ф2	Те ж, що і для сталі P18K5Ф2

Державним стандартом (ГОСТ 19265-73) передбачені сім марок кобальтових сталей: P6M5Ф3, P18K5Ф2, P9M4K8, P6M5K5, P10K5Ф5, P9K5, P9K10.

Останніми роками розроблені і знайшли практичне застосування швидкоріжучі сталі високої теплостійкості – сталі з інтерметаллідним зміцненням марок В11М7К23, В4М12К23 та ін. Їх теплостійкість досягає 700-725°C, а вторинна твердість складає 68-69 HRC. Дані сталі використовують для точіння, стругання і фрезерування важкооброблюваних матеріалів.

Переваги інструментів, виготовлених із сталей з інтерметаллідним зміцненням, полягають в наступному: при обробці титанових сплавів їх стійкість в 30-40 разів вища в порівнянні із сталлю P18 і в 8-15 разів вища, ніж інструментів, оснащених твердим сплавом ВК8, а при різанні аустенітних жароміцних і нержавіючих сталей стійкість в 10-20 разів вища, ніж інструментів з кобальтових сталей [5]. При обробці конструкційних сталей і чавунів переваги даних інструментальних сталей менш значні і полягають в підвищенні стійкості в 3-4 рази в порівнянні із сталлю P18

Фізико-механічні і експлуатаційні властивості та зразкове призначення швидкоріжучих сталей показане в табл. 6.

Швидкоріжучі сталі виготовляють у вигляді прокату, а також у вигляді ріжучих пластин згідно ГОСТу 2379-77, які наварюють на сталевий корпус.

## 2.4 Тверді сплави

Металокерамічні тверді сплави складаються з тонких зерен карбідів тугоплавких металів – вольфраму, титану і танталу, сполучених цементуючим металом – кобальтом. Карбіди є основною складовою частиною твердих сплавів, їх вміст складає 66-97%. Завдяки наявності карбідів сплави мають високу твердість і зносостійкість. Пов'язуючий метал додає твердому сплаву певну міцність і в'язкість.

Маючи достатньо високу межу пластичної міцності і незначну межу



крихкості, а також високі значення теплостійкості, стійкості проти адгезійного і абразивного зносу, тверді сплави дозволяють вести обробку сталей, чавунів, жароміцних сплавів і інших матеріалів з швидкостями, що у декілька разів перевищують швидкості обробки інструментами з швидкоріжучих сталей, і тим самим забезпечують значне підвищення продуктивності обробки.

Існують три основні групи твердих сплавів, що відрізняються складом їх карбідної основи: вольфрамова, титановольфрамова і титанотанталовольфрамова. Останніми роками у зв'язку із зростанням дефіцитності вольфраму і кобальту з'явилася четверта група – безвольфрамові тверді сплави. Основу сплавів цієї групи складає карбід титану (50-79%), а інші – нікель (15-37%) і молібден (5-13%).

Вольфрамові тверді сплави. До цієї групи входять сплави марок ВКЗ; ВКЗМ, ВК4, ВК60М, ВК6М, ВК6, ВК8, ВК100М, ВК10М і ВК15. Для даних сплавів характерні вищі межа міцності на згин і в'язкість, але менші твердість і теплостійкість, причому ці властивості залежать від вмісту кобальту в сплавах і розміру зерна карбідів. Із збільшенням відсоткового вмісту кобальту росте межа міцності на згин, але знижуються твердість і температура, при якій спостерігається злипання з оброблюваним матеріалом. Це веде до підвищення інтенсивності зносу інструменту, особливо при обробці в'язких матеріалів на високих режимах різання.

Ріжучі властивості вольфрамових сплавів підвищуються із зменшенням величини зерна карбідів, що особливо помітно при обробці високоміцних матеріалів. Наприклад, якщо при обробці чавуну з твердістю НВ 150-200 кгс/мм<sup>2</sup> інструментами із сплаву ВК6 (величина зерна 1-2 мкм) і ВК6М (до 1 мкм) різниця в стійкості незначна, то вже при обробці чавуну з НВ 400 кгс/мм<sup>2</sup> стійкість сплаву ВК6М в кілька разів вища.

Вольфрамові тверді сплави призначені для обробки чавуну, кольорових металів, а також важкооброблюваних матеріалів при невисоких швидкостях різання (до 100 м/хв).

Титановольфрамкові тверді сплави в основному призначені для обробки сталей – конструкційних і легованих нормальній оброблюваності.

Відповідно з ГОСТ 3882-74 промисловість випускає сплави п'яти марок: Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10 і Т5К12. У позначеннях сплавів цифра після букви Т вказує на процентний вміст карбиду титану в сплаві, а після букви К – процентний вміст кобальту, інше в сплаві – це карбід вольфраму.

Титановольфрамкові сплави володіють більшими, ніж вольфрамкові сплави, твердістю, теплостійкістю і зносостійкістю, але меншою міцністю. Крім того, із-за підвищеної крихкості вони погано витримують ударні і змінні навантаження. Тому сплави з великим змістом титану доцільно застосовувати для чистової і напівчистової обробки сталей з підвищеною швидкістю різання, а сплави з меншим змістом титану – при напівчистовій і чорновій обробці, а також при фрезеруванні.

Титанотанталовольфрамкові сплави по своїх експлуатаційних властивостях є проміжними між вольфрамівими і титановольфрамівими сплавами. Вони мають вищу міцність і в'язкість, чим титановольфраміві сплави, але поступаються їм в твердості і теплостійкості. Дякуючи високим зносостійкості, експлуатаційній міцності, опору ударним навантаженням, вібраціям і викришуванню дані сплави доволі ефективні при чорновій обробці сталей і чавунів з великими перетинами зрізу, при переривистому різанні (фрезеруванні, струганні).

Стандартом передбачені чотири марки сплавів ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б і ТТ20К9 (цифри після ТТ – процентний вміст титану і танталу, разом взятих, після К – кобальту).

Останніми роками розроблені і набули поширення тверді сплави серії МС, які перевершують відповідні стандартні сплави. Марки твердих сплавів серії МС і замінювані ними марки стандартних сплавів наведені в табл. 7.

**Марки твердих сплавів серії MC і замінювані ними марки стандартних сплавів**

Марки твердих сплавів		Марки твердих сплавів	
серії MC	по ГОСТ 3982-74	серії MC	по ГОСТ 3332-74
MC 101	T30K4	MC 313	BK6
MC 111	T15K6	MC 318	BK6
MC 121	T14K8	MC 321	BK8
MC 137	TT20K9	MC 347	BK8
MC 131	T5K10	MC 211	BK60M
MC 146	T5K12	MC 221	TT10K8B
MC 301	BK3	MC 241	BK8
MC 306	BK60MN	MC 1460	TT7K2GT
MC 312	BK6M	MC 2210	TT10K8BGT

Безвольфрамові тверді сплави. Створені для заміни вольфрамовмісних твердих сплавів. Безвольфрамові сплави виділилися в самостійну групу інструментальних матеріалів, що мають свої області застосування, обумовлені їх фізико-механічними і ріжучими властивостями.

Безвольфрамові сплави в порівнянні з вольфрамовими мають меншу міцність на згин, але твердість їх вища. З інших властивостей необхідно відзначити нижчу теплопровідність, вищий коефіцієнт лінійного розширення і на 20-25% менший коефіцієнт тертя із сталлю. Отже, безвольфрамові сплави володіють високою зносостійкістю, але чутливі до ударних навантажень. Вони погано піддаються паянню і заточуванню внаслідок незадовільних термічних властивостей, тому застосовуються в основному у вигляді непереточуваних пластин.

В даний час безвольфрамові сплави використовуються для чистового і напівчистового точіння та фрезерування чавуну, вуглецевих сталей і кольорових металів.

Розроблено декілька марок безвольфрамових твердих сплавів, з яких застосовуються дві основні: КНТ-16 і ТН20. У цих сплавах: Т – карбід титану, Н – нікель, КН – карбонітрид титану, цифра означає сумарний процентний вміст нікелю і молібдену, інше – карбід титану або карбонітрид титану.

Т а б л и ц я 8 . Рекомендації по вибору марки твердого сплаву для обробки різних матеріалів

Вид и характер обробки	Рекомендовані марки твердого сплаву для обробки									
	сталей			сплавів					чавунів	
	Вуглеводистих	Легованих	Нержавіючих	Високоміцних	Титанових	Жаростійких	Тугоплавких	Кольорових	Сірих НВ 240	Високоміцних НВ 400-700
Чистове точіння при $S = 0,1-0,3$ мм/об; $t = 0,5-2$ мм	T30K4	T30K4	BK60M	BK60M	BK60M	BK60M	BK3M	BK6M	BK3M	BK3M
	TH20	TH20	BK3M	BK6M	BK6M	BK6M	BK60M	TM3	BK3	BK3
	T15K6	KHT16 BK60M	T15K6 TM3	T15K6	BK6M	BK6M	BK6M	KHT16 BK4 TH20	BK6M	BK60M
Напівчистове точіння при $S = 0,2-0,5$ мм/об; $t = 2-4$ мм	TM3	TM3	BK6M	BK6M	BK60M	BK6M	BK6M	TH20	BK3	BK6M
	TH20	TH20	BK8	T15K6	BK6M	BK6	BK4	KHT16 1	BK6M	TT8K6
	KHT16	KHT16	TT10K8B	BK6M	BK4	TT10K8B	BK6	BK6M	BK6	
Чорнове точіння при $S = 0,4-1,0$ мм/об; $t = 4-10$ мм	T15K6	T14K8	BK6M	BK100M	BK6	BK4	BK8	BK6	BK4	BK6
	T14K8	T5K10	BK100M	T5K12	BK100M	BK6	BK100M	BK8	BK6	BK100M
	TT10K8B	TT10K8B	TT10K8B	TT7K12	BK8	BK100M	BK8	BK100M	BK6	BK8
Чорнове точіння при $S = 1$ мм/об і більш; $t = 6-20$ мм	T5K10	T5K10	BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	BK4	BK4	BK8
	T5K12	T5K12	T5K12	BK100M	BK100M	BK100M	BK100M	BK6	BK6	BK100M
	TT7K12	TT7K12	TT7K12	TT7K12	TT7K12	TT7K12	TT7K12	BK8	BK8	
Відрізка і прорізка канавок	T155K6	T15K6	BK6M	BK6M	BK4	BK6	BK60M	BK3M	BK4	BK3
	T5K10	T14K8	BK8	BK4	BK8	BK6M	BK100M	BK3	BK6M	BK6M
				BK8		BK100M	BK8	BK60M	BK6	
Нарізування різьблення різцем	T15K6	T15K6	BK3	BK60M	BK60M	BK60M	BK60M	BK3	BK3	BK3M
		T14K8	BK6M	BK8	BK6M	BK6M	BK6M	BK6M	BK60M	BK60M
	T15K6	T5K10	BK8	BK100M	BK100M	BK100M	BK100M	BK4	BK4	BK6M
Напівчистове і чистове стругання і додання			BK8 T5K12	TT7K12	BK8	BK8		BK6	BK6	
	T15K6	T15K6	T14K8	T14K8	BK4	BK8	BK8	BK6M	BK6	BK6M
	TH20	T14K8	TT20K9	TT20K9	BK100M	BK100M	BK100M	BK6	BK4	BK100M
Напівчистове і чистове фрезерування	KHT16	TT20K9	BK6M	BK6M					TT8K6	TT8K6
	T14K8		BK10M	BK10M						
	T5K10	T5K10	T5K12	T5K10	BK8	BK8	BK8	BK4	BK6	
Чорнове фрезерування	TT7K12	BK8	TT7K12	BK8	BK100M	BK100M	BK100M	BK8 BK6	BK8 1	
	T5K10	T5K10	T5K12	T5K12	BK6M	BK8	BK8	BK4	BK4	BK8
	BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	BK100M	BK60M	BK6M	BK6	TT8K6
Свердління отворів	BK10M	BK10M	BK10M	BK10M	BK10M	BK10M	BK100M	BK4	TT8K6	BK4
	T15K6	T15K6	BK6M	BK6M	BK4	BK6M	BK60M	BK6	BK3M	BK6M
	T14K8	T14K8	BK60M	BK60M	BK6M	BK8	BK8	BK3M	BK4	BK3M
Зенкерування напівчистове і чистове	T30K4	T30K4	BK6M	BK6M	BK60M	BK6M	BK60M	BK60M	BK3M	BK60M
	T15K6	T15K6	BK60M	BK60M	BK6M	BK60M	BK6M	BK3	BK3 BK6M	
							BK3M			

Вибір марки твердого сплаву для конкретних умов обробки (вигляд і характер обробки, конструкція ріжучого інструменту і характер оброблюваного матеріалу) слід проводити виходячи з фізико-механічних і експлуатаційних властивостей ріжучого матеріалу, а також керуючись рекомендаціями (табл. 8), що враховують досвід експлуатації і результати численних досліджень.

## 2.5 Мінералокераміка

Мінералокераміка – інструментальний матеріал, що володіє високими твердістю (HRA 93-94), теплостійкістю (до 1200°C), температурою схоплювання з металом і зносостійкістю, але також з високою крихкістю, низькою в'язкістю і поганою опірністю циклічним змінам теплового навантаження.

У зв'язку з таким поєднанням позитивних і негативних експлуатаційних якостей мінералокераміка в основному використовується для напівчистового і чистового обточування та розточування деталей з високоміцних і вибілених чавунів, загартованих сталей, а також з неметалічних матеріалів. За певних умов (в першу чергу при високій жорсткості системи «верстат – пристосування – інструмент – деталь») мінералокераміку можна застосовувати для чистового фрезерування.

Випускають оксидну (білу), оксидно-карбідну (чорну) і оксидно-нітридну кераміку.

Оксидна кераміка майже повністю складається з окислу алюмінію (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), її одержують шляхом пресування тонко подрібнених частинок Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> з подальшим гарячим спіканням. Зараз освоєні нові марки оксидної кераміки з поліпшеними фізико-механічними властивостями, такі, як В013 ( $\sigma_B = 40-50$  кгс/мм<sup>2</sup>), ВШ-75 ( $\sigma_B = 55-60$  кгс/мм<sup>2</sup>) та ін.

Оксидну кераміку рекомендується використовувати для чистового і напівчистового точіння нетермооброблених сталей, а також сірих і ковких чавунів з твердістю HB 200 і менше [10].

Оксидно-карбідна кераміка має в своєму складі окрім легуючих елементів добавки карбідів хрому, титану, вольфраму і молібдену. Завдяки цьому її міцність на згин значно вища, ніж у оксидної кераміки, і досягає 65-70 кгс/мм<sup>2</sup>, при деякому зниженні теплостійкості і зносостійкості. Випускаються наступні марки оксидно-карбідної кераміки: ВЗ, ВОК60 і ВОК 63; ці види кераміки рекомендується застосовувати для чистового і напівчистового точіння та фрезерування загартованих сталей (HRC 45 і більш), сірих чавунів (НВ 240), вибілених чавунів (НВ 400-700), а також нержавіючих сталей.

Оксидно-нітрідная кераміка складається з нітрідів кремнію і тугоплавких матеріалів з включенням окису алюмінію і інших компонентів. До цієї групи відносяться силініт-Р ТУ 06-339-78 і кортиніт ОНТ-20 ТУ 2-036-087-82.

Силініт-Р володіє такою ж міцністю на згин, як і оксидно-карбідна мінералокераміка ( $\sigma_b=49-68$  кгс/мм<sup>2</sup>), але більшою твердістю (HRA 94-96) і стабільністю властивостей при високій температурі. Він не взаємодіє в процесі різання з більшістю сталей і сплавів на основі алюмінію і міді, тобто не піддається адгезійному зносу. З цього матеріалу виготовляють як напаяні, так і непереточувані механічно закріплювані пластини.

Силініт-Р дозволяє замінювати вольфрамовмісткі тверді сплави на операціях напівчистового і чистового точіння різних матеріалів. При обробці загартованих сталей його застосування може замінити шліфування.

Завдяки високій твердості силініт-Р перевершує по стійкості тверді сплави при обробці загартованих сталей.

Рекомендовані режими різання при точінні сталі і чавуну:

Показники	Конструкційні вуглецеві і леговані сталі	Чавун
Швидкість різання $v$ , м/хв	100-200	55-85
Подача $S$ , мм/об	0,3-0,5	0,14-0,5
Глибина різання $t$ , мм	3	1,5
Стійкість $T$ , хв	130-80	250-150

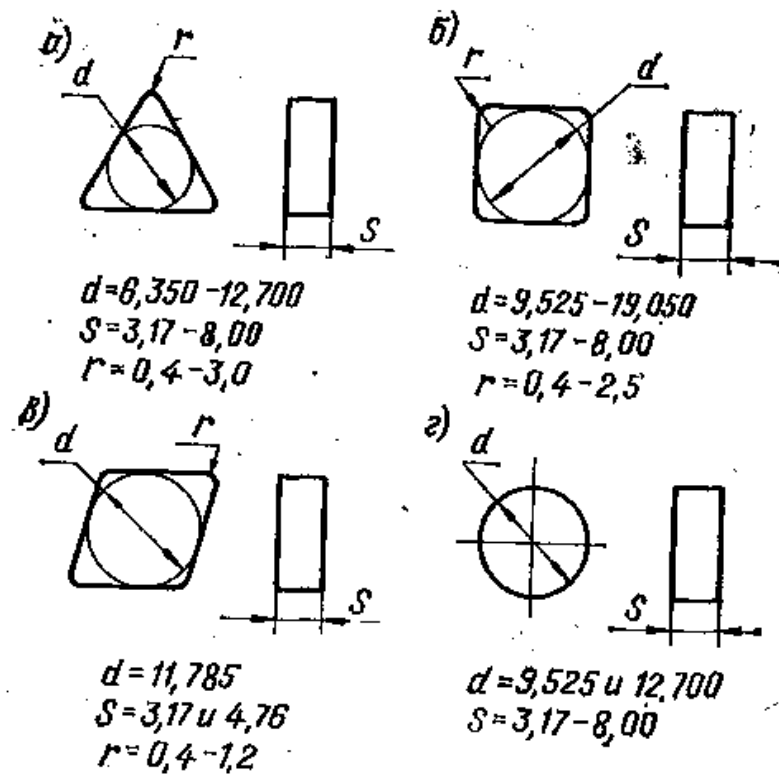


Рис. 21. Форми і розміри непереточуваних пластин з мінералокераміки

Інструментом, оснащеним пластинами з кортиніту, рекомендується обробляти загартовані сталі HRC 30-35, ковкі чавуни, модифіковані і вибілені чавуни, а також термопокращені сталі. Режими обробки такі самі, як і для оксидно-карбідної кераміки.

Ріжуча кераміка випускається в основному у вигляді багатогранних непереточуваних пластин – тригранних, квадратних, ромбічних і круглих (рис. 21).

Рекомендації по вибору марки кераміки і режимів різання приведені в розділі III і IV.

## 2.6 Надтверді матеріали

Для виготовлення лезового інструменту в даний час застосовуються три види надтвердих матеріалів (СТМ): природні алмази, полікристалічні синтетичні алмази і композити на основі нітриду бору.

Природні і синтетичні алмази володіють такими унікальними

властивостями, як найвища твердість ( $HV\ 10\ 000\ \text{кгс/мм}^2$ ), надто малі коефіцієнт лінійного розширення і коефіцієнт тертя та високі теплопровідність, адгезійна стійкість і зносостійкість.

Недоліками алмазів є невисока міцність на згин, крихкість і розчинність при відносно низьких температурах ( $750^\circ\text{C}$ ), що перешкоджає використанню їх для обробки залізобетонних сталей і сплавів на високих швидкостях різання, а також при переривистому різанні і вібраціях.

Природні алмази використовуються у вигляді кристалів, що закріплюються в металевому корпусі різця.

Синтетичні алмази марок АСБ (балас) і АСПК (карбонадо) схожі по своїй структурі з природними алмазами. Вони мають полікристалічну будову і володіють вищими характеристиками міцності.

Природні і синтетичні алмази знайшли широке застосування в обробці мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, благородних металів (золота, срібла, паладію, платини), титану і його сплавів, неметалічних матеріалів (пластмас, текстоліту, склотекстоліту, органічного скла, що пресується і силіційованого графіту), а також твердих сплавів і кераміки.

**Композит** – новий надтвердий матеріал на основі кубічного нітриду бору, який використовується для виготовлення лезового ріжучого інструменту.

По твердості композит наближається до алмазу, значно перевершує його по теплостійкості, більш інертний до чорних металів. Це визначає головну область його застосування – обробка загартованих сталей і чавунів. Проте композит може бути ефективно використаний також при обробці легких і кольорових сплавів та деяких важкооброблюваних матеріалів.

Промисловість освоїла випуск наступних основних марок СТМ: композит 01 (ельбор-Р), композит 02 (белбор), композит 05, композит 10 (гексаніт-Р) і композит 09.

Композити 01 і 02 володіють високою твердістю ( $HV\ 7500\ \text{кгс/мм}^2$ ), але невеликою міцністю на згин ( $40\text{-}50\ \text{кг/мм}^2$ ). Основна область їх



застосування – тонке і чистове безударне точіння деталей із загартованих сталей твердістю HRC 55-70, чавунів будь-якої твердості і твердих сплавів марок BK15, BK20 і BK25 (HRA 88-90), з подачею до 0,15 мм/об і глибиною різання 0,05-0,5 мм (максимальна глибина різання може досягати 1-1,5 мм).

Інструменти, оснащені композитами 01 і 02, можуть працювати при наступних швидкостях різання:

Оброблюваний матеріал	Швидкість різання, м /хв.
Сталь:	
HRC 40-60.....	50-160
HRC 60-70.....	60-120
Чавун сірий і високоміцний HB 150-270.....	400-900
Чавун вибілений, HB 400-600.....	100-200
Тверді сплави BK15, BK20, BK05, HRA 88-90.....	8-12

При малих швидкостях різання і подачах в умовах чистової і тонкої обробки композит 01 може бути використаний для обробки незагартованих вуглецевих і малолегованих сталей типу сталі 45 і сталі 40ХГНМ.

Ефективна область обробки сталі 45 композитом 01 – при швидкостях, що не перевищують 130-140 м/хв, і подачах не більше 0,16 мм/об, а сталі 40ХГНМ – 60-80 м/хв.

Композити 01 і 02 можуть бути використані також для фрезерування загартованих сталей і чавунів, не дивлячись на наявність ударних навантажень, що пояснюється сприятливішою динамікою фрезерної обробки.

Композит 05 по твердості займає середнє положення між композитом 01 і композитом 10, а його міцність приблизно така ж, як у композиту 01. Оскільки цей матеріал складається з порошків кубічного нітрида бору і Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, одержувані монолітні заготовки мають значно великі розміри (діаметр 7-8 мм, висота 4-6 мм).

Інструментами з композиту 05 можна обробляти сталі твердістю HRC 40-60 і чавуни твердістю до HB 300 з подачами до 0,3 мм/об і глибинами різання 0,2-2,0 мм.

Композити 09 і 10 мають приблизно однакову міцність на згин (70-

100 кгс/мм<sup>2</sup>), яка значно вища, ніж у композиті 01, проте твердість композитів 09 і 10 менша і складає 4000-5000 кгс/мм<sup>2</sup>. Крім того, композит 09 володіє високою теплостійкістю (1400°C) і надто високою термоциклічною стійкістю.

Завдяки поєднанню вказаних властивостей композити 09 і 10 рекомендуються для тонкого, чистового і напівчистового точіння та фрезерування загартованих сталей і чавунів, а також твердих сплавів.

Детальніше приклади використання композитів і режими різання розглянуті в розділі III і IV.

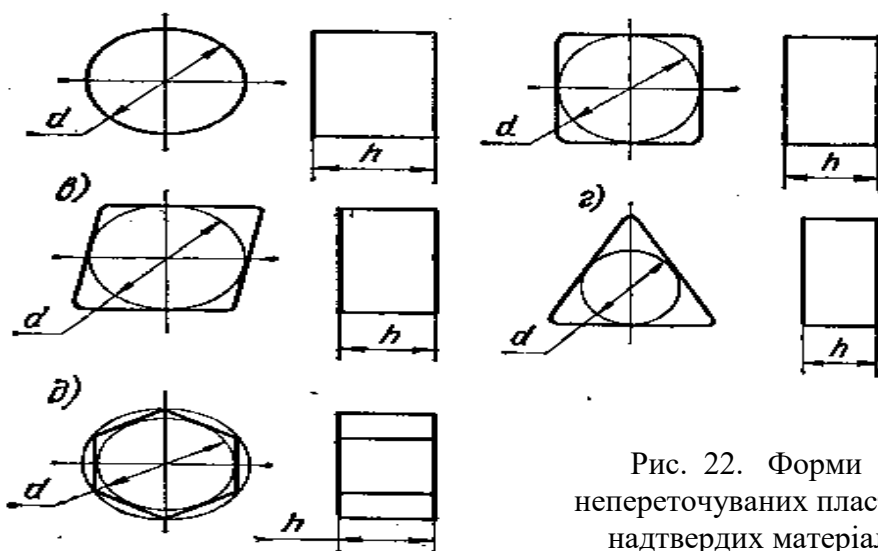


Рис. 22. Форми непереточуваних пластин з надтвердих матеріалів

Таблиця 9.

#### Номенклатура і розміри ріжучих пластин з композиту

Форма пластин (див. рис. 22)	Розміри $d \times S$ , мм			
	Композит 01	Композит 05	Композит 10	Композит 10Д
Круглі	3,6X3,18 3,6X2,38	7,0X5,0 7,0X3,18	8,0X3,97	5,56X3,97
Квадратні		5,56x3,18		
Ромбічні		5,56X3,18		3,97x3,18
Трикутні		4,76X3,18		
Шестигранні	2,94X3,2	5,54X3,2		

Ріжучі елементи з композитів випускаються у вигляді пластин для нероз'ємного з'єднання із сталевим корпусом, а також у вигляді круглих, тригранних, квадратних, ромбічних і шестигранних непереточуваних пластин для механічного з'єднання. Форма і розміри таких пластин приведені на рис. 22 і в табл. 9.

## **2.7 Напаяні пластини і пластини з механічним кріпленням пластини з твердого сплаву і мінералокераміки**

Тверді сплави і мінералокераміка використовуються для інструменту у вигляді напаяних або механічно закріплюваних пластин.

Напаяні пластини – це основні вироби з твердого сплаву. Вони застосовуються практично для всіх груп ріжучих інструментів. Державними стандартами ГОСТ 25393-82 і ГОСТ 25426-81 передбачена велика різноманітність форм і розмірів твердосплавних пластин, що дозволяє економічно використовувати дорогий ріжучий матеріал, а також виготовляти різноманітні інструменти, що відрізняються по конструкції та розмірах.

Створення механічно закріплюваних багатогранних непереточуваних пластин дозволило зробити якісний стрибок в розвитку інструменту, що полягає в наступному.

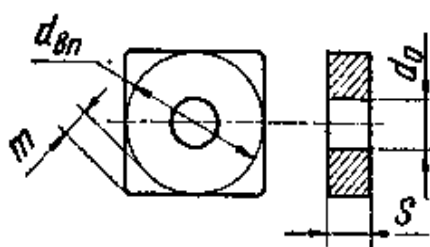
По-перше, інструменти з механічним кріпленням багатогранних пластин не вимагають заточування, оскільки геометрія інструменту забезпечується формою пластини і її відповідною установкою в корпусі, а після затуплення пластина повертається з новою ріжучою кромкою. Виключення переточування зменшує час на заміну інструменту після затуплення, підвищує якість інструменту, оскільки зменшується можливість появи тріщин. По-друге, наявність на передній і задній поверхнях кірки на 20-40% підвищує стійкість інструменту.

По-третє, відсутність паяння виключає можливість появи напруг і мікротріщин, що підвищує термін служби пластин. По-четверте, підвищується

продуктивність праці за рахунок підвищення режимів різання і скорочення часу на зміну і відновлення інструменту. По-п'яте, скорочуються втрати вольфраму, титану, кобальту за рахунок вторинного використання твердосплавних пластин, а також знижується витрата металу на виготовлення корпусів інструментів. Пошосте, з'являється можливість ефективного застосування для інструментів ріжучих матеріалів, які погано піддаються паянню (безвольфрамові тверді сплави і мінералокераміка).

Таблиця 10.

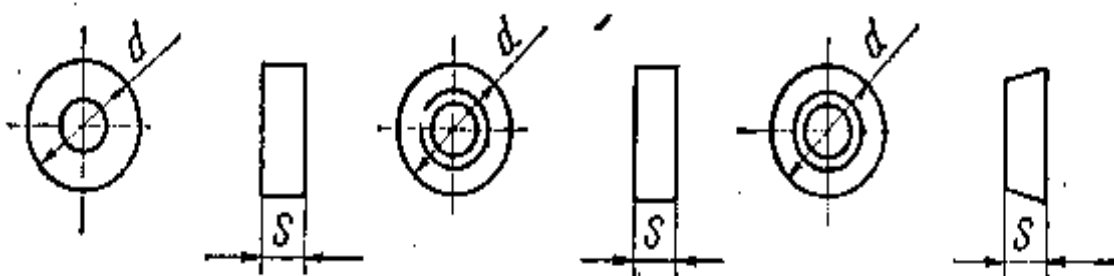
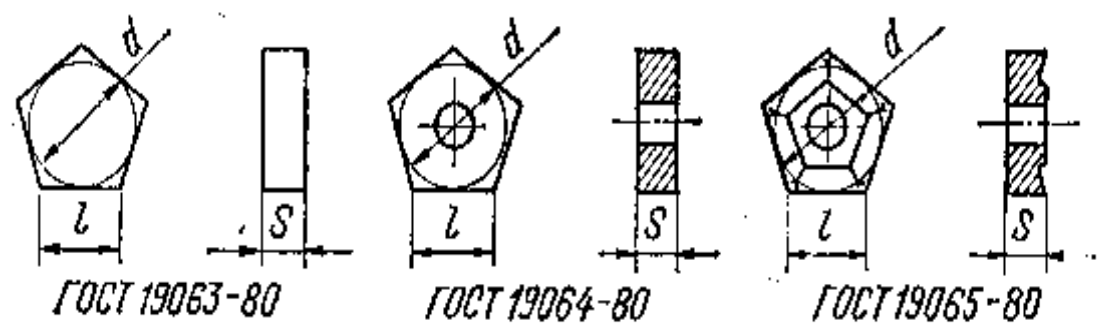
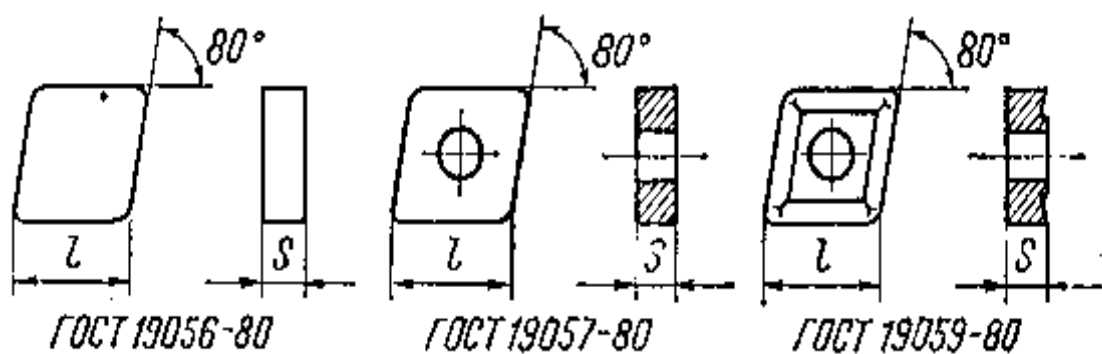
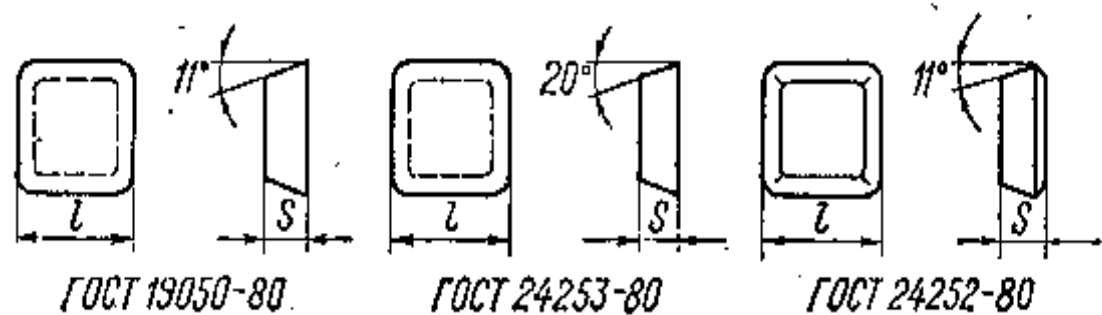
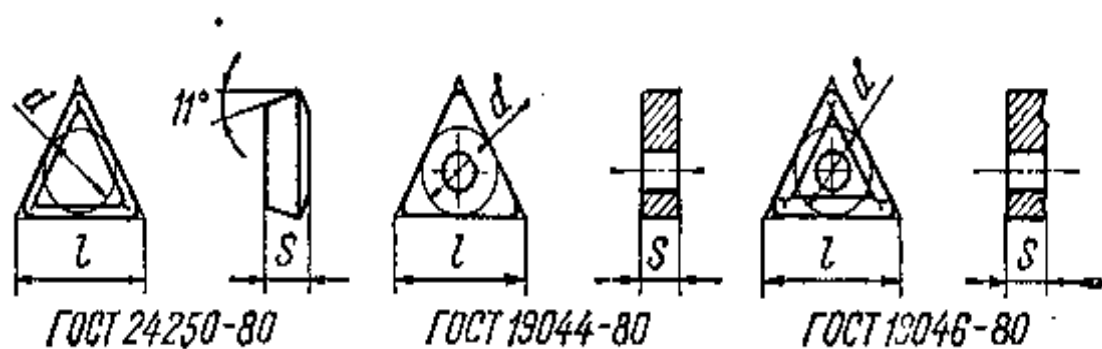
## Граничні відхилення основних розмірів багатогранних пластин, мм



Розмір	Ступені точності				
	U	M	E	G	C
<b>d<sub>ВП</sub>:</b> До 9,525 від 9,525 до 12,700 від 12,700 до 22,225 від 22,225	±0,08 0,13 0,18 0,25	±0,05 0,08 0,10 0,13	0,025		
<b>d<sub>0</sub></b>	0,13		0,10		
m при <b>d<sub>ВП</sub>:</b> До 9,525 від 9,525 до 12,700 від 12,700 до 22,225	0,13 0,20 0,27 0,38	0,08 0,13 0,15 0,18	0,025		0,013
S	0,13			0,025	

Промисловістю випускаються циліндричні пластини, багатогранні пластини з числом граней 3, 4, 5, 6. Крім того, випускаються опорні пластини відповідних форм і накладні стружколами.

Основні (габаритні) розміри ріжучих пластин – вписаний діаметр  $d$ , товщина  $S$  і радіус вершини  $r$  – уніфіковані.



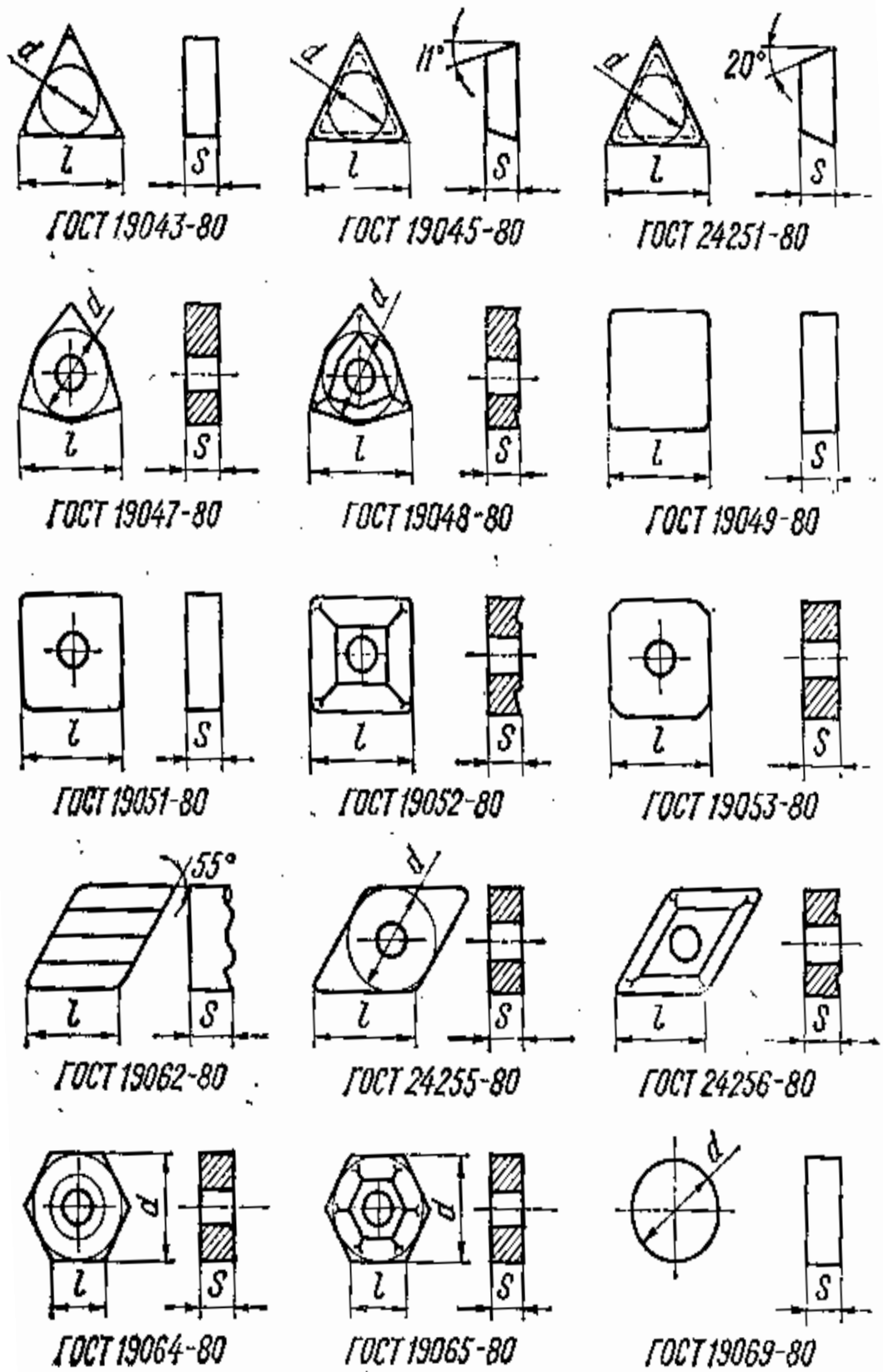


Рис. 23. Форми багатограничних непереточуваних пластин із твердого сплаву

Прийняті наступні значення розмірів, в мм:

$d$  – 6,35; 9,25; 12,700; 15,875; 19,050; 25,400.

$S$  – 3,18; 4,76; 6,35; 7,94.

$r$  – 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4.

По точності виготовлення пластини діляться на п'ять класів: U, M, E, G і C – з граничними відхиленнями розмірів, приведеними табл. 10.

Пластини з мінералокераміки виготовляють класів U і G. Пластини класів точності U і M шліфуються по передній і опорних поверхнях або тільки по опорних поверхнях (пластини із стружколамаючими канавками), пластини класів E, G і C – по передній, опорних і задніх поверхнях (гранях) або тільки по опорних і задніх поверхнях для пластин із стружколамаючими канавками.

Номенклатура і розміри даних пластин передбачені ГОСТ 19043-80 – ГОСТ 19069-80 і ГОСТ 24250-80 – ГОСТ 24256-80 та приведені на рис. 23.

## **2.8 Твердосплавні пластини із зносостійкими покриттями**

Останніми роками в світовій практиці знайшли широке застосування дво- і тришарові інструментальні матеріали, що одержуються шляхом нанесення на основний матеріал зносостійких покриттів з карбиду (TiC), нітрида (TiN) або карбонітрида (TiCN) титану у вигляді тонкого шару товщиною 5-10 мкм. Застосовують також комбіновані покриття, коли на твердосплавну пластину спочатку наноситься шар карбиду титану (0,005 мм), а на нього – шар окису алюмінію (0,001 мм).

Оскільки при переточуванні інструменту зносостійкий шар знімається, покриття наносять в основному на багатогранні непереточувані пластини.

Переваги пластин із зносостійким покриттям: зі збільшенням твердості інструментального матеріалу падає його міцність. Ця суперечність практично нерозв'язна для основних марок твердих сплавів. Пластини ж із зносостійким покриттям поєднують в собі високу міцність базового матеріалу і високу твердість поверхневого шару. Більше того, зносостійке покриття володіє

меншим коефіцієнтом тертя і кращою стійкістю проти захоплювання з оброблюваним матеріалом.

Промислові випробування інструментів, оснащених багатограними твердосплавними пластинами із зносостійкими покриттями, показали, що при точінні і фрезеруванні деталей із сталі та чавуну стійкість їх в 1,5-2,5 рази вища, ніж інструментів з пластинами без покриття. Ще ефективніше застосування інструментів із зносостійким покриттям для обробки важкооброблюваних матеріалів. Тут стійкість підвищується в 3 рази і більше.

Зносостійкі покриття підвищують також стійкість інструменту з швидкорізальної сталі (фрез, свердел, мітчиків) приблизно в 1,5 рази.

В даний час освоєний серійний випуск твердосплавних непереточуваних пластин із зносостійкими покриттями, а також виробництво багатолезових швидкоріжучих інструментів.



Різці відносяться до найбільш поширеної групи ріжучих інструментів. Вони застосовуються для обточування, розточування, підрізання, відрізки, нарізування різьби, стругання, довбання, а також як складові елементи розточувальних деталей і різних комбінованих інструментів.

Згідно класифікації, прийнятої в нашій країні, різці діляться на безліч різновидів, типів і виконань залежно від технологічних груп верстатів (токарні, стругальні, довбальні), виконуваних робіт (прохідні, підрізні, прорізні і відрізні, різьбові, розточувальні тощо), конструкції (цілісні з напайними пластинами, збірні, відігнуті, круглі) і від матеріалу ріжучої частини (швидкорізальні, твердосплавні, алмазні і ін.).

### **3.1 Швидкорізальні і твердосплавні різці з напаяними пластинами**

Промисловістю випускаються і використовуються як швидкорізальні, так і твердосплавні різці.

З появою твердого сплаву застосування різців з швидкорізальної сталі значно скоротилося. Проте є області, де обробка швидкорізальними різцями ефективніша, наприклад обробка поверхонь складного профілю, переривистих поверхонь в деталях з важкооброблюваних матеріалів, нарізання спеціальних різьб, розточування отворів малого діаметру, стругання і довбання.

Стандартизовані і випускаються централізовано наступні конструктивні різновиди різців:

токарні прохідні відігнуті, прямі, кутові, підрізні, розточувальні, прорізні і відрізні, фасонні і різьбові з швидкорізальної сталі згідно ГОСТу 18868-73 та ГОСТу 18878-73;

токарні з пластинами з твердого сплаву згідно ГОСТу 18877-73 та ГОСТу 18885-73;

розточувальні державочні з швидкорізальної сталі згідно ГОСТу 10044-73;

розточувальні державочні з пластинами із твердого сплаву згідно ГОСТу 9798-73;

розточувальні цілісні твердосплавні із сталевим хвостовиком згідно ГОСТу 18062-72 – ГОСТу 18064-72;

довбальні з швидкорізальної сталі згідно ГОСТу 10046-72;

стругальні напайні з швидкорізальної сталі і твердого сплаву згідно ГОСТу 18887-73 та ГОСТу 18894-73. Окрім стандартних різців підприємства в інструментальних цехах виготовляють різці для власних потреб по заводських кресленнях.

З метою уніфікації різцетримачів верстатів перерізи різців стандартизовані. Прийнятий наступний ряд розмірів перерізів  $B \times H$ , мм: 4×4; 6×6; 8×8; 10×10; 12×12; 16×16; 20×12; 20×16; 20×20; 25×16; 25×20; 25×25; 32×20; 32×25; 32×32; 40×25; 40×32; 40×40; 50×32; 50×40; 63×50.

Квадратна форма перерізу застосовується для різців, використовуваних на токарно-револьверних верстатах і автоматах, а також на верстатах з ЧПУ. Різці прямокутної форми з відношенням сторін  $H : B = 1,6$  застосовуються для чистової і напівчистової обробки, а з  $H : B = 1,25$  – для чорнової обробки. Окрім різців з призматичним перетином застосовуються різці з круглим перетином. Це розточувальні і різьбові різці, що дозволяють коректувати кути різання за рахунок розвороту в державці.

### **3.2 Прохідні, підрізні і розточувальні різці**

Прохідні, підрізні і розточувальні різці з напаяними ріжучими пластинами відрізняються великою різноманітністю форм робочої частини і геометричних параметрів. Вітчизняною інструментальною промисловістю випускаються дані різці всіх розмірів перетинів.

Стандартами передбачаються два виконання різців залежно від кута врізання пластин в корпус. Різці для обробки чавуну і інших крихких матеріалів мають кут врізання, рівний  $10^\circ$ , а для обробки сталі і в'язких матеріалів –  $0^\circ$ . Необхідність двох виконань обумовлена наступними причинами. При обробці крихких матеріалів не вимагається спеціального заточування для дроблення стружки, а оптимальний передній кут рівний  $10^\circ$ , тому різці з таким же кутом врізання практично не вимагають трудомісткого заточування і переточування. В той же час на різцях для обробки в'язких матеріалів, як правило, заточують лунку або ступінчасту форму, що значно легше зробити на передній поверхні з кутом врізання  $0^\circ$ , не зменшуючи міцності пластини.

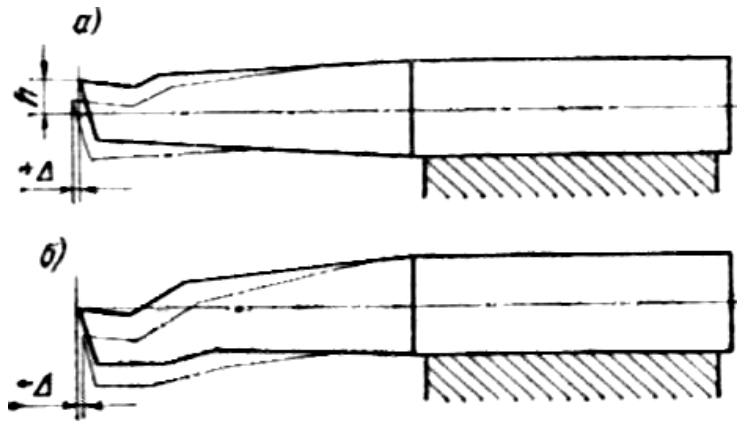


Рис. 24. Типи розточувальних різців і схеми деформації їх робочої частини в процесі обробки

Розточувальні різці виготовляють двох типів. Перший тип – це різці, ріжуча кромка яких розташована вище за вісь корпусу різця (рис. 24,а). Різці другого типу мають відігнуту вниз робочу частину (рис. 24,б). Вони одержали назву вібростійких.

Вібростійкість таких різців пояснюється просто. При деформації тонкої циліндрової робочої частини різця, у якого ріжуча кромка розташована вище нейтральної осі, ріжуча кромка врізається в оброблювану поверхню (див. рис. 24), збільшуються товщина шару, що знімається, і зусилля різання. Навпаки, якщо ріжуча кромка знаходиться на рівні нейтральної осі, прогин

різця відводить ріжучу кромку від оброблюваної поверхні і тим самим зменшує зусилля різання.

Отже, при появі в процесі різання сил, збудливих вібрацій, в першому випадку вони посилюватимуться, в другому – зменшуватимуться.

Необхідно відзначити ще одну обставину, сприяючу підвищенню вібростійкості різців другого виконання. Як видно з рис. 25, різець вібростійкого виконання може мати дещо більший переріз, ніж звичайний, за рахунок сприятливішого його розташування в розточуваному отворі. При цьому жорсткість різця збільшується майже в 6 разів.

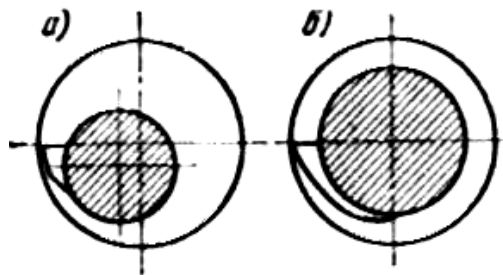


Рис. 25. Схеми розташування перерізу розточувальних різців в оброблюваному отворі:  
а - звичайного виконання; б - вібростійкого виконання

Практика показала, що різці вібростійкої конструкції дозволяють в 1,3-2 рази підвищити швидкість різання в порівнянні з різцями звичайної конструкції.

Централізовані різці, що випускаються, мають один і той же задній кут  $\alpha=8^\circ$  і плоску передню поверхню з переднім кутом  $\gamma=0^\circ$  або  $\gamma=10^\circ$  залежно від кута врізання пластин.

При використанні їх піддають додатковому заточуванню відповідно до рекомендацій для конкретних умов обробки (матеріалу деталі, характеру операції, виду різця, стану устаткування тощо).

Так, рекомендоване значення заднього кута  $\alpha$  для обробки чавунів, вуглецевих і легованих сталей, а також неіржавіючих сталей з  $\sigma_B=90-120$  кгс/мм<sup>2</sup> рівне  $8-10^\circ$ ; для високоміцних сталей і сплавів, у тому числі і титанових сплавів,  $\alpha=10-11^\circ$ .

Для чистової обробки рекомендують на задній поверхні різця заточувати фаску  $f=0,07-0,1$  мм заднім кутом  $\alpha=0^\circ$  (рис. 26,а). Така фаска укріплює ріжучу кромку, знижує питомий контактний тиск на задній поверхні, інтенсивність радіального зносу і висоту мікронерівностей обробленої поверхні. Встановлено, що значне підвищення стійкості різців (у 3-4 рази) досягається, якщо задню поверхню заточити у вигляді фаски  $f=0,4$  мм з  $\alpha=0^\circ$ , як показано на рис. 26,б. При такому заточуванні знос на задній поверхні залишається постійним і рівним 0,4 мм на всьому періоді стійкості різця. Форма передньої поверхні різців і значення передніх кутів вибираються залежно від оброблюваного матеріалу і подачі.

Для швидкорізальних різців згідно ГОСТу 18868-73 рекомендуються чотири форми заточування передньої поверхні (рис. 27). Плоска форма з позитивним переднім кутом  $\gamma=10^\circ$  (рис. 27,а) рекомендується для обробки сталі з  $\sigma_b > 80$  кгс/мм<sup>2</sup>, сірим чавуном НВ>220, бронзи і інших крихких матеріалів. Форма заточування, показана на рис. 27,б, відрізняється від попередньої збільшеним до  $14^\circ$  переднім кутом, що дозволяє ефективно використовувати її при обробці м'якших матеріалів – сталі з  $\sigma_b=80$  кгс/мм<sup>2</sup> і чавуном НВ1220. Обидві форми прості в заточуванні.

Криволінійні форми передньої поверхні, виконані у вигляді лунки, забезпечують закручення і дроблення стружки при обробці в'язких матеріалів. Заточування з глибшою лункою  $\gamma=25^\circ$  і фаскою з кутом  $0-5^\circ$  (див. рис. 27,в) доцільно використовувати для в'язких сталей з  $\sigma_b=80$  кгс/мм<sup>2</sup>. При обробці легких сплавів лунку необхідно заточувати без фаски. Розміри фаски канавки залежать від режимів різання, і в основному, від подачі. Більшій подачі відповідають великі значення  $f$ ,  $r$  і  $A$ .

У табл. 11 ці розміри приведені для чорнової і напівчистової обробки залежно від перерізу різців. Ширина фаски для розточувальних різців менша, ніж для прохідних і підрізних, із-за меншої їх жорсткості, а значить і роботи з меншою подачею.

Обробку матеріалів з  $\sigma_B=80-100$  кгс/мм<sup>2</sup> рекомендується проводити різцями з криволінійним заточуванням і переднім кутом  $\gamma=10^\circ$  (див. рис. 27,а).

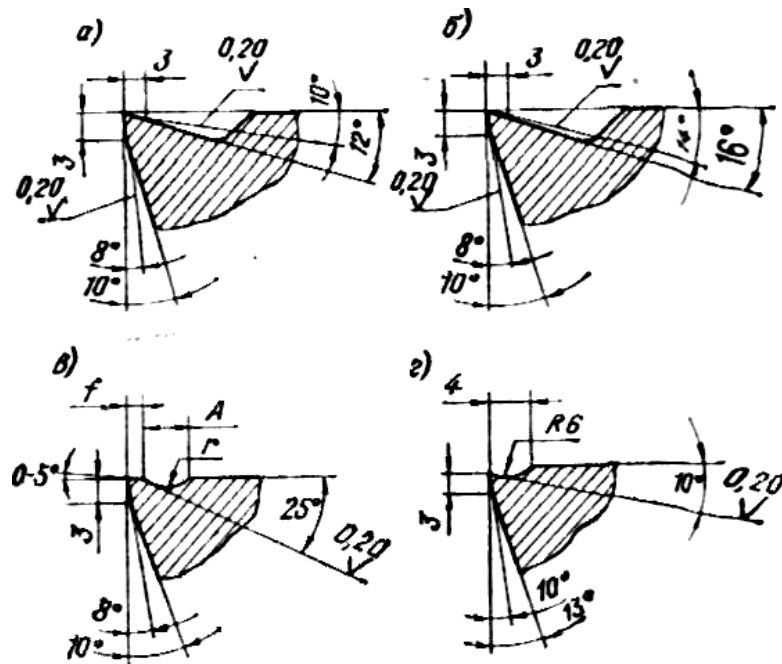


Рис. 27. Форми заточування різців з швидкоріжучої сталі

Для твердосплавних різців ГОСТ 18877-73 рекомендує декілька форм заточування передньої поверхні (рис. 28). Обробку сірого чавуну, бронзи і крихких матеріалів доцільно проводити різцями з плоским заточуванням і позитивним переднім кутом  $\gamma=8^\circ$  (рис. 28,а).

Плоске заточування з позитивним переднім кутом і негативною фаскою  $\gamma_f=-5^\circ$  (рис. 28,б) рекомендується для ковкого чавуну, сталі і сталевого литва з ( $\sigma_B=80$  кгс/мм<sup>2</sup>) та міцнішої сталі при недостатній жорсткій технологічній системі і небезпеці викришування ріжучої кромки. Негативна фаска  $f$ , розміри якої від 0,01 до 1,2 мм, зміцнює ріжучу кромку при збереженні позитивного переднього кута.

На рис. 28,в показана передня поверхня, виконана у вигляді виступу з негативною фаскою  $f$  та переднім кутом  $\gamma_f=-5^\circ$  і головним переднім кутом  $\gamma=10^\circ$ . Ширина виступу  $A$  рівна 4-5 мм, а радіус  $r=1,5-1,8$  мм (великі значення  $A$  і  $r$  слід приймати для різців з перерізом тіла 32×25 мм і більше).

Така форма передньої поверхні забезпечує закручування або дроблення стружки при обробці сталі з  $\sigma_B=80$  кгс/мм<sup>2</sup>.

При чорновій обробці сталі і сталевого литва з  $\sigma_B > 80$  кгс/см<sup>2</sup>, а також при роботі з ударами на верстатах підвищеної жорсткості необхідна міцна ріжуча кромка. Це досягається заточуванням фаски: 2-4 мм з  $\gamma_\phi = -5^\circ$  і передні поверхні з  $\gamma = 0^\circ$  (рис. 28, з).

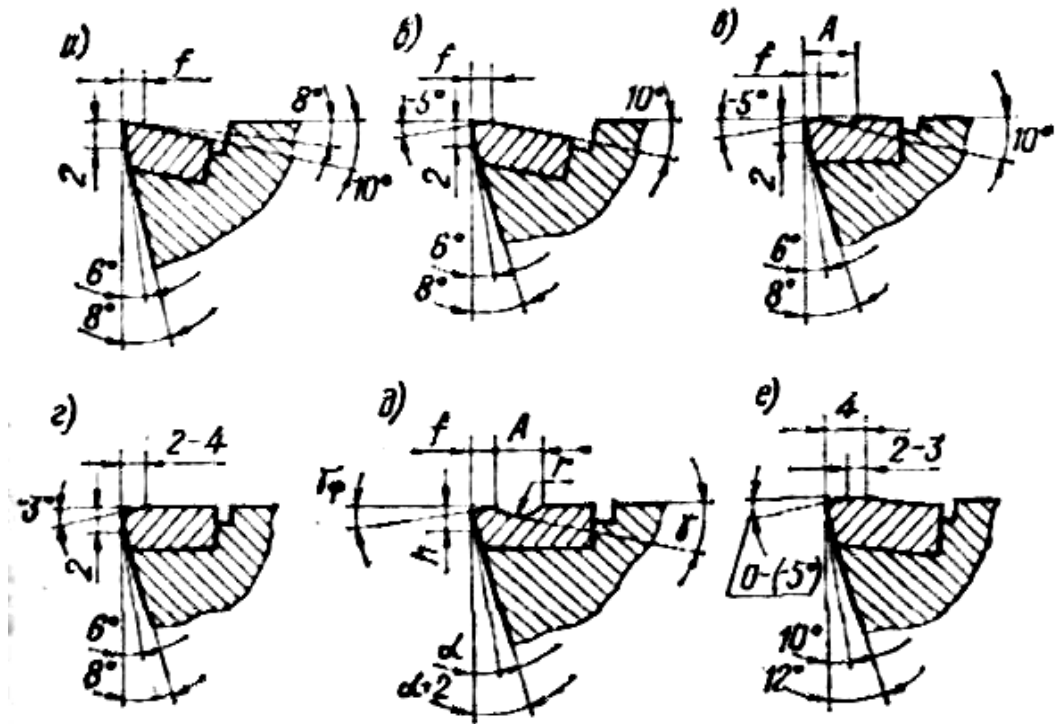


Рис. 28. Форми заточування різців з пластинами із твердого сплаву.

Таблиця 11.

Рекомендовані значення параметрів заточування різців з швидкорізальної сталі (рис. 27, в) в мм.

Параметр заточування	Перетин різців ВХН, мм					
	12X12 16X10	16X16 20X12	20X20 25X16	25X25 32X20	32X32 40X25	40X40 50X32
Ширина фаски $f$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	—
Радіус канавки $r$	3	5	8	12	15	18
Ширина канавки $A$	2,5	4	7	10	13	15

У чисельнику дані значення для прохідних і підрізних різців, в знаменнику – для розточувальних різців.

Для обробки важкооброблюваних сталей і сплавів з  $\sigma_b$  до 120 кгс/мм<sup>2</sup> рекомендується форма, радіусу лунки, на передній поверхні (рис. 28,д). При заточуванні, радіусу, утворюється вита стружка, яка легко сходить по передній поверхні, а фаска з нульовим або негативним переднім кутом зміцнює ріжучу кромку. Ширина фаски і радіус кривизни канавки залежать від міцності і в'язкості матеріалу та подачі (табл. 12).

Таблиця 12.

**Рекомендовані значення параметрів заточування різців з твердого сплаву (по рис. 28) залежно від межі міцності оброблюваної сталі.**

$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	Розміри, мм				Кути, град		
	A	<i>f</i>	<i>h</i>	<i>r</i>	$\gamma$	$\alpha\theta$	$\gamma_f$
<85	3,5	0,2-0,3	1-2	6	16	8	3
70-100	4	0,1-0,3	2-3	10	12	10	0-(-5)
до 120		0,15-0,4		6	3-5		0-5
до 130				8-10			

Для обробки високоміцних матеріалів рекомендується плоска форма заточування (рис. 28,е) з негативною широкою фаскою.

### 3.3 Відрізні різці

Відрізка заготовок на токарних верстатах залишається однією з найбільш складних операцій металообробки. Неприятливі умови освітлення і відведення стружки, недостатні міцність і жорсткість ріжучих елементів і робочої частини інструменту перешкоджають застосуванню високих режимів різання, викликають часті поломки інструменту. До недоліків відрізних різців слід віднести також надто малі допоміжні задні кути  $\alpha_1$  складові для напаяних різців 1-2°, що є однією з причин їх низької стійкості. Тому вибір конструкції і розмірів відрізних різців для конкретних умов обробки, а також



раціональна їх експлуатація мають дуже важливе значення для підвищення продуктивності праці і скорочення витрати інструменту.

Відрізні різці можна розділити на три групи: цілісні різці з напайними ріжучими пластинами, збірні конструкції, що складаються із змінних пластинчастих напайних різців, що закріплюються в утримувачі (корпусі), і відрізні різці з механічним кріпленням твердосплавних пластин. Конструкція, розміри і області застосування відрізних напайних різців. Цілісні відрізні різці з напайними пластинами стандартизовані і випускаються централізовано. Їх конструкція показана на рис. 29.

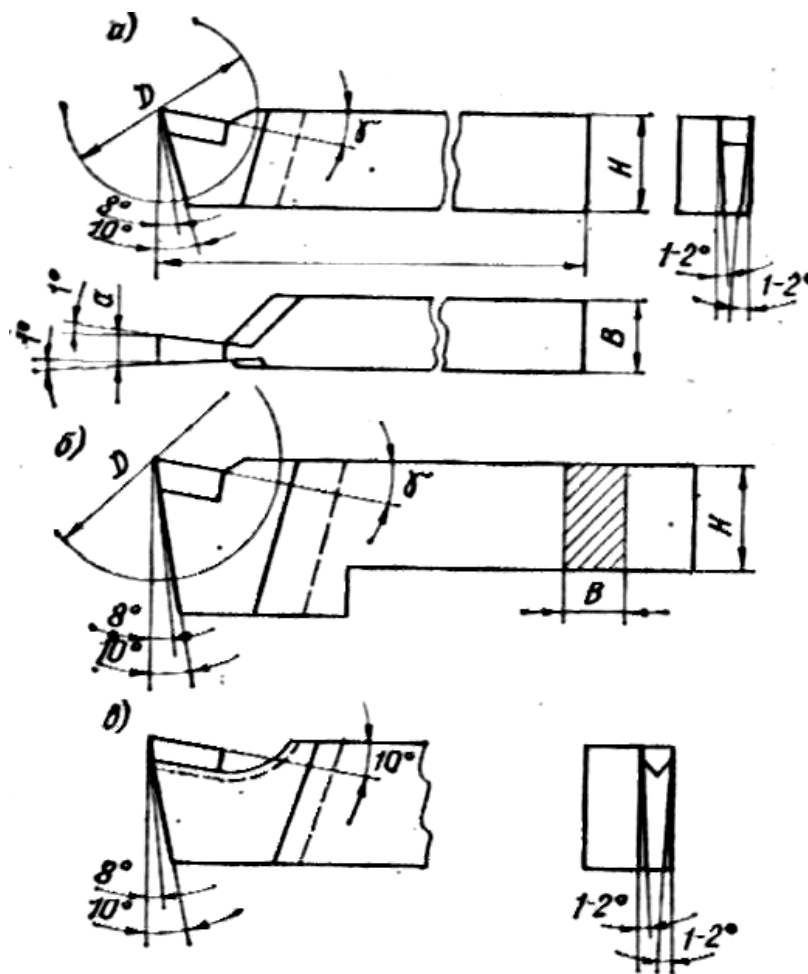


Рис. 29. Конструкції стандартних відрізних різців:  
 а – із швидкоріжучої сталі згідно ГОСТу 18874-75; б, в – оснащених пластинами з твердого сплаву згідно ГОСТу 18884-75

Перевагами відрізних швидкоріжучих різців є вища стабільність роботи, легше заточування і можливість використання різців з мінімальною шириною ріжучої частини. Їх доцільно застосовувати у тому випадку, коли використання

твердосплавних різців не дає помітного ефекту, наприклад для відрізання деталей діаметром до 16 мм, коли швидкість різання не перевищує 40 м/хв (див. рис. 17) , або для відрізання деталей з м'яких матеріалів (дюралі, латуні).

Твердосплавні відрізні різці згідно ГОСТу 18884-79 випускаються в чотирьох виконаннях. Виконання 1 і 2 – це звичайні різці з призматичною затискною частиною, що відрізняються між собою формами твердосплавних пластин (рис. 29,а і в). Такі різці дозволяють відрізати заготовки діаметром до 70 мм. Різці виконань 3 і 4 (рис. 29,б) мають посилену робочу частину і завдяки цьому дозволяють проводити відрізання заготовок більшого діаметру. Різці виконань 1 і 3 (рис. 29,в) володіють більшою міцністю з'єднання пластини і сталевго корпусу, допускають роботу з подачами в 1,5-2 рази більшими, ніж різці виконань 2 і 4.

Збірні відрізні різці. Переваги збірних відрізних різців, що складаються з пластинчастого ножа, утримувача і затискних деталей, перед цілісними наступні:

знижуються загальна трудомісткість виготовлення і витрата металу – виготовити один корпус і 15 простих ножів до нього дешевше, ніж виготовити 15 цілісних різців;

є можливість регулювання робочого вильоту ножів залежно від діаметру відрізуваної деталі, тобто виключити самостійні вильоти, що у багатьох випадках є резервом підвищення жорсткості;

у збірній конструкції різця з метою підвищення жорсткості ніж можна виконувати значної висоти, не залежної від розмірів утримувача, що особливо необхідно при відрізці деталей великого діаметру.

Створено багато різних конструкцій збірних відрізних різців, проте багато хто з них не знайшов широкого застосування із-за властивих їм недоліків, наприклад наявність невживаного окремого вильоту, що досягає 30-40% від загального вильоту, необхідності використання для заточування ножів спеціальних утримувачів і ін. Ці недоліки виключені у збірних різців, що виробляються централізовано інструментальними заводами. Один з таких

різців, запропонований М.Р. Аникіним, показаний на рис. 30. Він складається з корпусу, двостороннього відрізного ножа і затискного гвинта.

Зусилля різання при відрізці сприймаються опорою корпусу і циліндричною частиною гвинта. Виготовляються різці з ножами із швидкорізальної сталі та напаяними твердосплавними пластинами. Залежно від максимального діаметру відрізка (40, 60 і 75 мм) різці комплектуються ножами з висотою  $h$ , рівної відповідно 20, 25 і 30 мм, і по ширині ріжучої кромки 4 і 5 мм.

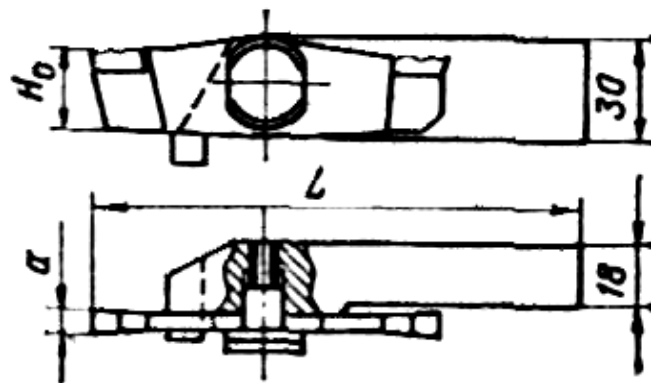


Рис. 30. Збірний відрізний різець конструкції М. Р. Аникіна

Для відрізки заготовок діаметром 80-160 мм можна рекомендувати різець (рис. 31), у якого пластинчастий ніж  $1$  розташований в пазу утримувача  $3$ . При загортанні гвинта  $4$  ніж закріплюється між стінками паза.

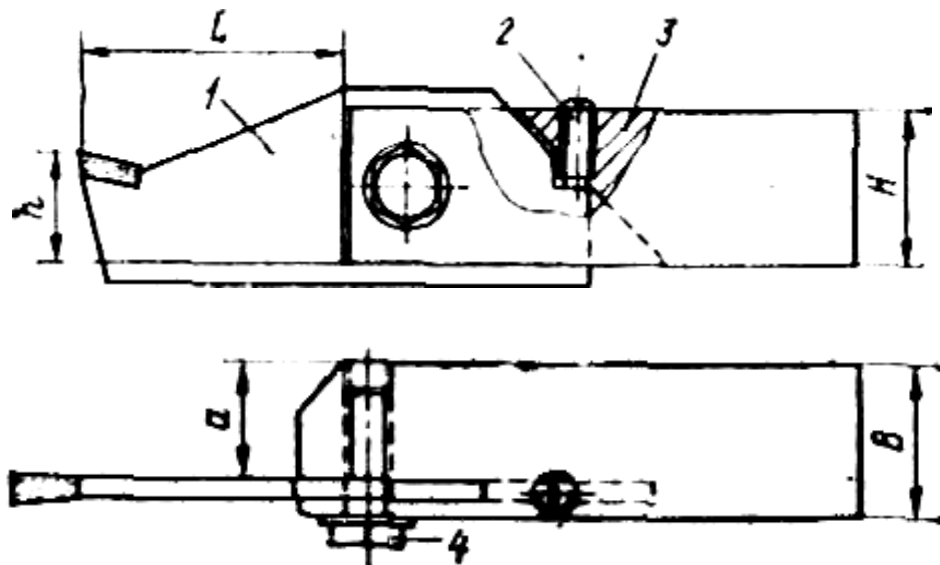


Рис. 31. Збірний відрізний різець підвищеної жорсткості

Проте цього недостатньо для сприйняття зусиль різання, тому додатково передбачений гвинтовий упор 2, який служить також для регулювання ріжучої кромки по висоті осі заготовки.

У конструкції даного різця поєднуються високі жорсткість утримувача і ножа (ніж має висоту більше, ніж висота утримувача) і вібростійкість. Запобіганню виникненню вібрацій сприяють сили тертя між стінками ножа і паза утримувача. Різець стійко і надійно працює при  $v=100-200$  мм/хв і  $S=0,2-0,35$  мм/об.

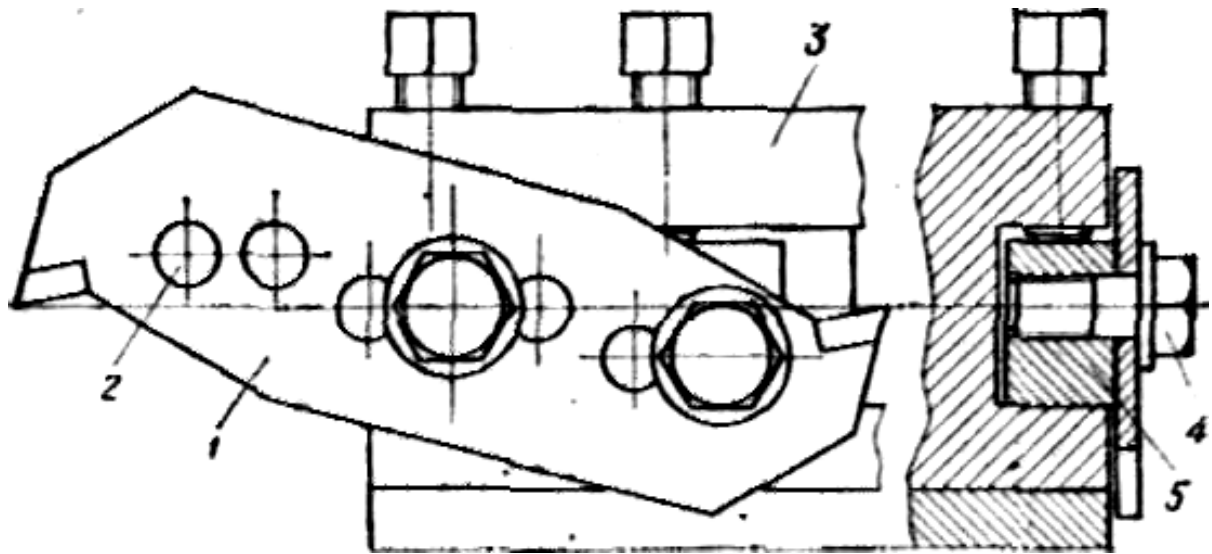


Рис. 32. Збірний дволезовий різець

Збірний дволезовий різець (рис. 32) призначений для роботи на важких токарних верстатах при відрізці заготовок діаметром до 320 мм. Ніж 1 з двома ріжучими лезами кріпиться до утримувача 5 двома гвинтами 4 і збоку через отвори 2. Похиле (під кутом  $10-15^\circ$  до опорної площини утримувача) розташування створює високу жорсткість різця при різанні. Положення отворів в пластині розраховане так, що забезпечує можливість зміни робочого вильоту ножа, а також можливість установки різця в різцетримачі 3 в звичайне і перевернуте положення.

Пропонується два типорозміри різців: один – відрізки деталей діаметром до 180 мм на токарних верстатах з висотою центрів 200-300 мм, інший – до 320 мм на токарних верстатах з висотою центрів 400-500 мм.

### *Форма робочої частини і геометрія відрізних напаяних різців*

Робоча частина всіх відрізних різців є тонкою сталеву пластину, на яку напаяна ріжуча пластина (рис. 33,а). Залежно від конструкції різця сталеву пластина може бути виконана як одне ціле з корпусом різця або окремо. В останньому випадку пластина кріпиться до корпусу механічним шляхом.

Головні кути, передній  $\gamma$  і задній  $\alpha$ , можуть змінюватися в широких межах, не роблячи істотного впливу на міцність і жорсткість робочої частини. Вибір же допоміжних кутів  $\varphi_1$  і  $\alpha_1$ , обмежений малими значеннями, оскільки вони стоншують робочу частину в горизонтальному і вертикальному перерізі, тим самим значно знижуючи її жорсткість. Так, наприклад, якщо прийняти  $\varphi_1 = \alpha_1 = 1^\circ$   $h=25$  мм;  $l=35$  мм;  $a=4$  мм, то після заточування товщина робочої частини в найбільш віддаленому від ріжучої кромки перерізі матиме наступні значення: зверху  $a_1=3,15$  мм, знизу  $a_2=2$  мм. Це означає, що жорсткість в даному перерізі буде приблизно в 4 рази зменшена в порівнянні з жорсткістю в тому ж перетині до заточування кутів.

Стоншування робочої частини можна зменшити, якщо заточування допоміжних задніх кутів проводити периферією шліфувального круга, як показано на рис. 33,б. При цьому задній кут  $\alpha_1$  може бути збільшений до  $4-6^\circ$ , тобто до оптимальних значень для відрізних різців. Таких же значень задніх допоміжних кутів можна досягти, якщо товщину сталеву тіла заготовки прийняти менше на 1 мм, чим товщина пластини, що напаяється. Особливо сприятливе використання для цього пластин, опорна поверхня яких виконана кутовою (з кутом  $90^\circ$ ). Такі пластини добре центруються при паянні в призматичній канавці різця, і, крім того, вони виготовлені з допоміжним кутом в плані  $\varphi_1=2^\circ$  і  $\alpha_1=3^\circ$  (тип 13, ГОСТ 17163-82). Заточування і

переточування задніх допоміжних різців з такими пластинами слід проводити тільки по твёрдосплавній пластині алмазним кругом, прагнучи знімати мінімальний шар, зберігаючи тим самим надовго різницю в ширині ріжучої кромки  $a$  і товщині сталевго корпусу.

Форму ріжучої кромки передньої поверхні і значення головних переднього і заднього кутів необхідно вибирати залежно від умов обробки (оброблюваного матеріалу, діаметру відрізуваної головки і жорсткості верстата).

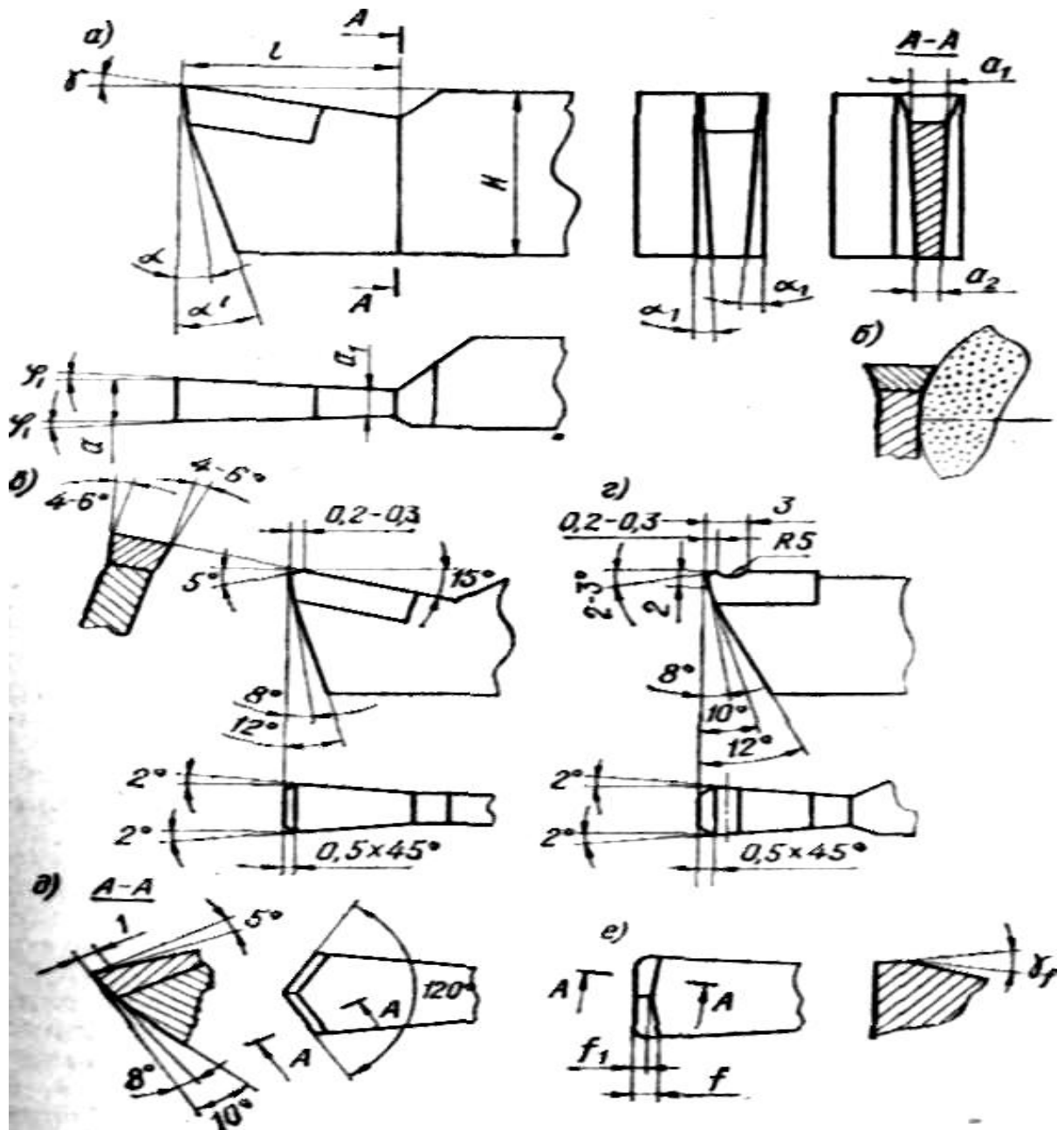


Рис. 33. Робоча частина відрізних різців

Геометричні параметри відрізних різців, показані (рис. 33,в), рекомендуються для відрізки заготовок з конструкційної вуглецевої і легованої сталі при високій жорсткості ВПД. Для відрізки заготовок з нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів застосовують різці з лункою на передній поверхні (рис. 33,г), а з титанових сплавів – різці із заламаною ріжучою кромкою під кутом  $120^\circ$  (рис. 33,д), що забезпечують роздвоєння стружки, яка утворюється, і краще її видалення із зони різання. Таким же ефектом володіють різці із заточуванням, показаним (рис. 33,е). Дві негативні фаски на передній поверхні, що збільшуються у напрямку до торців ріжучої частини, зміцнюють, крім того, ріжучу частину на куточках. Рекомендується наступні значення геометричних параметрів заточування:  $f = (1-2) S$ ;  $f_1 = 0-0,2$  мм;  $r = 0,2-0,8$  мм;  $\gamma_f = 2-10^\circ$ . Застосування відрізних різців з даною геометрією особливо ефективно використовувати на верстатах підвищеної жорсткості.

### **3.4 Відрізні і канавочні різці з механічним кріпленням твердосплавних пластин**

Механічне кріплення твердосплавних пластин дозволяє виключити один з головних недоліків відрізних різців з напаяними пластинами – низьку надійність в роботі, обумовлену виникненням мікротріщин при паянні і заточуванні, стоншуванням сталеві робочої частини при заточуванні допоміжних кутів  $\phi_1$  і  $\alpha_1$  що призводить до зниження жорсткості різця. Навіть при незначному пошкодженні пластини в процесі відрізки різець, як правило, виходить з ладу і непридатний для подальшого використання.

Знайшли застосування різці з механічним кріпленням переточуваних і непереточуваних твердосплавних пластин.

На рис. 34 показаний різець з механічним кріпленням переточуваної пластини для легких робіт.

У різцеві є змінна сталева пластина 1, яка кріпиться на корпусі 6 за допомогою гвинта 5.

В одному з чотирьох в-подібних пазів сталеві пластини встановлена ріжуча твердосплавна пластина 2 (тип 13, ГОСТ 17163-J2). Зверху твердосплавна пластина закріплена затискачем 3 за допомогою гвинта 4. Уступ затискача служить упором повздовжнього положення пластини. Конструкція різця забезпечує можливість регулювання повздовжнього положення твердосплавної пластини після переточування щодо сталеві пластини в результаті переміщення останньої на корпусі. Регулювання можна виконати також переміщенням самого затискача, для чого на корпусі передбачені поперечні канавки, в які впирається друге плече затискача. Застосовуючи затискачі різної довжини, можна змінювати виліт робочої частини різця. У сталевій пластині для цього є паз 7. Настройка вильоту робочої частини і попереднє закріплення пластини (легке затискання) здійснюються поза верстатом.

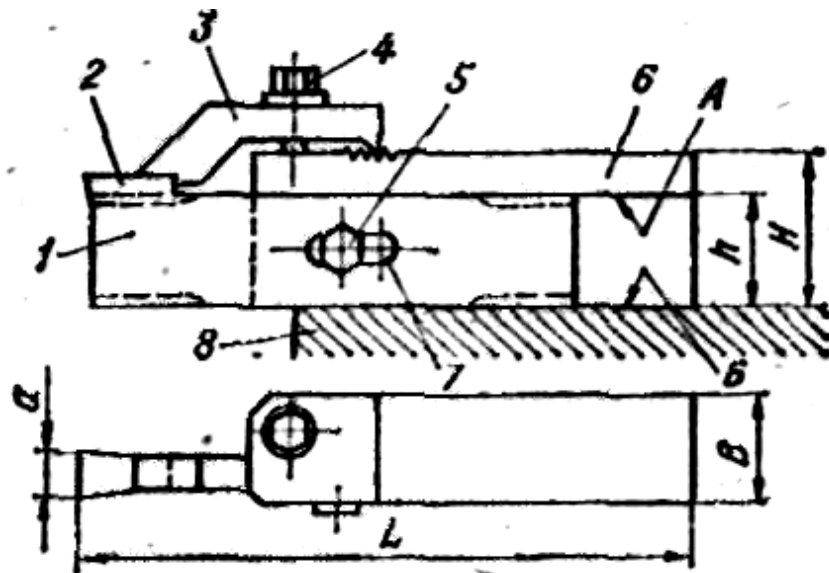


Рис. 34. Відрізні різці з механічним кріпленням твердосплавних пластин конструкції

Остаточне закріплення пластини затискачем проводиться після установки і закріплення різця на верстаті, коли сталеві пластина позбавлена можливості повороту в утвореному між уступом А корпусу 6 і опорною площиною Б різцетримача 8 (за розміром L). Різець описаної конструкції



дозволяє проводити відрізки заготовок з прутків діаметром до 70 мм з труб завтовшки до 60 мм. За кордоном знайшли широке застосування відрізни різці з механічним кріпленням непереточуваних твердосплавних пластин. В різях шведської фірми Coromant (рис. 35,а) призматична пластина 1 заздалегідь кріпиться пружною пелюсткою 2, а в процесі різання вона підтискається до баз зусиллями різання. Для зняття пластини застосовується спеціальний ключ з ексцентриком, який підводить пелюстку, звільняючи пластину.

Ріжучі і установочні елементи пластини (рис. 35,б) виходять після спікання. На передній поверхні пластини є виямка, що полегшує схід стружки. Після установки пластини в корпус різець має наступні геометричні параметри:  $\alpha=7^\circ$ ;  $\varphi_1=2^\circ$  і  $\alpha_1=6^\circ$ . Вище значення допоміжного заднього кута  $\alpha_1$ , чим у напайних різцях, сприяє підвищенню стійкості різця.

Ріжуча пластина (рис. 36,а) виконана у вигляді клину з кутом  $\psi$ , рівним 10-16°. Нижня поверхня 4 і верхня поверхня 3 пластини мають форму увігнутих призм з кутом  $\theta$ . Передня поверхня 1 має спеціальну геометрію: по краях вона вища, ніж в центрі, де передбачена канавка 5. Уступ 2 служить для того, щоб завивати стружку в спіраль. Ріжуча кромка утворена фаскою з позитивним або негативним (рис. 36,б) переднім кутом  $\gamma$ .

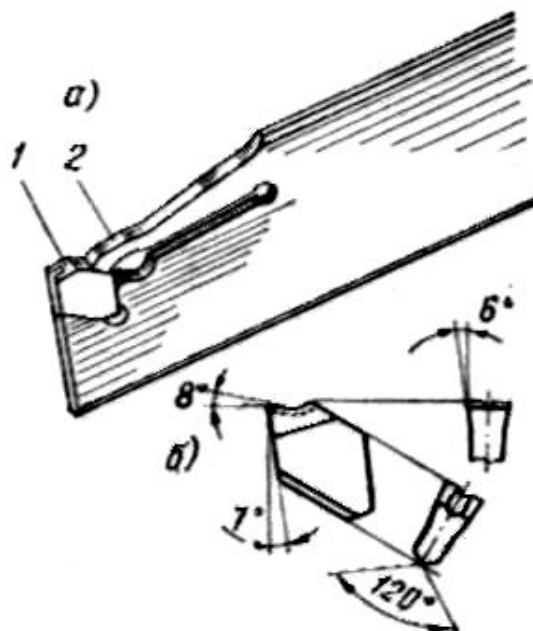


Рис. 35. Відрізний різець фірми Coromant (Швеція).

І в тому, і в іншому випадку між канавкою 5 і ріжучою кромкою повинна залишатися ділянка шириною  $l$ , рівна 0,2-0,3 мм.

Закріплення пластини 7 в корпусі різця 5 (рис. 36,в) відбувається за принципом самозаклинювання під дією зусиль різання. Для цього в корпусі виконаний відповідний паз 9 з таким же кутом клину  $\psi$ , як і у пластини. Стінки паза мають призматичну опуклу форму з кутом  $\theta$ . Кут нахилу опорної площини паза до основної (горизонтальної) площини  $\omega$  різця рекомендується виконувати в межах 10-20°.

Стружка 6, що утворюється в процесі відрізки (рис. 36,г) в перетині має опуклу форму і ширину  $b_1$ , яка менша ширини відрізка  $b$ , що в поєднанні з уступом забезпечує закручування її в спіраль і сприяє вільному виходу з паза без пошкодження стінок деталі і заготовки. Відсутність тертя стружки в пазі значно знижує зусилля, що діють на різець, і температуру в зоні різання, дозволяючи тим самим підвищити швидкість різання і подачу.

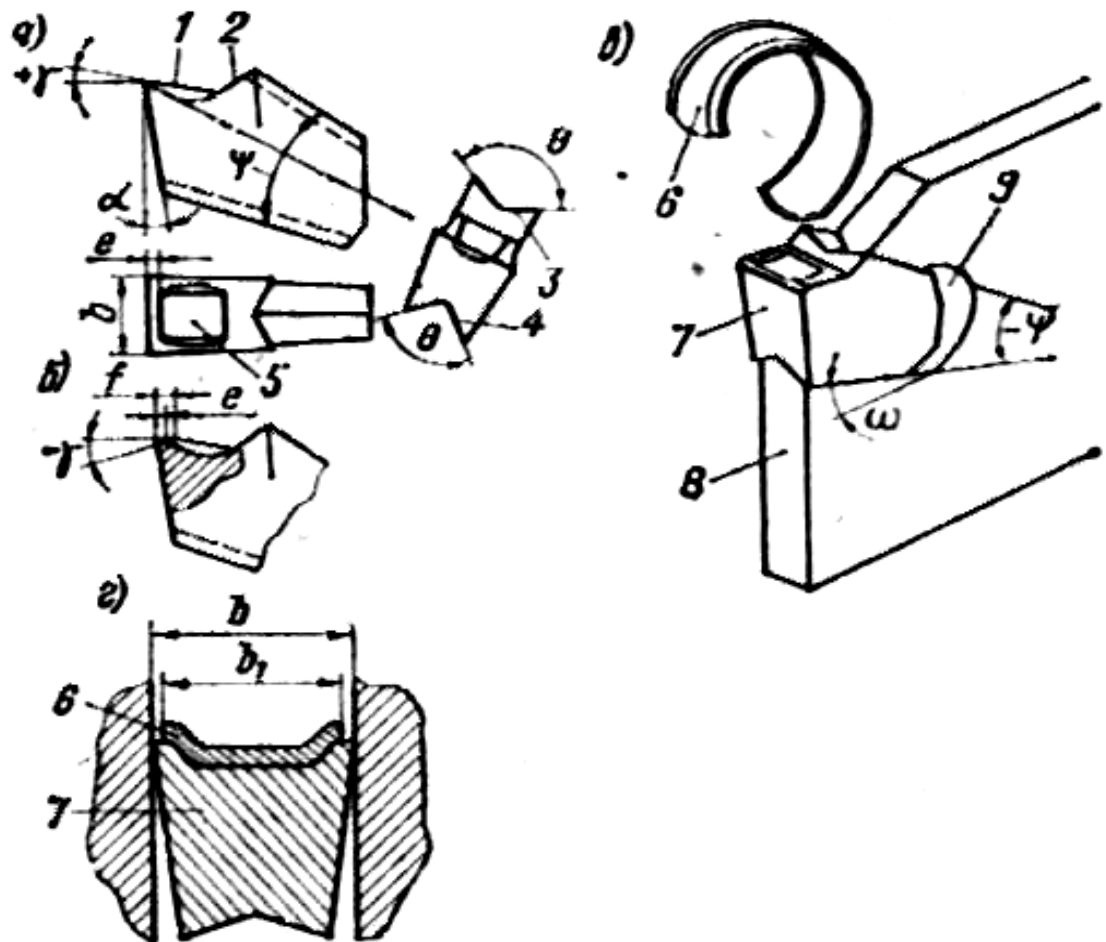


Рис. 36. Відрізний різець з непереточуваною пластиною фірми Wichbok (Австрія)

Такі різці дозволяють також відрізати заготовки більшого діаметру при меншій ширині пластини і працювати з ударними навантаженнями, наприклад при відрізці квадратних заготовок діаметром 100 мм різцем з шириною пластини 2,2-3,1 мм.

### 3.5 Різбові різці

Різбонарізання є одним з найскладніших видів обробки різанням. Це обумовлено наступним: а) геометричні параметри різбових різців визначаються профілем і кроком різби, а не вибираються залежно від властивостей оброблюваного матеріалу; б) режими різання (швидкість, подача і глибина) при різбонарізанні взаємозв'язані, що утруднює вибір їх оптимальних значень; в) різець має сильно загострену вершину ( $\epsilon=60^\circ$ ) з двома головними ріжучими кромками, що приблизно подвоює кількість тепла, яка виділяється, і значно зменшує інтенсивність тепловідводу; г) утворювана стружка має складний переріз, що збільшує жорсткість і що утруднює стікання її по передній поверхні, відбувається велика усадка стружки, має місце наварювання її на передню поверхню; д) сили різання при нарізанні різби приблизно на 50-70% вищі, ніж при звичайному точінні на тих же режимах.

На процес нарізання різби великий вплив робить кут підйому різби  $\omega$  і кут нахилу передньої поверхні  $\lambda$  (рис. 37,а).

Якщо різець встановлений прямо (рис. 37,б), то із-за нахилу ниток різби задні кути  $\alpha'$  і  $\alpha''$  неоднакові. Кут  $\alpha'$  менше кута заточування  $\alpha$  на величину  $\omega$ , а  $\alpha''$  більший на ту ж величину. Неоднакові і передні кути: у лівої кромки передній кут позитивний ( $+\gamma$ ), у правої – негативний ( $-\gamma$ ).

Зменшення заднього кута приводить до посиленого зносу по задній поверхні, а зменшення переднього кута – до збільшення зусилля різання і

погіршення стружкоутворення. Щоб виключити спотворення кутів  $\alpha$  і  $\lambda$  різець нахиляють на кут  $\lambda = \omega$  (рис. 37, в).

Замість нахилу можна застосувати спеціальне заточування різця з тим же кутом  $\lambda$ , але потрібно внести поправки в задні кути по головних ріжучих кромках.

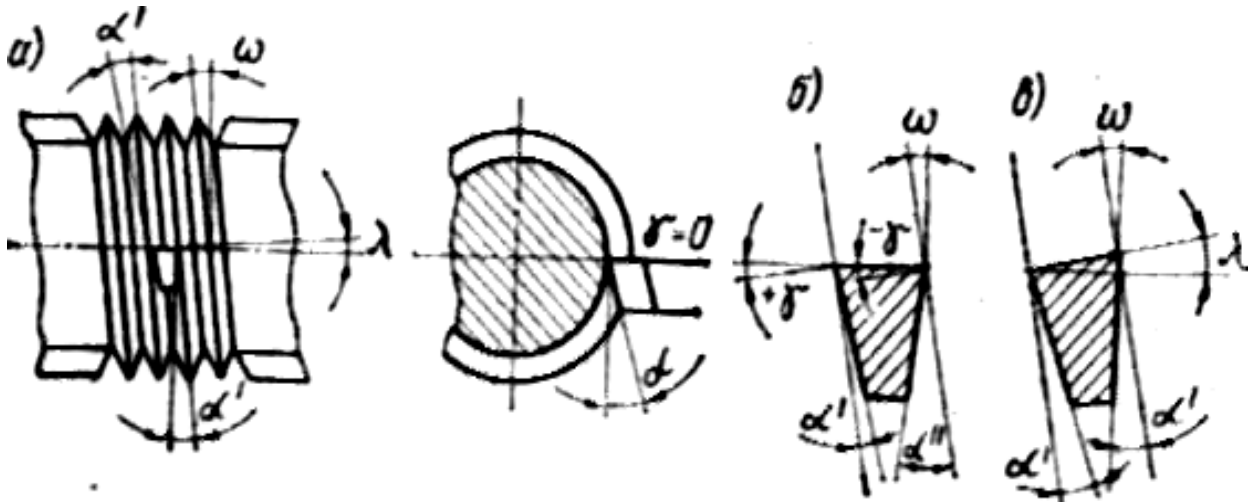


Рис. 37. Схема впливу кута нахилу ниток різьби на передні і задні кути різьбових різців

На рис. 38 представлена робоча частина різьбового різця, із стандартною геометрією. Заточування передньої поверхні з позитивним переднім кутом дуже утруднене. Звичайно передній кут  $\gamma$  в різьбових різцях рівний  $0^\circ$ . Задні кути  $\alpha$  по вершині і бічних ріжучих кромках для обробки чавуну і сталі рекомендується приймати рівними  $8^\circ$ . Для розточувальних різців задній кут по вершині збільшується до  $12^\circ$ .

При нарізанні різьби у важкооброблюваних сталях ( $\sigma_b \geq 100$  кгс/мм<sup>2</sup>) рекомендується приймати великі значення задніх кутів. Для нержавіючих сталей аустенітного класу з  $\sigma_b = 100$  кгс/мм<sup>2</sup>  $\alpha = 10-12^\circ$ .

На рис. 39 показаний різець з швидкорізальної сталі із позитивними передніми кутами конструкції. Передня поверхня виконана у вигляді лунки, одержаної кутовою фрезою. Передній кут такого різця може досягати  $20^\circ$ . Ефективною областю застосування різця з позитивними передніми кутами є

нарізання спеціальних різьб з великим кроком ( $P > 3$  мм) і точних внутрішніх різьб особливо в деталях з важкооброблюваних матеріалів.

Для конструкційних, вуглецевих і нержавіючих сталей з  $\sigma_B \leq 100$  кгс/мм<sup>2</sup> кут  $\gamma$  рекомендується приймати рівним  $15-20^\circ$ , а для сталей з  $\sigma_B > 100$  кгс/мм<sup>2</sup> – рівним  $10-15^\circ$ .

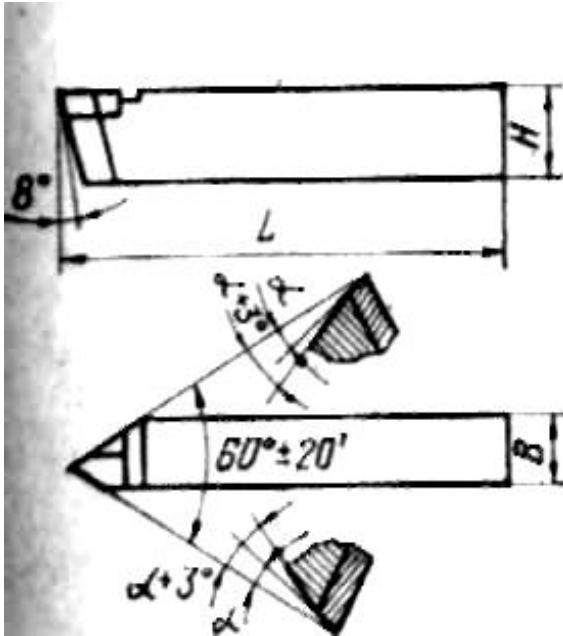


Рис. 38. Робоча частина стандартного різьбового різця.

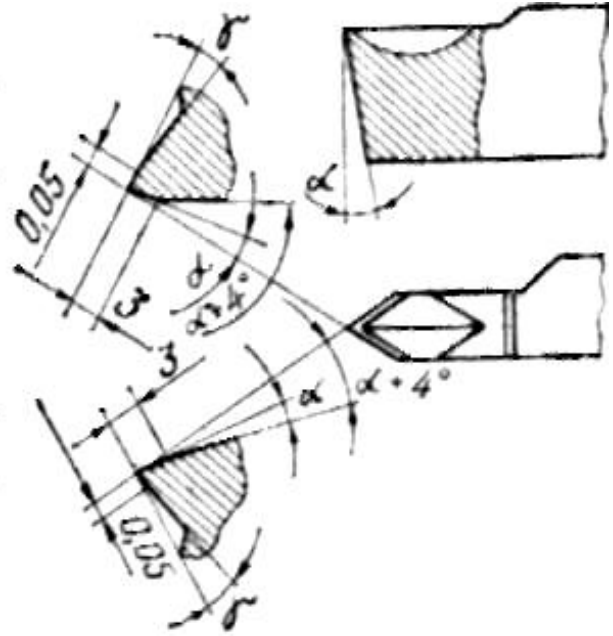


Рис. 39. Різьбовий різць з швидкорізальною для обробки важкооброблюваних сталей

Найбільш навантаженим елементом робочої частини різця є вершина, яка формує западину різьби. Згідно ГОСТу 16093-84 форма западини може бути заокругленою або пласкою. Вершина різця повинна мати аналогічну форму.

При заокругленій формі бічні кромки можуть з'єднуватися по радіусу  $r$  (рис. 40,а) або по фасці (рис. 40,б), причому радіус кривизни на профілі вершини ні в одній точці не повинен бути менший  $0,1 P$ . Пласка форма вершини (рис. 40,в) не має закруглень.

Профіль вершини різців для внутрішньої різьби не обумовлюється, але обмежується граничним розміром  $b_2$  (рис. 40,г). Граничні значення вказаних на рис. 40 розмірів приведені в табл. 13.

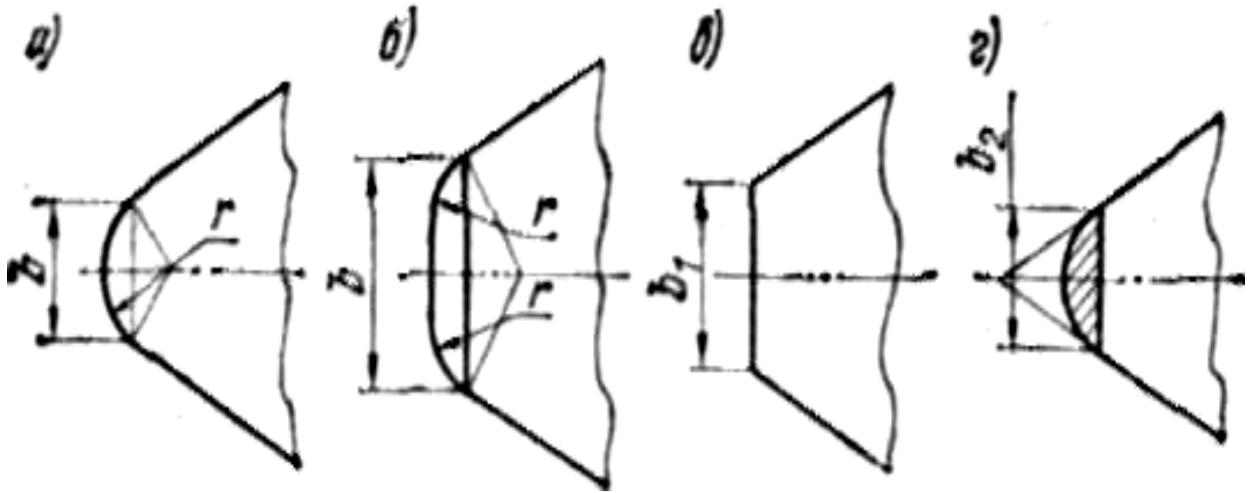


Рис. 40. Варіанти виконання форми вершини різьбових різців

Нарізування різьби проводиться шляхом багатократних проходів з радіальною подачею різця на кожен прохід (рис. 41). Товщина шару  $a$ , що зрізується вершиною різця, рівна подачі. Бічні кромки зрізують шар  $a'$ , товщина якого залежить від кута профілю різьби ( $\psi$ ) і визначається по формулі ( $a'=S \cdot \sin \psi$ ). Для метричних різьб  $a'=0,5 S$ . Глибина різання при нарізанні різьби змінна. На першому проході вона рівна подачі, на останньому – висоті профілю різьби  $H$ . Звичайно весь припуск знімається за декілька чорнових і чистових проходів. Число чорнових і чистових проходів залежить від кроку різьби  $P$  і подачі  $S$ . При нарізанні різьби швидкорізальними різцями рекомендується вводити зачисні проходи при зниженій швидкості різання ( $v=4$  м/хв).

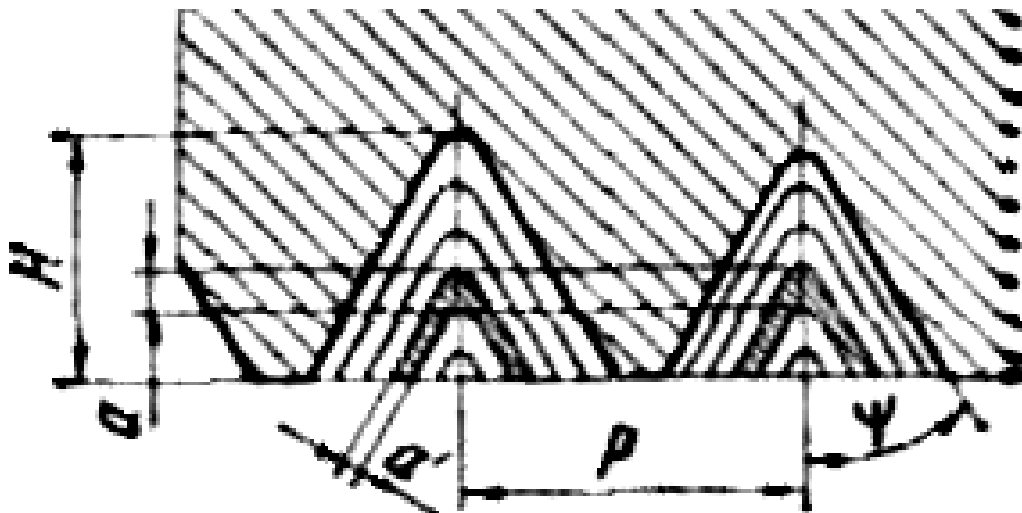


Рис. 41. Схема для визначення товщини шару, що зрізується

Таблиця 13.

## Граничні розміри профілю вершини різбових різців, мм

Крок різби, $P$	Зовнішня різьба					Внутрішня різьба
	$b$		$b_1$		$r$ мін.	$b_2$ макс.
	мін.	макс.	мін.	макс.		
0,50	0,086	0,124	0,062	0,124	0,050	0,062
0,70	0,121	0,176	0,088	0,176	0,070	0,088
0,80	0,138	0,200	0,100	0,200	0,08	0,100
1,00	0,173	0,250	0,125	0,250	0,100	0,125
1,25	0,216	0,312	0,156	0,312	0,125	0,156
1,50	0,254	0,376	0,188	0,376	0,150	0,188
1,75	0,302	0,438	0,219	0,438	0,175	0,219
2,00	0,346	0,500	0,250	0,500	0,200	0,250
2,50	0,432	0,625	0,312	0,625	0,250	0,312
3,00	0,519	0,750	0,375	0,750	0,300	0,375
3,50	0,605	0,875	0,437	0,807	0,350	0,437
4,00	0,695	1,000	0,500	1,000	0,400	0,500
4,50	0,778	1,125	0,562	1,125	0,450	0,562
5,00	0,865	1,250	0,625	1,250	0,500	0,625
5,50	0,951	1,375	0,687	1,375	0,550	0,687
6,00	1,038	1,500	0,75	1,500	0,600	0,750

## 3.6 Цілісні твердосплавні розточувальні різці

Розточування отворів діаметром до 12 мм складне у виробництві. Тонка і довга робоча частина розточувального різця має малу жорсткість і схильна до виникнення вібрацій. Особливо несприятливі умови створюються при розточуванні отворів у важкооброблюваних матеріалах (загартованих і нержавіючих сталях, жароміцних сплавах і сталях), де застосування швидкорізальні розточувальні різці практично неможливе.

Різці з робочою частиною, виконаною повністю з твердого сплаву, поєднують в собі високу ріжучу здатність інструментального матеріалу і жорсткість, внаслідок чого забезпечується можливість обробки точних отворів малого діаметру, збільшуються стійкість, термін служби інструменту і продуктивність праці.

Конструктивно різці виконуються з двох частин: твердосплавної робочої частини 1 і сталевого корпусу 2 (рис. 42). Робоча частина впаяна в отвір корпусу. Різці з кутом в плані  $60^\circ$  призначені для наскрізних отворів, з кутом в плані  $95^\circ$  – для глухих отворів. Ті та інші різці відповідно згідно з ГОСТ 18062-72 і ГОСТ 18063-72 виготовляються трьох типів: тип 1 – для координатно-розточувальних верстатів; тип 2 – для токарних автоматів; тип 3 – для токарних верстатів.

Різці перших двох типів мають циліндричний хвостовик, третього типу – квадратний хвостовик з перерізом  $12 \times 12$  мм.

Стандартами передбачені наступні типорозміри даних різців для мінімальних діаметрів розточуваних отворів  $D=3-8$  мм.

Різці з циліндричним хвостовиком ( $D \times L \times l$ ):  $3 \times 40 \times 10$ ;  $4 \times 50 \times 20$ ;  $5 \times 45 \times 15$ ;  $5 \times 60 \times 30$ ;  $6 \times 45 \times 15$ ;  $6 \times 65 \times 35$ ;  $7 \times 45 \times 15$ ;  $7 \times 65 \times 35$ ;  $8 \times 50 \times 20$ ;  $8 \times 70 \times 40$ .

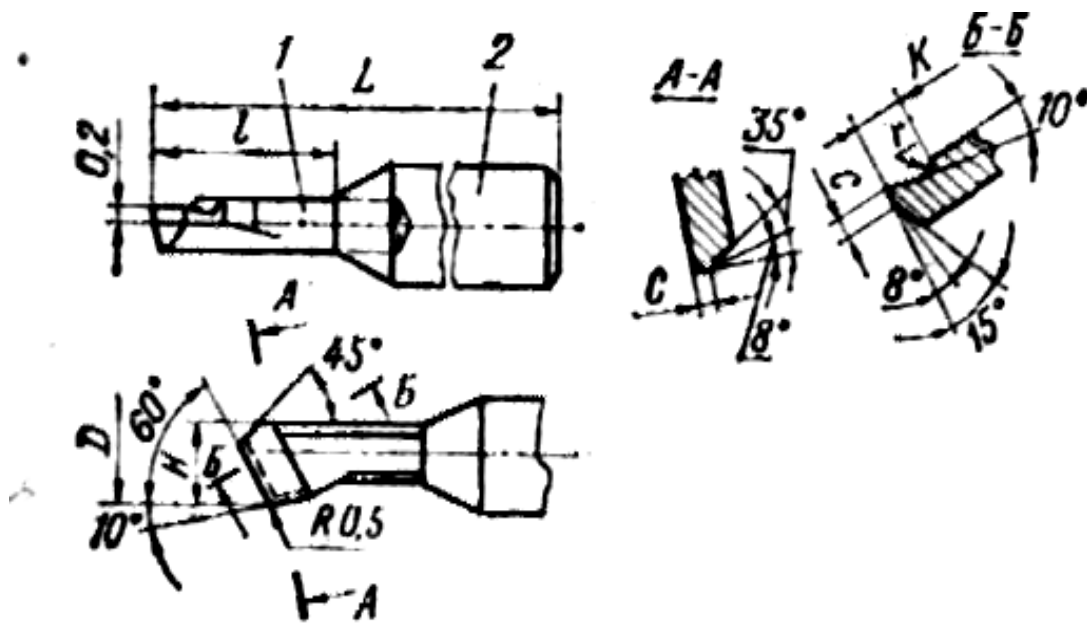


Рис. 42. Конструкція і геометричні параметри цілісних твердосплавних розточувальних різців

Різці з квадратним перерізом хвостовика  $12 \times 12$  ( $L \times D$ ):  $120 \times 20 \times (3; 4)$ ;  $130 \times 30 \times 6$ ;  $140 \times 40 \times 8$ .

Передбачено централізоване виготовлення робочої частини з твердого сплаву марок Т5К10, Т15К6, ВК6, ВК6М і ВК8. Вибір марки твердого сплаву



проводиться залежно від оброблюваного матеріалу. Для обробки вуглецевих і легованих конструкційних сталей можна використовувати тверді сплави Т5К10 і Т15К6. Жароміцні і кислотостійкі сталі і сплави рекомендується обробляти різцями з твердих сплавів ВК6 і ВК6М; при напівчистовій обробці цих матеріалів необхідно застосовувати сплав ВК8.

Різці з геометричними параметрами, показаними на рис. 42, призначені для обробки вуглецевих сталей. При обробці інших матеріалів передній і задній кути повинні бути іншими. Значення кутів заточування  $\gamma$  і  $\alpha$  (у град) для обробки деяких матеріалів:

Матеріал	Значення кутів заточування	
	$\gamma$	$\alpha$
Сталь вуглецева, легована, нержавіюча:		
$\sigma_B = 85 \text{ кгс/мм}^2$ .....	5-8	8
$\sigma_B = 100 \text{ кгс/мм}^2$ .....	0	8
Загартовані, високоміцні, жароміцні сталі (фаска з кутом - $6^\circ$ ).....	12	6-8
Титанові сплави.....	0-5	12
Латунь, бронза, ковкий чавун.....	12	8
Алюміній і його сплави.....	15	15

При виборі режимів різання необхідно враховувати наступні чинники: фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, точність і шорсткість оброблюваної поверхні, стан і можливості устаткування.

**Глибина різання.** Чорнове розточування із-за недостатньої міцності робочої частини різців рекомендується проводити при глибині різання, що не перевищує 0,2 мм.

Глибина різання чистового розточування залежно від матеріалу і необхідної точності оброблюваної поверхні вибирається в межах від 0,01 до 0,05 мм.

**Подача.** Вибір подачі залежить від характеру операції. Для чистової обробки рекомендується вибирати подачу від 0,01 до 0,05 мм/об, чорнове розточування можна вести при подачі до 0,07 мм/об.

**Швидкість різання.** Призначається залежно від міцності оброблюваного матеріалу. Проте в деяких випадках вона нижча

рекомендованих швидкостей для твердосплавних інструментів. Це обумовлено, з одного боку, несприятливими умовами різання, з іншою – тим, що не всі верстати мають достатню частоту обертання шпинделя для досягнення оптимальної швидкості різання при обробці отворів малого діаметру. Обмеженням швидкості різання на координатно-розточувальних верстатах виникає при значних динамічних силах на різці внаслідок його нецентричності при розточуванні.

Для деяких матеріалів в табл. 14 приведені рекомендації для режимів різання цільнотвердосплавними різцями.

Обробку рекомендується проводити з охолодженням ЗОР. Якщо на верстаті є підвід охолодження, то ЗОР можна використовувати такі як Укринол-1 (5-10%), сульфозрезол, МР-1 і ін. На координатно-розточувальних верстатах різець рекомендується змащувати рідиною за допомогою пензлика. Як мастило при обробці легованих, нержавіючих сталей, важкооброблюваних і титанових сплавів застосовують олеїнову кислоту, трансформаторну олію.

Таблиця 14.

**Режими різання, що рекомендуються для розточування цільнотвердосплавними різцями**

Оброблюваний матеріал	Режим різання		
	$v$ , м/хв	$S$ , мм/об	$t$ , мм
Вуглецеві сталі HRC 35-55	30-50	0,02-0,05	0,2/0,05
Леговані сталі, HRC 35-50	25-35	0,02-0,04	0,2/0,05
Нержавіючі і жароміцні сталі, $\sigma_b = 120 \text{ кгс} \setminus \text{мм}^2$	15-25	0,01-0,02	0,1/0,01
Титановий сплав ВТ-1 $\sigma_b < 70 \text{ кгс} \setminus \text{мм}^2$	35-40	0,02	0,2/0,05
Алюмінієві сплави: ЯСКРАВО-ЧЕРВОНИЙ-9, ЯСКРАВО-ЧЕРВОНИЙ-2, Д1, Д16	до 80	0,03-0,05	0,1/0,02

До заточування і експлуатації цілісних твердосплавних різців пред'являються підвищені вимоги. Передня і задня поверхні по фасці повинні заточуватися з шорсткістю  $Ra=0,16$  мкм. Для усунення дефектів заточування (мікротріщин, пригарів) розточувальні різці бажано доводити. Доведення істотно підвищує стійкість різців і забезпечує отримання вищої якості оброблюваних поверхонь.

В процесі експлуатації розточувальних різців необхідно особливо стежити за величиною зносу по задній поверхні, оскільки перевищення допустимих його значень може привести до погіршення шорсткості, спотворення форми розточуваного отвору, появи вібрацій.

### **3.7 Різці з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин**

Виробництво і використання різців з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин (БНП) з кожним роком збільшується, тому питання раціонального використання цих інструментів має дуже важливе значення.

Основними напрямками вдосконалення інструментів з БНП є розширення номенклатури БНП, стружколамаючих канавок, що мають різну форму, на передній поверхні, і підвищення жорсткості та надійності кріплення БНП в утримувачах. З 1982 р. введені в дію нові стандарти на БНП (ГОСТ 19042-80 – ГОСТ 19086-80 і ін.), що охоплюють 34 типи пластин, зокрема пластини з складними багатоступінчатими формами передньої поверхні, із задніми кутами  $11$  і  $20^\circ$  та ін.

З 1975 р. діє новий стандарт на різці з механічним кріпленням БНП без отвору з використанням накладних стружколамів (ГОСТ 23075-75). Велика номенклатура різців з БНП випускається по кресленнях заводів виробників.

### Конструкція, геометричні параметри і призначення БНП

Для виробництва різців в основному застосовуються пластини: тригранні правильної форми; тригранні з ламаною гранню; чотиригранні і ромбовидні.

Пластини, що не мають задніх кутів, одержали назву «негативних». Вони встановлюються в утримувачі з нахилом, рівним задньому куту  $\alpha$  (рис. 43,а). Якщо передня поверхня пластини плоска, то після її установки утворюється негативний передній кут  $\gamma$ . Пластини з опресованим заднім кутом  $\alpha_n$ , що одержали назву «позитивні», встановлюються в утримувачі паралельно опорній площині різця (рис. 43,б). При цьому передній кут  $\gamma$  залишається таким, яким він одержаний в пластині після її виготовлення.

Пластини з отвором, як правило, не мають заднього кута, тому встановлюються з нахилом під кутом  $\alpha_\theta$  (рис. 43,в). Щоб одержати позитивний передній кут ( $+\gamma$ ) на різці, передній кут в пластині  $\gamma_n$  повинен бути більший кута її установки.

Пластини з отвором. Тригранні пластини з ламаною гранню і отвором згідно з ГОСТ 19048-80, показані на рис. 44,а. Вони мають замкнуту стружколамаючу канавку з наступними геометричними параметрами:

Діаметр пластини $d$ , мм .....	9,525	12.700	15,875 і 19,050
Передній кут $\gamma_n$ , град.....	25	20	20
Радіус канавки, $r$ , мм.....	1,0		1,6
Ширина фаски $f$ , мм.....	0,1-0,3		0,2-0,5
Ширина фаски $f_1$ , мм.....	0,3-0,5		0,4-0,8

Після установки такої пластини в державці утворюються головний задній кут  $\alpha=7^\circ30'$ , передній кут  $\gamma=17^\circ$  при  $\gamma_n=25^\circ$  і  $\gamma=12^\circ$  при  $\gamma_n=20^\circ$  та негативний кут  $\gamma_\phi=7^\circ30'$  по фасці  $f$ .

Завдяки збільшеному куту при вершині ( $\varepsilon=80^\circ$ ) ці пластини використовуються для прохідних різців ( $\phi=93^\circ$ ;  $\phi_I=7^\circ$ ), що дозволяють проводити також підрізування торців з напрямом подачі як від центру, так і до центру деталі.

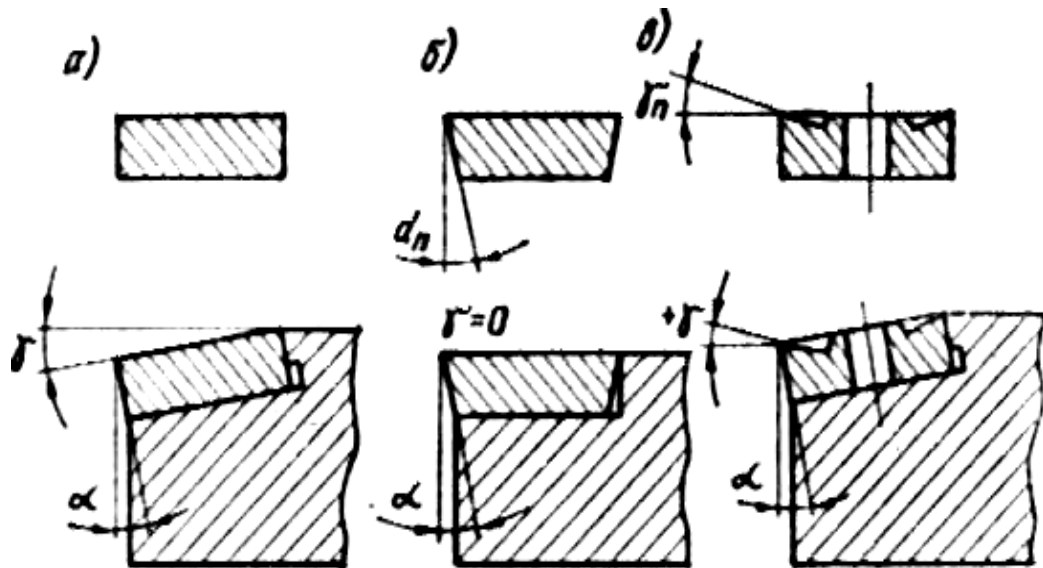


Рис. 43. Схеми установки багатограних непереточуваних твердосплавних пластин в утримувачі різця

Областю застосування даних пластин є чорнова і напівчистова обробка деталей з чавуну, конструкційних і легованих сталей. Завдяки великому передньому куту (після встановлення в державку) і стружколамаючій канавці пластини забезпечують закручування або ламання стружки і можуть експлуатуватися на верстатах малої жорсткості.

Приблизно з такими ж геометричними параметрами виконуються чотиригранні, тригранні правильної форми і ромбовидні пластини.

Чотиригранні пластини (рис. 44,б) застосовуються на прямих і відігнутих прохідних різцях з  $\varphi$ , рівним 45, 60 і 75°.

Тригранні пластини правильної форми (рис. 44,в) в основному призначені для контурного точіння на верстатах з ЧПУ. Вони можуть бути встановлені в державках з кутом в плані  $\varphi=93^\circ$  і  $\varphi_1=27^\circ$  або  $\varphi=63^\circ$  і  $\varphi_1=57^\circ$ .

Ромбовидні пластини з кутом 80° (рис. 44,г) використовуються для прохідних і розточувальних різців. Окрім повздовжнього точіння вони дозволяють проводити підрізування торців, тому широко застосовуються на верстатах з ЧПУ – як універсальні пластини.

Ромбовидні пластини з кутом 55° виконуються з дрібною криволінійною канавкою на передній поверхні і фаскою 0,25 мм, що

забезпечує високу міцність ріжучої кромки і хороше відведення стружки при чистовій і напівчистовій обробці сталевих заготовок.

Особливістю використання різців з БНП на верстатах з ЧПУ є умови різання, що змінюються. Один і той же різець може працювати в межах однієї деталі або групи деталей з різними: глибиною, подачею і швидкістю різання. Пластини описаної вище конструкції в таких умовах не можуть забезпечити стабільне стружколомання. Тому стандартом на тригранні пластини правильної форми і квадратні пластини передбачено декілька варіантів форм передньої поверхні.

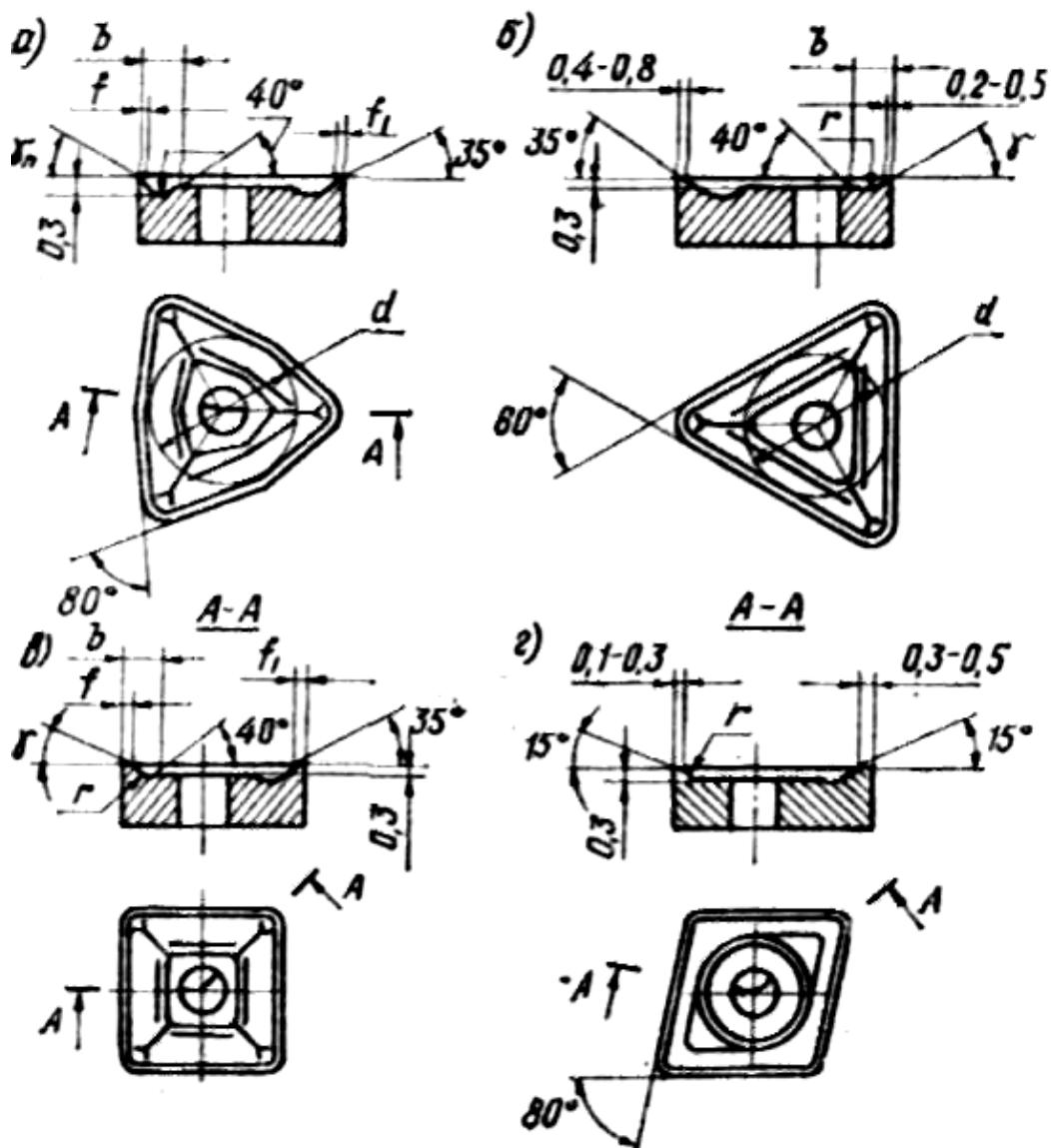


Рис. 44. Багатогранні непереточувані пластини:  
 а – тригранна з ламаною гранню згідно ГОСТу 19048-80;  
 б – тригранна правильної форми згідно з ГОСТ 19046-80;  
 в – чотиригранна за ГОСТом 19052-80; з – ромбічна згідно ГОСТу 19059-80

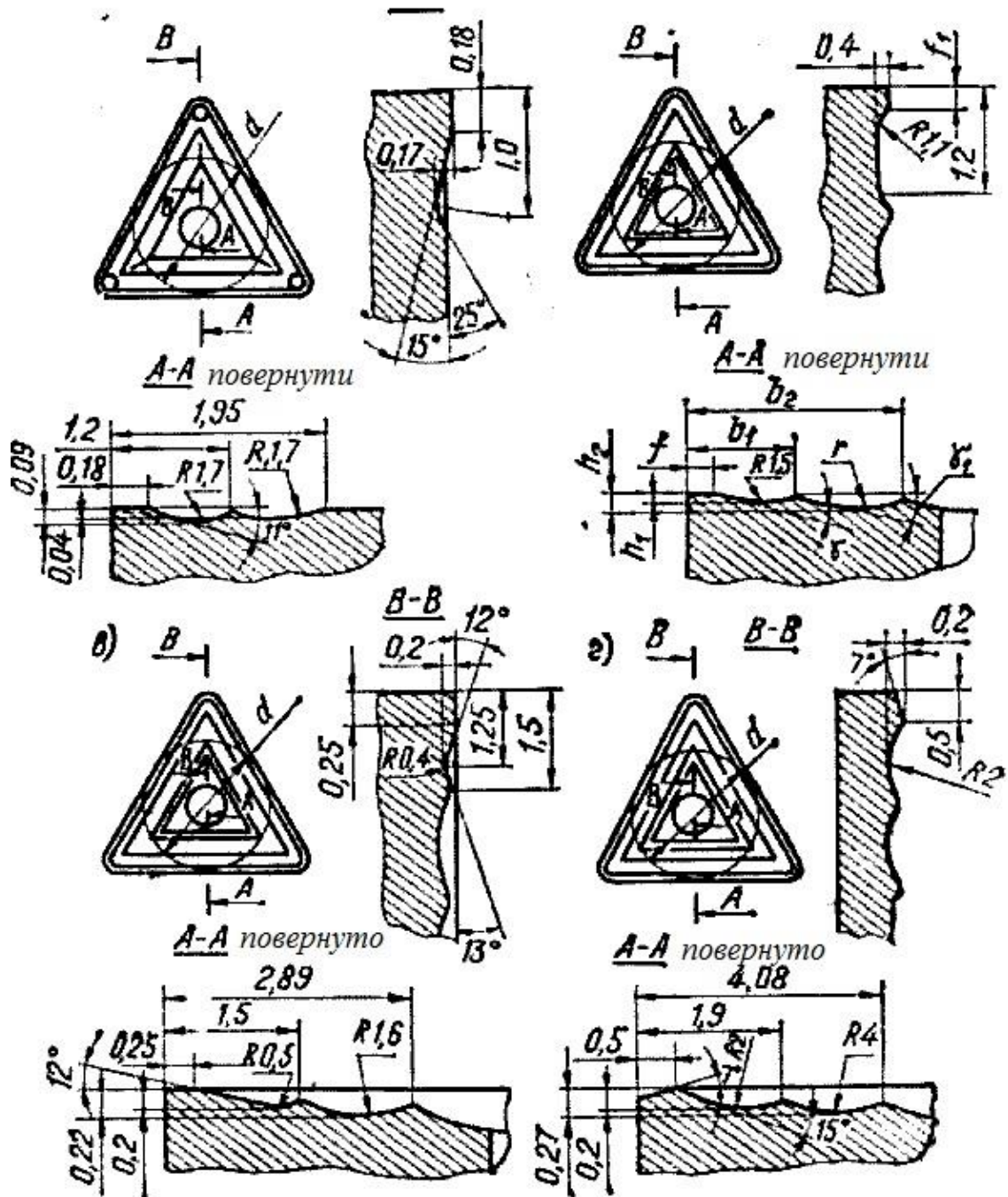


Рис. 45. Форми передньої поверхні тригранної непереточуваної пластини згідно ГОСТу 19046-80

На рис. 45,а, показана тригранна пластина згідно ГОСТу 19046-80, тип 2 з передньою поверхнею форми 1. Дві вузькі, одна глибока і одна дрібна канавки з переднім кутом  $11^\circ$  після установки пластин в державці забезпечують закручування стружки в діапазонному режимі від тонкого точіння до напівчистового. При невеликій (до 1 мм) глибині різання стружка

формується в кутовій канавці (переріз В-В). Із збільшенням глибини різання при невеликих подачах в роботі бере участь перша канавка, а при збільшенні подачі і швидкості різання – друга, причому стружка проскакує першу канавку і, ковзаючи по виступу, формується в загальній (утворені двома канавками), ширшій канавці. Зазор між поверхнями канавок і прирізцевою поверхнею стружки сприяє додатковому охолодженню інструменту завдяки попаданню в нього повітря і ЗОР, а контакт стружки з обмеженою ділянкою передньої поверхні перешкоджає переходу тепла стружки в різець. Оскільки в початковий момент площа зіткнення стружки з виступом мала, то в місці контакту створюється великий питомий тиск, а отже, відбувається швидке прироблення і стабілізація сходу стружки. Фаска шириною 0,18 мм (на різці  $\gamma_m = -7^\circ$ ) робить кромку міцнішою.

Все це позитивно відображається на працездатності і стійкості ріжучої кромки при інтенсивних режимах різання.

Форма 2 передньої поверхні (рис. 45,б) призначена для важчих умов роботи (напівчистої і чорної обробки). Канавки мають великі глибину і ширину. Значення параметрів залежно від розміру пластини наступні:

Діаметр вписаного кола			
$d$ , мм .....	9,525	12,700	15,875
Ширина фаски $f$ , мм.....	0,18	0,20	0,40
Ширина канавок, мм:			
$b_1$ .....	1,02	1,22	1,27
$b_2$ .....	2,41	2,80	3,00
Глибина канавок, мм:			
$h_1$ .....	0,09	0,11	0,11
$h_2$ .....	0,12	0,15	0,15
Радіус канавки $r$ , мм ....	2,5	2,4	2,4
Передні кути пластини:			
$\gamma^\circ$ .....	15	12	12
$\gamma_1^\circ$ .....	7	5	5

Форма 3 передньої поверхні (рис. 45,в) відрізняється від форми 2 більшою глибиною канавок і більшою шириною першої канавки. Це дозволяє розширити діапазон режимів різання при хорошому відведенні стружки. Для особливо важких умов різання, зокрема переривистого, призначені пластини форми 4 (рис. 45,г). Великі негативні фаска і збільшені



канавки з позитивним переднім кутом забезпечують стабільне дроблення стружки при подачах понад 0,4 мм і глибині до 15 мм. Чотиригранні пластини згідно з ГОСТ 19052-80, так само як і тригранні, виконуються з іншими формами передньої грані, які розширюють область їх застосування.

Багатогранні твердосплавні пластини з отвором і плоскою передньою поверхнею рідко застосовуються для точіння. Ефективна область їх використання – обробка чавуну і твердих сталей.

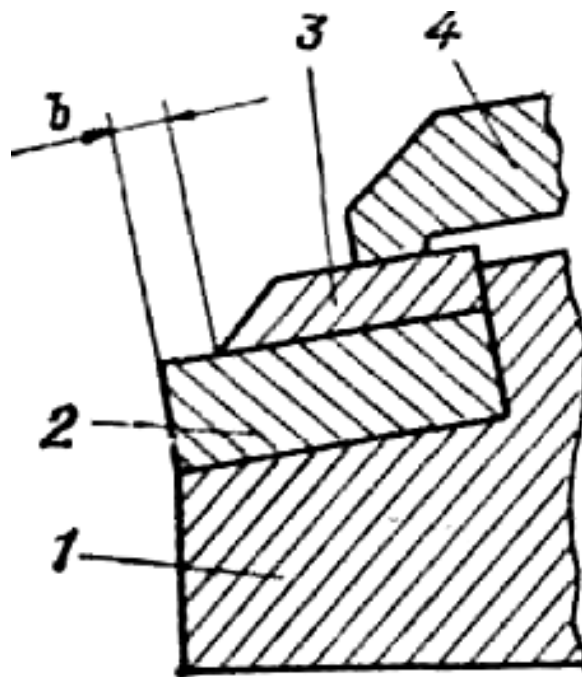


Рис. 46. Схема установки стружколома на різці з БНП без отвору:  
1 – корпус; 2 – пластина; 3 – стружколам; 4 - притиск

Пластини без отвору. Вони випускаються тригранної, чотиригранної, п'ятигранної, ромбічної та круглої форм. Пластини позитивні і негативні, зокрема із стружколамаючими канавками. Негативні пластини після установки їх в державку мають негативний передній кут  $\gamma = -6^\circ$ , а позитивний – нульовий передній кут. Ці пластини застосовують з накладними стружколамами: тригранними згідно з ГОСТом 19084-80 і чотиригранними згідно ГОСТу 190085-80. Встановлюються стружколами в ті ж отвори, що і ріжучі пластини (рис. 46), тому ширина уступу  $b$  залежить від розміру стружколома, що регламентується стандартами.

Ширина уступу залежить від умов обробки (глибини різання і подачі), форми і розмірів пластини.

Рекомендації з вибору значення  $b$  приведені табл. 16.

На рис. 47 показані тригранні пластини із задніми кутами  $\alpha=11^\circ$  і стружколамаючими канавками на передній поверхні. Такі пластини випускаються з діаметром вписаного кола  $d$ , рівним 6,350 і 9,525 мм, та призначаються для різців малих перерізів, розточувальних різців і різних вставок в різцеві блоки.

Таблиця 16.

**Рекомендації з вибору розміру уступу  $b$ , мм**

Форма пластини	Діаметр вписаного кола	Подача, мм/об	Глибина різання, мм	Розмір уступу $b$ , мм
Тригранна	6,350	0,1-0,2	1-3	1,0
		0,2-0,3	2-4	1,6
	9,525	0,2-0,3	3-4	1,4
		0,3-0,5	4-6	2,0
		0,5-0,7	5-8	3,3
	12,700	0,2-0,3	2-4	1,4
		0,4-0,6	4-8	2,5
		0,6-1,0	6-12	4,3
	15,875	0,4-0,7	4-8	2,5
		0,6-1,2	6-12	4,8
25,400	1,0-1,8	10-18	6,3	
Квадратна	9,525	0,2-0,3	2-5	1,6
	12,700	0,2-0,4	2-4	1,6
		0,4-0,5	3-6	2,5
		0,5-0,7	4-8	4,0
	19,050	0,3-0,4	3-5	1,6
		0,4-0,5	4-6	2,5
		0,6-1,2	8-14	4,7
	25,400	0,8-1,2	6-12	4,8

Пластина форми 1 згідно ГОСТу 25250-80 (рис. 47,*a*) має двоканавкову передню поверхню з негативною фаскою шириною 0,15 мм і  $\gamma_\tau=-11^\circ$ . Передня поверхня першої канавки виконана з кутом  $\gamma=6^\circ$ . Така пластина універсальна. Вона забезпечує надійне відведення стружки або її ламання в широких межах

режимів – від чистових до напівчистових. Утворення стружки аналогічне раніше описаним пластинам із здвоєними канавками (див. рис. 45).

Пластина форми 2, показана на рис. 47,б, призначена для високоміцних сталей і сплавів, зокрема титанових.

При обробці з малими глибиною і подачею в роботі бере участь кутова канавка з позитивним кутом  $\gamma=7^\circ$  (розріз В-В).

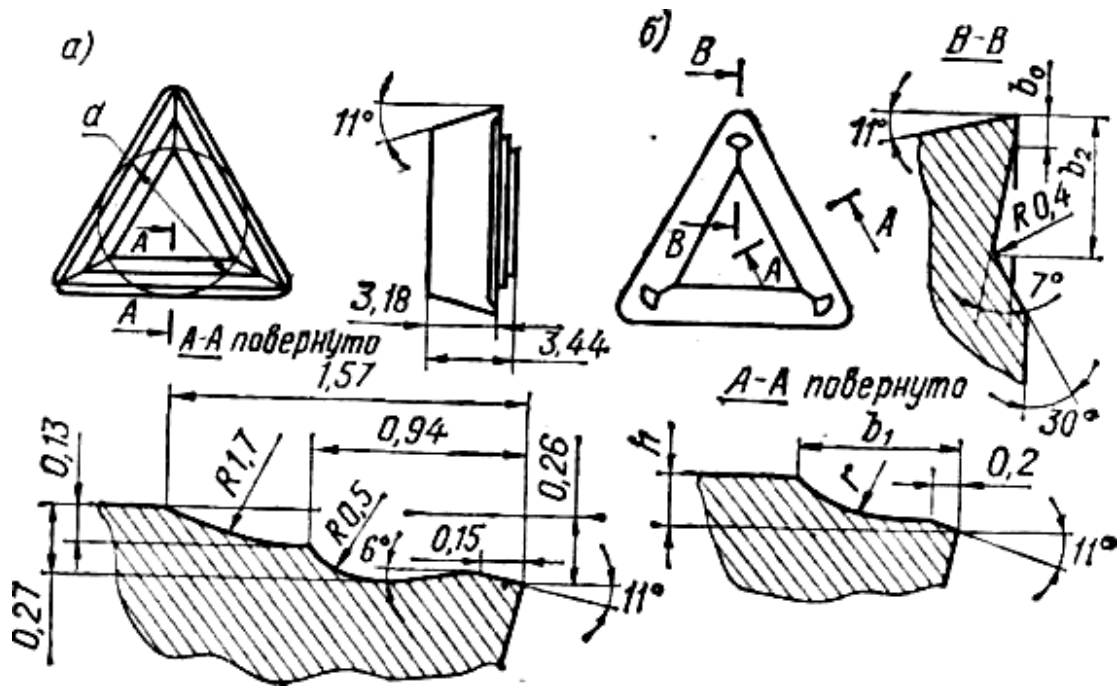


Рис 47. Форми передньої поверхні тригранних непереточуваних пластин із задніми кутами згідно з ГОСТом 24250-80

Із збільшенням глибини різання та подачі стружка сходить по уступу з  $\gamma=0^\circ$  і  $\gamma_T=-11^\circ$ , прилеглому до головної ріжучої кромки, тобто по міцнішій частині пластини.

Таку ж геометрію і призначення мають чотиригранні пластини згідно ГОСТу 24252-80.

Стружколамаючі канавки і уступи рекомендується також одержувати заточуванням передньої поверхні плоских БНП з отвором і без нього. Форму і розміри канавок необхідно вибрати по відповідних рекомендаціях для напаяних тврдосплавних різців.

В даний час в нашій країні і за кордоном ведуться пошуки нових форм передньої поверхні пластин, ще більш універсальних з погляду ламання стружки при обробці різних матеріалів.

Початковою прийнята ступінчаста форма передньої поверхні. Передній кут  $\gamma=24^\circ$  утворений площинами вздовж ріжучих кромek, нахиленими до опорної площини пластини.

У пластині, показаній на рис. 48, сферичні виступи розташовані по периметру пластини, причому не паралельно до ріжучих кромek, а по радіусу. Стружка малої товщини закручується і ламається між площиною, похилою і сферою. При обробці з великими глибиною різання і подачею стружка проскакує простір між сферою і ріжучою кромкою та спирається на вершини сфер. Оскільки сфери розташовані на різному видаленні від ріжучої кромки, то стружка одержує різну деформацію, що сприяє її дробленню в широких діапазонах режимів обробки.

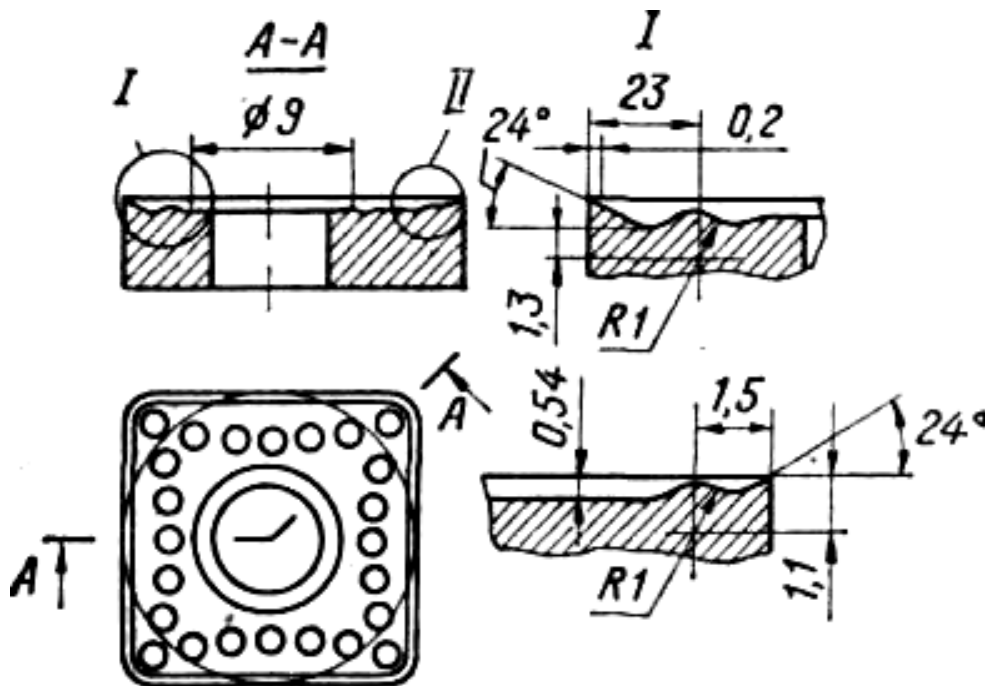


Рис. 48. Чотиригранна непереточувана пластинка з сферичними виступами на передній поверхні

Сферичні виступи забезпечують, по-перше, дроблення тонких стружок при чистовій обробці і, по-друге, закручування товстих стружок, що проходять над виступами.

Перевагою таких пластин є також наявність зазору між стружкою поблизу її кореня і передньою поверхнею в процесі обробки. В цей зазор потрапляє повітря або ЗОР, додатково охолоджуючи пластину в зоні різання.

Слід особливо зупинитися ще на одній перевазі пластин з сферичними виступами. Відомо, що після деякого «прироблення» пластини поліпшується процес того, що відбувається завивання стружки, а різання виконується плавніше. Це означає, що в зоні контакту стружки з передньою поверхнею утворюється лунка. Оскільки в запропонованих пластинах початковий контакт стружки з сферами дуже малий за площею, в місці контакту створюється великий тиск і швидше відбувається переробка і стабілізація сходу стружки в процесі різання.

Пластини з сферичними виступами забезпечують при обробці точінням сталей марок 18ХГТ, 40Х і 45 стабільне дроблення стружки при наступних режимах:  $v=90-180$  м/хв;  $S=0,2-0,5$  мм/об і  $t=1-3$  мм. Стійкість пластин в 1,35 рази вища за стандартну.

#### *Конструкція різців з БНП*

Існує багато конструкцій збірних різців з БНП, які відрізняються перш за все механізмами і схемами базування пластин в державках. Щоб одержати найбільший ефект від використання різців з БНП, для кріплення і базування пластин в державках повинні виконуватись наступні вимоги: не допускати зсуву пластини в процесі різання; забезпечувати щільний контакт опорних поверхонь пластини і отвору державки та мінімальні пружні деформації тіла державки під опорною поверхнею пластини; не перешкоджати сходу стружки, а за наявності накладних стружколамів забезпечувати її відведення і дроблення; забезпечувати точне позиціонування та взаємозамінність ріжучих кромek при повороті або зміні пластини. Механізм кріплення БНП повинен бути компактним, технологічним і дозволяти швидко проводити поворот пластини.

Розглянемо конструкцію різців з БНП, що набули найбільш широкого поширення в нашій країні і за кордоном.

### Різці з кріпленням БНП без отворів

Різець, в якому використовуються БНП без центрального отвору, є державкою з отвором для установки і базування пластини та затискач, яким здійснюється закріплення пластини. Звичайно застосовуються двоплечні або консольні затискачі і затискні гвинти з головкою. Застосовують також диференціальні гвинти.

На рис. 49,а показаний різець з механічним кріпленням БНП, який кріпиться двоплечним затискачем 5 за допомогою гвинта 6. Затискач одним плечем впирається в гніздо 7 державки 1, іншим плечем притискає ріжучу пластину 3 разом із стружколомом 4.

Пластина може спиратися на твердосплавну підкладку 2 або безпосередньо на опорну площину отвору державки. Механізм кріплення двоплечним затискачем універсальний і забезпечує високу міцність та надійність кріплення.

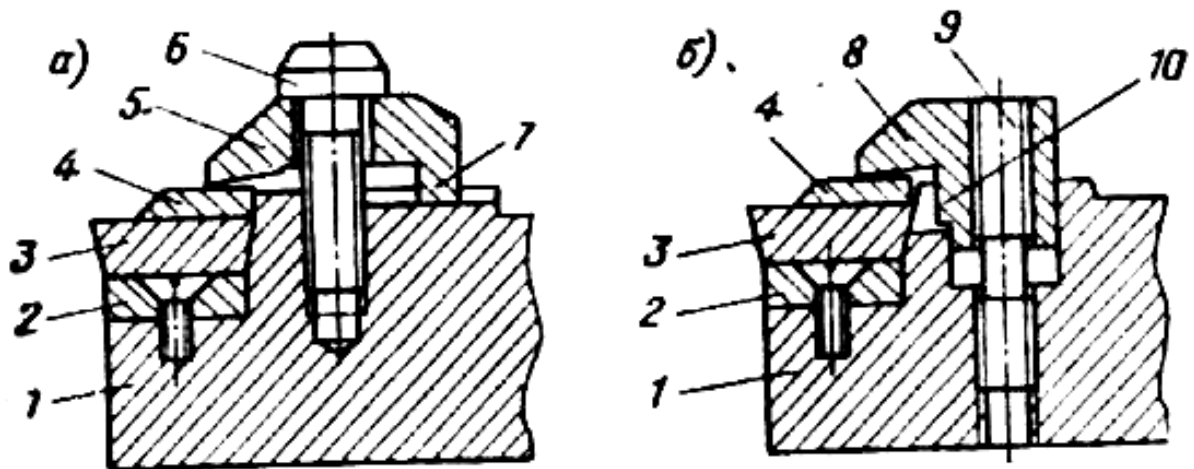


Рис. 49. Різці з механічним кріпленням БНП:  
а – двоплечним затискачем; б – Г-подібним затискачем

Конструкція кріплення ріжучих пластин з консольним Г-подібним затискачем (рис. 49,б) компактніша. Затискач 8 базується в отворі державки своєю циліндричною частиною, а в кутовому положенні фіксується виступом 10, що знаходиться в пазу державки. Кріпильний гвинт 9 диференціальний, що створює зручність при заміні або повороті пластини, оскільки при розтисканні затискач відходить від пластини. Недоліком конструкції є

невелика сила затиску (при відповідному компактному виконанні), тому таку конструкцію рекомендують застосовувати для легких робіт.

Конструкція кріплення, показаного на рис. 50, поєднує в собі компактність і значно велику міцність затиску пластини. Г-подібний затискач 3 центрується в отворі державки 1 своєю циліндричною частиною. Особливістю конструкції є те, що різьбова ділянка на затискачі утворена із зовнішньої сторони циліндричної частини, а в державці виконано гладкий глухий отвір, вісь якого співпадає з віссю різьби на циліндричній частині затискача.

При обертанні гвинта 4 за годинниковою стрілкою він нагвинчує на себе затискач, переміщає його і тим самим затискає пластину 2. При такому розташуванні гвинта його діаметр, а отже і міцність затиску, значно більша, чим в раніше описаних конструкціях. Особливо ефективно застосування такої конструкції кріплення на різцях малих перерізів, що використовуються на токарно-револьверних верстатах і автоматах, де робоча зона обмежена і вильоти різців в державці повинні бути мінімальними.

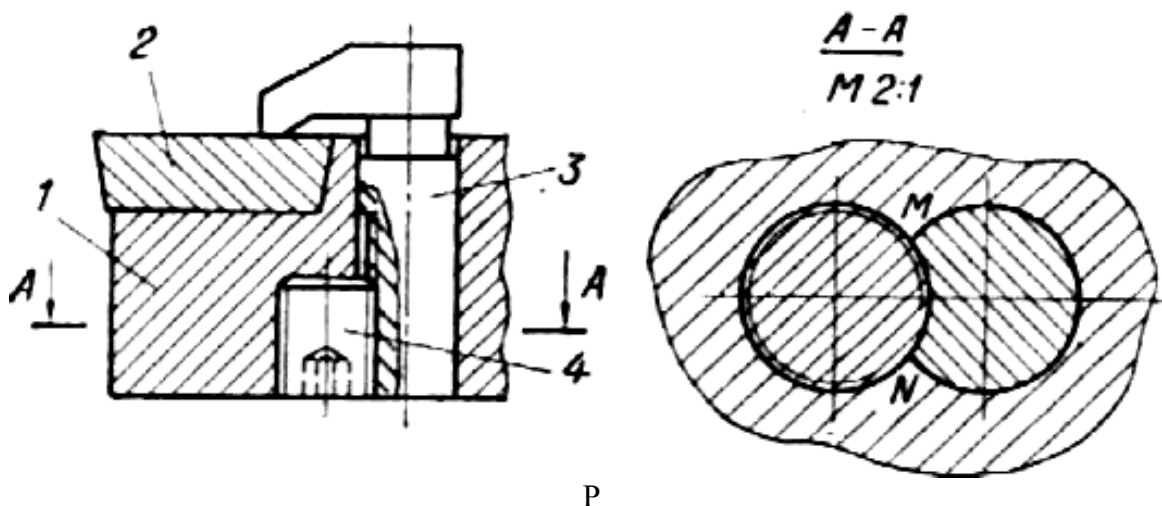


Рис. 50. Конструкція кріплення БНП Г-подібним затискачем і зміщеним гвинтом

Випробування різця з перерізом державки 12×12 мм показали, що дана конструкція дозволяє проводити обробку деталей на наступних режимах різання: швидкість різання  $v=100$  м/хв і більше, подача  $S=0,2-0,34$  мм/об і глибина  $L=1,54$  мм.

Дуже проста конструкція кріплення ріжучої пластини, що складається з одного затискного гвинта, показана на рис. 51. Гвинт 3 розташований в державці 1 під кутом  $7^\circ$ , що забезпечує точковий контакт його головки з передньою поверхнею ріжучої пластини 2. У такій конструкції – обертання гвинта при затиску повинно бути направлено на бічні базові поверхні. Для правого різця різьби на гвинті повинне бути правим, для лівого різця – лівим.

Найефективніше застосування гвинтового затиску при використанні пластин із стружколамаючими канавками, що виключають можливе зачеплення стружки за головку гвинта.

Залежно від умов використання різця розмір різьби гвинта може бути великим або малим, тим самим забезпечується можливість вибору оптимального зусилля затискання ріжучої пластини при відповідних габаритних розмірах різця.

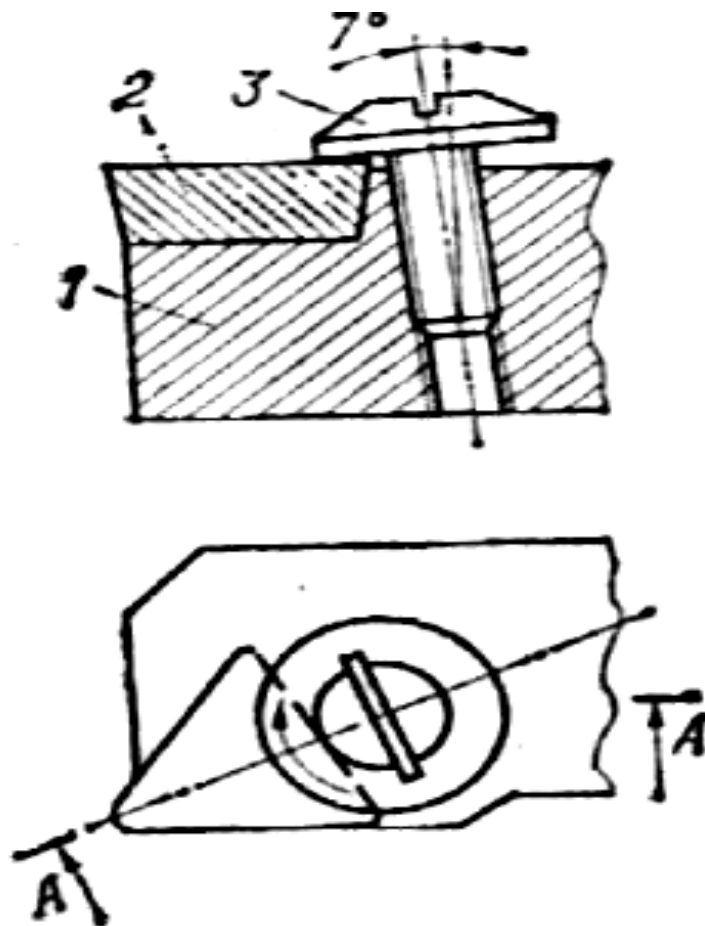


Рис. 51. Кріплення БНП головкою затискного гвинта



Різці з механічним кріпленням БНП без отвору з Г-подібним зажимом і диференціальним гвинтом стандартизовані (ГОСТ 23075-78) і випускаються централізовано. На рис. 52 показані форми робочої частини різців згідно ГОСТу 230075-78. Різець для кожної з приведених форм виконується з негативною і позитивною пластинами і накладним стружколамом. Передбачені наступні перерізи різців: 12×12; 18×16; 20×12; 20×20; 25×16; 25×25; 32×20; 32×25; 32×32; 40×32 мм.

*Різці з механічним кріпленням БНП із отвором*

Є величезна кількість конструкцій кріплення БНП з центральним отвором. Закріплення ріжучої пластини проводиться за допомогою клинового затискача і гвинта.

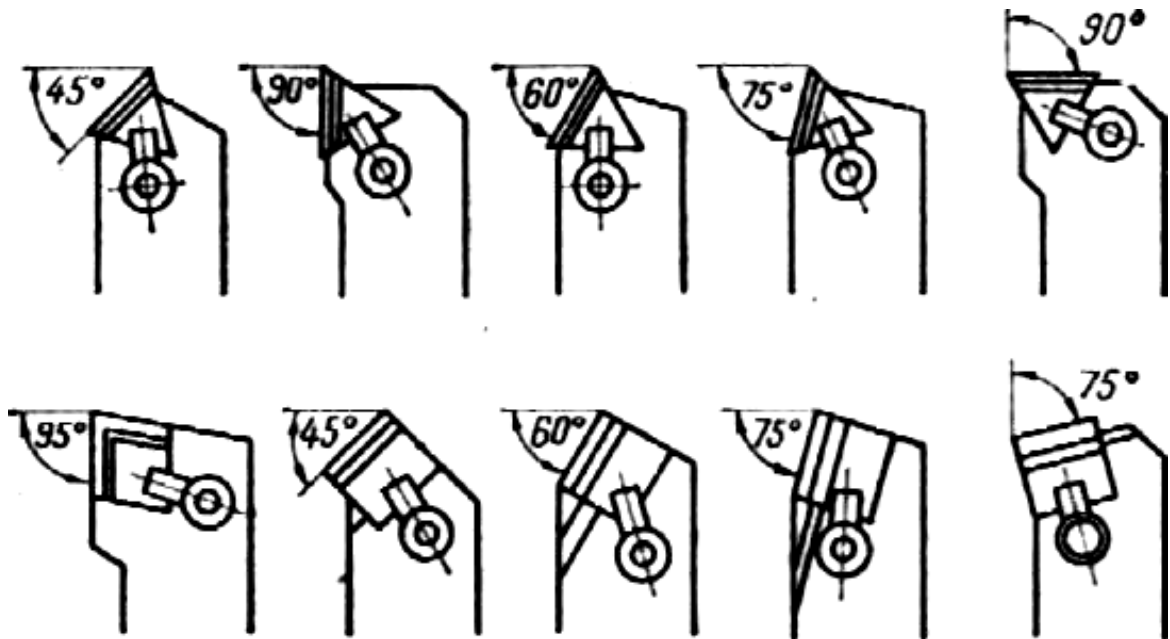


Рис. 52. Різці з механічним кріпленням БНП згідно ГОСТу 23075-78.

Недоліком конструкції клинового затискача є те, що ріжучі пластини не мають постійної бази у напрямі дії сили різання, що приводить до їх перекосів при установці та в процесі обробки. Часто бувають випадки пошкодження затискачем ріжучих кромки. За даними ряду досліджень, термін роботи державки – 15-20 ріжучих пластин. Тому, не дивлячись на те, що клинове кріплення набуло широкого поширення в стандартних різцях

(ГОСТ 21151-75), зараз веде роботи по його заміні надійнішими конструкціями механізмів кріплення пластин.

В конструкції різця, представленого на рис. 53, ріжуча пластина 4 притискається не тільки до штифта 2, але і до опорної поверхні підкладки 3, тим самим досягаються високі міцність і надійність затиску. Зажим 7 виконаний у вигляді клину з отвором під гвинт 8. Своїми кромками 5 і 6 він контактує з верхньою і бічною поверхнями пластини, а кромкою 9 – з поверхнею, похилої державки 1. Завдяки похилій поверхні контакту державки і кутовому зазору  $\omega$  при затягуванні гвинта затискач зміщується на пластину і тисне на неї зверху. Стійкість таких різців вища в 1,5-2 рази, а продуктивність – в 1,2 рази в порівнянні з різцями із клиновим затиском. Число поломок скорочується в 2 рази.

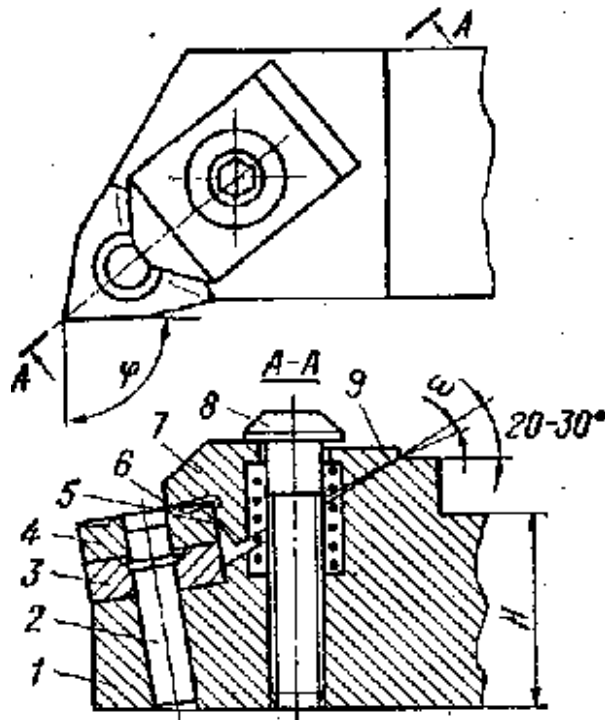


Рис. 53. Кріплення БНП сповзаючим затискачем

Описувані різці з тригранними (з ламаною кромкою) і квадратними пластинами із кутом  $\varphi$  відповідно 95 і 45° випускаються по кресленнях. Переріз різців – від 16x16 до 50x40 мм. В іншому варіанті різця (рис. 54) кріплення ріжучої пластини 3 здійснюється затискачем 5 з силовим

замиканням пластини на опорну і бічні поверхні. Це найбільш довершена конструкція затиску з погляду базування.

Затискач має виступ у вигляді зрізаного циліндра, яким він встановлюється в отворі пластини. Опора 7, протилежна затискачеві, спирається на конусну площину 5 державки 1. При затягуванні гвинта затискач тисне на пластину зверху, опора, ковзаючи по площині, зміщує затискач, а разом з ним своїм виступом і пластину, притягаючи її до бічних граней гнізда державки.

Така конструкція надійна і забезпечує високу точність базування пластини, що дозволяє у багатьох випадках після її повороту проводити обробку без розмірної під настройки.

Дуже широко застосовуються конструкції різців, у яких закріплення пластини здійснюється через центральний отвір. Перевагами таких різців є малі габарити і відсутність виступаючих частин над пластиною.

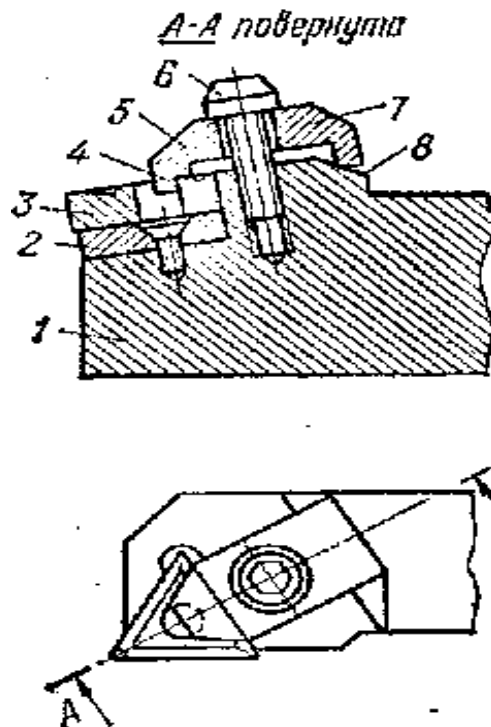


Рис. 54. Закріплення БНП з силовим замиканням на опорну і бічну поверхні

Різці із закріпленням ріжучої пластини одним гвинтом показані на рис. 55,а. Головка гвинта 3 і отвір пластини виконані конусними, а вісь гвинта зміщена на величину  $e$  від осі пластини в сторону бічних опорних поверхонь,

в гнізді корпусу *1*. При загвинчуванні гвинта ріжуча пластина притискається як до опорної, так і до бічних поверхонь. У такий спосіб закріплюються пластини із задніми кутами.

Недоліками даної конструкції різців є необхідність точного виготовлення пластини, збільшений час на поворот пластини (гвинт необхідно вигвинчувати на значну довжину) і невелике зусилля затиску. Області ефективного використання конструкції кріплення – малогабаритні різці, різці для легких режимів обробки і всілякі вставки для спеціальних інструментів.

У механізмі, показаному на рис. 55,б, затискний стрижень *3* має різьбову ділянку *4*, конус *5* і головку *б*.

При вгвинчуванні стрижня конусна ділянка *5* відштовхується від конусної поверхні корпусу *1*, відхиляється і головкою притискає пластину *2* до бічних поверхонь. Але оскільки при вгвинчуванні стрижень переміщається вниз, то пластина виникаючими силами тертя підтискається і до опорної площини.

Обертання стрижня проводиться шестигранним ключем, встановленим у відповідне гніздо в головці. Абсолютно ясно, що затискне зусилля не може бути великим, оскільки малі розміри гнізда «під ключ».

Цей недолік усунений в механізмі, показаному на рис. 55,в. Щоб забезпечити можливість використання ключа більшого розміру, різьбова ділянка *4* та фігурні стрижні *3* розташовані між затискною головкою *б* і конусною ділянкою *5* з гніздом «під ключ». Причому діаметр конусної ділянки більший діаметру отвору в пластині *2*.

Отвір в корпусі *1* ступінчастий: один ступінь – різьбовий, інший – циліндричний. Вісь циліндричного ступеня нахилена під кутом  $10^\circ$  до осі різьбової ділянки.

Для вільнішого нахилу стрижня різьби в отворі по колу наполовину відфрезерована (сектор з  $\psi_1$ ). Різьба, що залишилася, в секторі з  $\psi$  забезпечує

вгвинчування і вигвинчування стрижня і служить шарнірною опорою, щодо якої здійснюється нахил стрижня.

В процесі затиску палець зміщується вниз і відхиляється, притискуючи ріжучу пластину до бічних і опорних поверхонь гнізда.

На рис. 56 показані механізми кріплення ріжучих пластин, в конструкції яких використані затискачі, що коливаються, і коса тяга. Затискач в конструкції фірми Coromant (рис. 56,а) виконаний у вигляді «чобітка» з точкою опори  $M$ . Гвинт, переміщуючись вниз, повертає затискач щодо точки  $M$ , який через отвір замикає ріжучу пластину на бічні базові поверхні.

Перевага даного механізму – простота в обслуговуванні, недоліки – складність конструкції і відсутність зусилля, що прижимає пластину до опорної площини. Механізм непридатний для різців малих перерізів.

Простішим у виготовленні є механізм, розроблений (рис. 55,б). У ньому затискач, що коливається, виконаний у вигляді круглого пальця, поворот якого щодо точки  $M$  здійснюється гвинтом через кульку, що дозволило розробити механізм компактним.

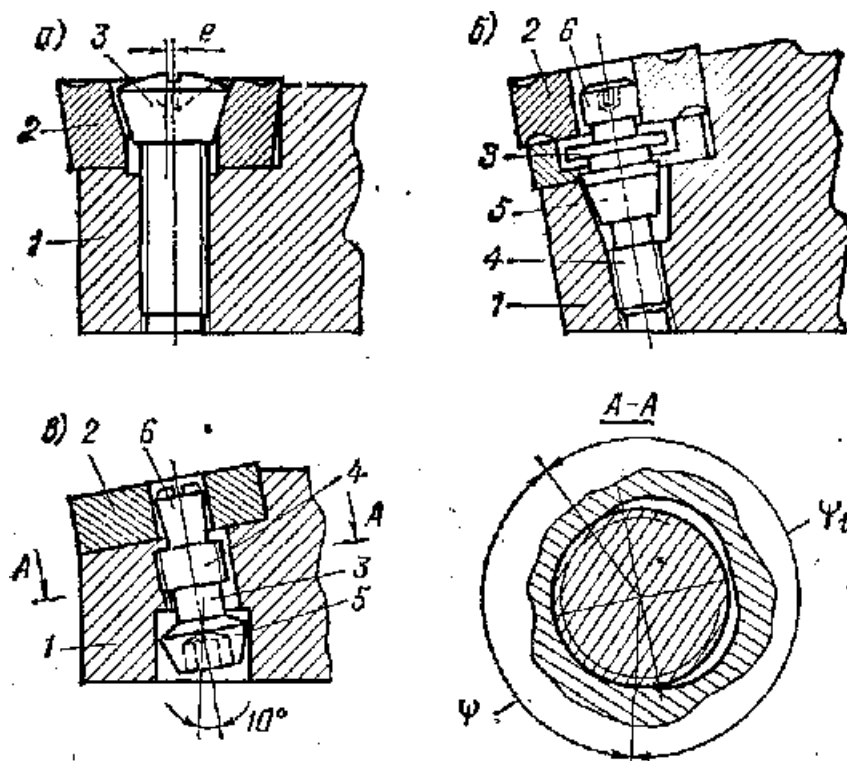


Рис. 55. Різці із закріпленням БНП з отвором одним спеціальним гвинтом

Як і попередній, цей механізм не прижимає пластину до опорної площини і тому не гарантує надійного з нею контакту. Розроблені на базі даного механізму різці випускаються і успішно застосовуються в промисловості.

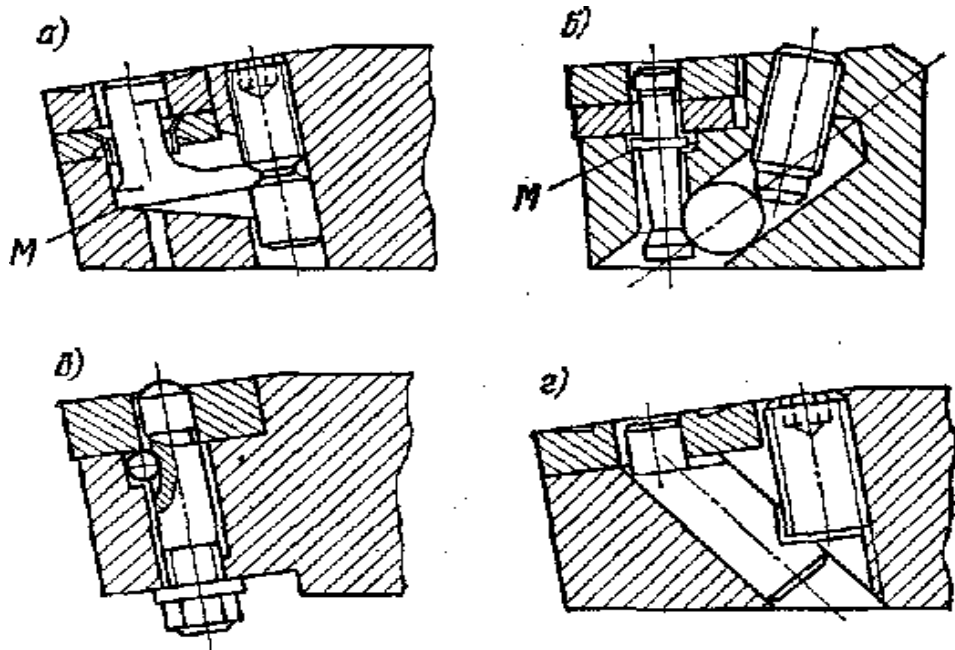


Рис. 56. Механізми кріплення БНП затискачами, що коливаються, і косою тягою

Механізми, описані нижче, забезпечують замикання ріжучої пластини на опорну і бічні базові поверхні.

На рис. 56,в, показаний різець, що відрізняється простотою виготовлення і високою надійністю закріплення ріжучої пластини. Тут гойдання пальця здійснюється при взаємодії поверхні радіусу його канавки з поверхнею кульки, поміщеної у відфрезероване гніздо в корпусі. Це відбувається при загвинчуванні гайки і переміщенні пальця вниз. Кріплення допускає установку ріжучої пластини без підкладки і з нею.

Широке застосування знайшли розточувальні різці з механізмом кріплення, показаним на рис. 56,г. Як затискний елемент використовується коса тяга, встановлена в корпусі під кутом до опорної площини гнізда під пластину. У тязі є виступ, в який впирається гвинт. При вгвинчуванні гвинта тяга переміщається вниз і своєю затискною головкою притягає ріжучу пластинку до бічних і опорної поверхонь гнізда в корпусі.

В конструкції розточувального різця (рис. 57) для затиску використаний принцип розвороту пластини щодо штифта до упору однієї з ріжучих граней в бічну поверхню корпусу. Ріжуча тригранна пластина 4 встановлюється в похиле гніздо корпусу і базується на опорній площині та поверхні штифта 3, запресованого в корпусі. З боку бічної грані пластини, протилежної ріжучої грані, під кутом до осі штифта в корпусі виконано різьбовий отвір і співвісний з ним циліндричний отвір більшого діаметру, в яких встановлений гвинт 2. При вгвинчуванні гвинта 2 його головка своїм циліндричним поясочком стикається з циліндричною поверхнею отвору, а конічною поверхнею – з площиною бічної грані пластини. При цьому остання повертається щодо штифта до упору грані *Б* в бічну площину гнізда у корпусі і надійно затискає пластину.

Переміщаючись вниз, головка гвинта прижимає пластину до опорної площини, що виключає утворення зазору між пластиною і корпусом.

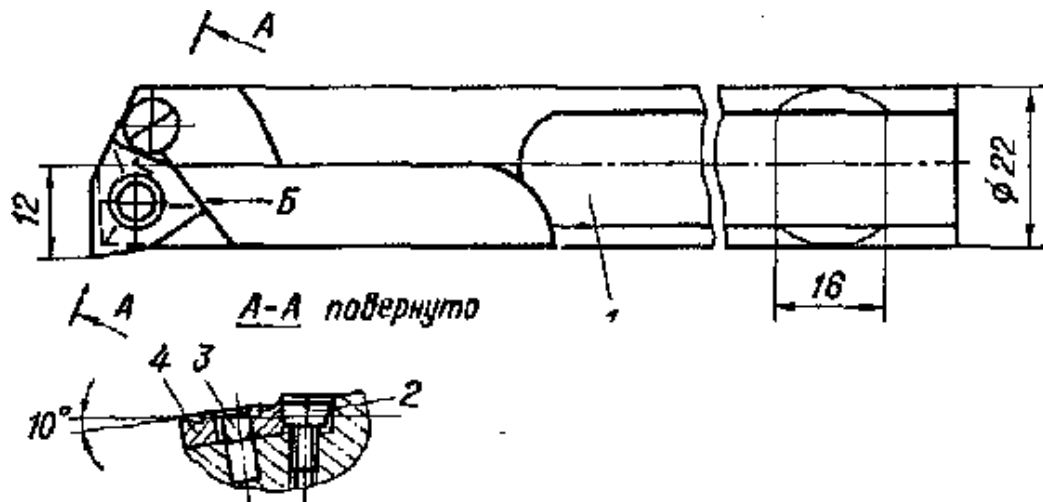


Рис. 57. Розточувальний різець з механічним кріпленням тригранної непереточуваної пластини

Установочна частина штифта має бочкоподібну форму, що забезпечує торкання її з пластиною у верхній частині отвору. Різець нескладний у виготовленні і зручний в експлуатації.

### 3.8 Рекомендації по раціональній експлуатації різців

Токарна обробка характеризується великою різноманітністю умов здійснення операцій. Одну і ту ж операцію можна проводити різцями, що відрізняються перерізом державки, геометричними параметрами і матеріалом ріжучої частини, при різному поєднанні параметрів режиму різання ( $v$ ,  $t$ ,  $S$ ), з ЗОР і без неї. Вміло і правильно вибираючи всі ці умови обробки, можна добитися високої продуктивності праці, досягши необхідної якості деталі і економічного використання інструменту.

Вибір розмірів поперечного перерізу різця. Рекомендації по вибору поперечного перерізу різця (ширини  $B$  і висоти  $H$ ) враховують, з одного боку, забезпечення достатньої міцності і жорсткості інструменту, з іншого – його економічне використання. Розміри перетинів стандартних різців узгоджені з міцністю і розмірами напаяних або механічно закріплюваних ріжучих пластин (із товщиною пластини і довжиною ріжучої кромки). Вони вибираються залежно від перетину шару металу  $t \times S$  або  $a \times b$ , що зрізується, відповідно до наступних рекомендацій для обробки деталей із сталі з  $\sigma_b = 75 \text{ кгс/мм}^2$  різцями з  $\varphi = 45^\circ$ .

Перетин шару, що зрізується $t \times S$ , мм <sup>2</sup> .....	15	25	40	60	90
Розміри перетину різців					
VXH, мм.....	12×16	16×20	20×25	25×32	32×40
	12×12	16×16	20×20	25×25	32×32

Глибина різання  $t$ , мм. Вплив глибини різання на стійкість і швидкість різання порівняно невеликий, тому при чорновій обробці рекомендується призначати велику її величину з урахуванням жорсткості різця і деталі, потужності верстата і інших чинників.

При чистовій обробці глибина різання призначається залежно від точності і шорсткості оброблюваної поверхні. Звичайно при обробці поверхні по 7-8-му квалітетах точності з параметром шорсткості  $R_a = 1,6-2,5 \text{ мкм}$  глибина різання не перевищує 0,5 мм.



Багато інструментів мають глибину різання, що регламентується. Наприклад, при відрізці вона рівна ширині відрізного різця, а при нарізанні різьби – кроку різьби (максимальна глибина). Для таких інструментів високі точність і шорсткість досягаються шляхом зменшення подачі і тонкого доведення ріжучих поверхонь інструменту.

Подача  $S$ , мм/об. Призначення чорнової подачі проводиться після вибору глибини різання так, щоб переріз шару металу, що зрізується, не перевищував допустимого значення за умовами міцності державки різця, жорсткості деталі і потужності верстата. На вибір чистової подачі впливають в основному два чинники: точність і шорсткість оброблюваної поверхні.

Рекомендовані значення чистових подач для прохідних і розточувальних різців з напаяними пластинами із твердого сплаву приведені табл. 16, а чорнових подач для різців з механічним кріпленням БНП – в табл. 17. Табличні значення чорнових подач розраховані для різців, встановлених в різцетримачі з вильотом, рівним  $1,5H$  ( $H$  – висота державки різця). При інших значеннях вильотів подачу корегують, помножуючи її на коефіцієнт  $K_s$ , який має наступні значення:

Виліт різця, мм.....	1H	1,5H	2H	2,5H	3H	4H
Коефіцієнт $K_s$ .....	1,73	1,0	0,69	0,52	0,40	0,28

Таблиця 16.

**Чистові подачі, що рекомендуються для сталі і чавуну різцями з твердого сплаву**

Параметр шорсткості $R_a$ , мкм	Радіус при вершині $r$ , мм					
	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
	Подача $S$ , мм/об					
0,63	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25	0,10	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23
2,5	0,14	0,20	0,24	0,29	0,32	0,35
3,2	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,70
6,3	0,35	0,51	0,63	0,72	0,80	0,87
12,5	0,47	0,66	0,81	0,94	1,94	1,14

Таблиця 17.

**Чорнові подачі, що рекомендуються для обробки сталі і чавуну різцями з БНП**

Глибина різання $t$ , мм	Товщина пластини, мм				
	3,13		4,76		
	Радіус при вершині $r$ , мм				
	0,4	0,8	0,4	0,8	1,2
1-2	0,20-0,30	—	0,20-0,30	—	—
2-3	0,25-0,35		0,35-0,45		—
3-4					0,40-0,650
4-5	—	—	—	0,40-0,50	0,45-0,55
5-6	—	—	—	0,35-0,45	0,40-0,50

У табл. 18 наведені значення подач при чистовій обробці деталей з вуглецевої сталі і чавуну залежно від шорсткості оброблюваної поверхні.

Для прорізних і відрізних різців подача менша, ніж для прохідних, та призначається залежно від діаметру заготовки і ширини прорізного або відрізного різця. Рекомендовані значення подач при обробці сталевих заготовок:

Діаметр обробки, мм.....	20	40	60	100
Ширина різця, мм.....	3	3-4	4-5	5-6
Подача $S$ , мм/об.....	0,06-0,08	0,10-0,12	0,13-0,16	0,16-0,18

Таблиця 18.

**Значення подачі залежно від шорсткості оброблюваної поверхні**

Параметр шорсткості $R_a$ , мкм	Оброблюваний матеріал	Діапазон швидкостей різання м/хв	Радіус при вершині $r$ , мм		
			0,5	1,0	2,0
			Подача $S$ , мм/об		
5,0-10,0	Сталь вуглецева і легована	<50 >50	0,30-0,50 0,40-0,55	0,45-0,60 0,55-0,65	0,55-0,70 0,65-0,70
	Чавун, бронза і алюмінієві сплави	Весь діапазон	0,25-0,10	0,40-0,50	0,50-0,60
2,5-5,0	Сталь вуглецева і легована	<50 >50	0,18-0,25 0,25-0,30	0,25-0,30 0,30-0,35	0,30-0,40 0,35-0,50
	Чавун, бронза і алюмінієві сплави	Весь діапазон	0,15-0,25	0,25-0,40	0,40-0,50
1,25-2,5	Сталь вуглецева і легована	<50 50-100 >100	0,10 0,11-0,16 0,16-0,20	0,11-0,15 0,16-0,25 0,20-0,25	0,15-0,22 0,25-0,35 0,25-0,35
	Чавун, бронза і алюмінієві сплави	Весь діапазон	0,10-0,15	0,15-0,20	0,20-0,35

Обробку фасонних поверхонь рекомендується проводити на подачах від 0,02 до 0,09 мм/об при ширині ріжучої частини 8-40 мм. Менші значення подач слід приймати при більшій ширині ріжучої частини різця і меншому діаметрі обробки.

Швидкість різання  $v$  м/хв. У нормативах і рекомендаціях швидкості різання звичайно наводяться для матеріалів з певними міцнісними властивостями і оброблюваністю, а також для конкретних умов обробки.

При зміні заданих умов обробки таблична швидкість різання  $v_{\text{табл}}$  коректується шляхом множення її на відповідні коефіцієнти, що враховують зміну тієї або іншої умови.

Таким чином, розрахункова швидкість різання  $v$  визначається по формулі:

$$v = v_{\text{табл}} K_M K_i K_n K_\varphi K_{Tv}$$

Коефіцієнт  $K_M$  враховує вплив хімічного складу і межі міцності оброблюваного матеріалу. Для вуглецевої конструкційної сталі з  $\sigma_B = 75$  кгс/мм<sup>2</sup> і для сірого чавуну з НВ 190  $K_M = 1$ .

Коефіцієнт  $K_i$  враховує вплив марки інструментального матеріалу на швидкість різання. Для швидкорізальних сталей і твердих сплавів марок Т15К6 і ВК6 –  $K_i = 1$ ; для сплавів марок Т5К10 –  $K_i = 0,73$ ; Т14К8 –  $K_i = 0,85$ ; ВК8 –  $K_i = 0,83$ ; ВК3 –  $K_i = 1,15$ ; ТТ7К12 –  $K_i = 0,37$ .

Коефіцієнт  $K_n$  враховує стан початкової поверхні обробки.  $K_n = 1$  при обробці заготовки без кірки;  $K_n = 0,8-0,85$  – з кіркою, ливарні, і  $K_n = 0,5-0,6$  – з сильно забрудненою кіркою, ливарні.

Коефіцієнт  $K_\varphi$  враховує головний кут в плані  $\varphi$  різця. Його значення наступні:

$\varphi^\circ$ .....	30	45	60	75	90
$K_\varphi$ .....	1,13	1,0	0,9	0,81	0,81

Коефіцієнт  $K_{Tv}$  враховує вплив стійкості інструменту на його швидкість різання. Для різців з напаяними швидкорізальними і твердосплавними пластинами значення  $K_{Tv}$  наступні:

Стійкість $T$ мін.....	30	45	60	90	130	200	300
Коефіцієнт $K_{Tv}$ :							
швидкорізальна сталь.....	1,1	1,05	1,0	0,9	0,8	0,75	0,70
твердий сплав.....	1,15	1,05	1,0	0,9	0,85	0,80	-

У табл. 19 і 20 наведені нормативні значення швидкостей різання при точінні і розточуванні деталей із сталі і чавуну твердосплавними різцями.

Різці з механічним кріпленням БНП допускають роботу на вищих швидкостях різання, чим різці з напайними твердосплавними пластинами (табл. 21). Нормативна стійкість для цих різців рівна 30-40 хв.

Вибір ЗОР. Змащувально-охолоджуючі рідини доцільно застосовувати як для різців як з швидкорізальної сталі, так і для різців оснащених твердим сплавом. При точінні і розточуванні деталей з конструкційної вуглецевої і легованої сталі різцями з швидкорізальної сталі швидкість різання вища в 1,25 рази, чим при точінні без охолодження, а при обробці твердосплавними різцями – в 1,4 рази.

Таблиця 19.

**Значення нормативної швидкості різання при точінні і розточуванні конструкційних вуглецевих, хромистих і хромонікелевих сталей ( $\sigma_b = 75$  кгс/мм<sup>2</sup>) різцями, оснащеними твердим сплавом марки Т15К6**

Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об							
	0,14	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65
1,4	212	188	167	148	132	117	104	93
3,0	188	167	148	132	117	104	93	82
7,0	167	148	132	117	104	93	82	73
15,0	148	132	117	104	93	82	73	68

Таблиця 20.

**Значення нормативної швидкості різання при точінні і розточуванні сірого чавуну (НВ 170-225) різцями, оснащеними твердим сплавом марки ВК6**

Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об							
	0,14	0,23	0,43	0,56	0,75	1,0	1,3	1,8
0,80	154	137	122	108	96	86	76	68
1,80	137	122	108	96	86	76	68	60
4,00	122	108	96	86	76	68	60	53
9,00	108	96	86	76	68	60	53	47
20,00	96	86	76	68	60	53	47	42

Особливо ефективно застосування нових ЗОР, таких, як Укринол-1, МР-1 і МР-4. Так, при обробці вуглецевої сталі застосовуючи рідину

Укринол-1 (3%) замість ЕТ-2 (5%) підвищується стійкість інструменту в 1,5 рази, при обробці легованих сталей – в 2 рази, нержавіючих і жароміцних сталей – в 2,5 рази, а титанових сплавів – в 1,4 рази.

Масляні ЗОР МР-1 і МР-4 підвищують стійкість в порівнянні з сульфофрезолом при обробці нержавіючих і жароміцних сталей в 2-3 рази.

При використанні ЗОР для твердосплавних інструментів подача рідини повинна бути безперервною, а її витрата повинна складати 10-15 л/хв.

Таблиця 21.

**Значення нормативної швидкості різання при обробці деталей з вуглецевої сталі з  $\sigma_b = 75 \text{ кгс/мм}^2$  різцями з механічним кріпленням БНІ з твердого сплаву Т15К6.**

Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5-0,6
До 1	290-270	265-245	230-245	230-210	210-185
1-3	280-260	255-235	235-220	220-200	200-175
3-4	–	255-234	234-215	215-205	200-175
4-5	–	242-225	230-210	210-170	200-175
5-6	–	238-220	225-210	210-200	200-170
6-7	–	–	220-205	205-195	180-165
7-8	–	–	–	140-130	139-110

Заточування різців. Від якості заточування різців багато в чому залежить їх працездатність. Обов'язковою умовою є дотримання заданих геометричних параметрів інструменту, досягнення необхідної шорсткості ріжучих поверхонь і відсутність пригарів та сколів на ріжучих кромках.

Для виконання всіх цих вимог необхідно правильно вибрати характеристику абразивного круга і режим заточування. Заточування швидкорізальних різців рекомендується проводити кругами, характеристика яких наступна:

Вид заточування	Чорнова	Чистова	Доведення
Марка абразивного матеріалу	Е9	Е9	К3
Зв'язка.....	Керамічна		Бакелітова
Зернистість.....	40-25	25-16	8-3
Твердість.....	С1-СМ1	СМ2-СМ1	СМ2-СМ1
Швидкість круга, м/с.....	20-25	20-25	23-25
Подовжня подача, м/хв.....	3-5	1-3	1-2
Глибина різання, мм/хв.....	0,05-0,10	0,02-0,04	0,01-0,02

Заточування твердосплавних різців слід проводити роздільно по сталевому корпусу і по пластині. Сталевий корпус заточують кругами з електрокорунди твердістю С1-СМ1 і зернистістю 40-25. Заточування твердосплавної пластини проводять кругами з карбіду кремнію зеленого на керамічній або бакелітовій зв'язці. Твердість круга вибирається залежно від марки твердого сплаву. Сплави марок ВК6, ВК8 і Т5К10 заточують кругами твердістю С1-СМ2, ВК2 Т14К8 і Т15К6 – СМ2-СМ1, Т30К4 – СМ1-СМ3. Швидкості круга менші, ніж при заточуванні швидкорізальних різців, і складають відповідно 18-26, 15-22 і 10-15 м/с.

Застосування алмазного заточування і доведення твердосплавного інструменту дозволяє підвищити якість і працездатність інструменту. Нижче приведені характеристики алмазних кругів для заточування і доведення різців:

Характеристика алмазного круга для обробки поверхонь:	Чистове заточування	Доведення
передньої.....	АСР 100/80 М 100%	АСР 50/40 БИ 50%
задньої.....	АСР 100/80 М 100%	АСР 63/50 БИ 50%
лунки.....	АСР 80/63 М 100%	—
Заточування рекомендується проводити на наступних режимах:		
Вид заточування	Чистова	Доведення
Швидкість круга, м/с.....	18-20	20-25
Подовжня подача, м/хв.....	1,0-1,5	0,5
Поперечна подача, мм/хв.....	0,01-0,015	0,005

### 3.9 Різці з механічним кріпленням мінералокерамічних пластин

Застосування мінералокераміки для токарної обробки металів з кожним роком розширюється. Накопичений в цій області досвід показує, що заміна твердосплавних різців на різці, оснащені мінералокерамікою, підвищує в 1,3-2,5 і більше разів продуктивність праці на багатьох операціях при одночасному збільшенні стійкості в 1,5-3 рази.

Особливо ефективно використання таких різців при обробці вибілених, високоміцних і високолегованих чавунів та загартованої сталі, де стійкість і продуктивність твердосплавних різців дуже низькі.

У зв'язку з такими властивостями мінералокераміки, як висока крихкість і низька опірність ударним навантаженням, до конструкції різців і умов їх експлуатації пред'являються особливі вимоги.

Державки для мінералокерамічних пластин повинні виготовлятися з високоякісної легованої сталі та повинні піддаватись термообробці. Опорна поверхня гнізд під пластини повинна забезпечувати щільне прилягання пластин, а бічні базові поверхні – виключати можливість щонайменшого зсуву пластини в процесі обробки. Базові поверхні рекомендується виготовляти шліфованими навіть у разі застосування змінних твердосплавних або сталевих підкладок. Для закріплення ріжучих пластин застосовуються такі ж механізми, як і для закріплення твердосплавних пластин (див. рис. 49).

Централізовано випускаються прохідні і розточувальні різці з механічним кріпленням трьох- і чотиригранних БНП з мінералокераміки В0К60, В3, В13 і ВШ75, а також з кортиніту. Основні розміри різців  $H \times B \times L$ , що випускаються, наступні, мм: 20x20x125; 25x20x150; 32x25x170; 32x32x170.

Багато підприємств застосовують різці з механічним кріпленням мінералокерамічних пластин конструкцій новаторів виробництва. На рис. 58 показана гамма таких різців. Державка 1 виконана з термообробленої, якісної конструкційної сталі. Особливість різців полягає в тому, що опорна поверхня *Б* під пластину, виконана у вигляді площини, що легко обробляється шліфуванням. Бічні базові поверхні *В* і *Г* утворені в розжареній планці 4, прикріпленої до державки гвинтами 6. Поверхні *В* і *Г* також шліфують. Закріплення ріжучої пластини 2 проводиться двоплечним затискачем 3 за допомогою гайки 5. Після зносу під дією стружки одного плеча, що сходить, затискач повертають іншим плечем. Двоплечний затискач забезпечує надійне кріплення пластини, він є уніфікованою деталлю для закріплення пластин різної форми.

Промисловість випускає мінералокерамічні пластини без задніх кутів і з плоскою передньою поверхнею. Задній кут  $\alpha=7-8^\circ$  забезпечується відповідною установкою пластини в державці. При цьому передній кут виходить негативним і рівним задньому куту. З метою зміцнення ріжучої кромки заточують фаску шириною 0,2-0,4 мм з негативним переднім кутом  $\gamma=25-30^\circ$ .

Встановлено, що різці без зміцнюючої фаски мають стійкість в 1,5-2 рази вищу, ніж із зміцнюючою фаскою.

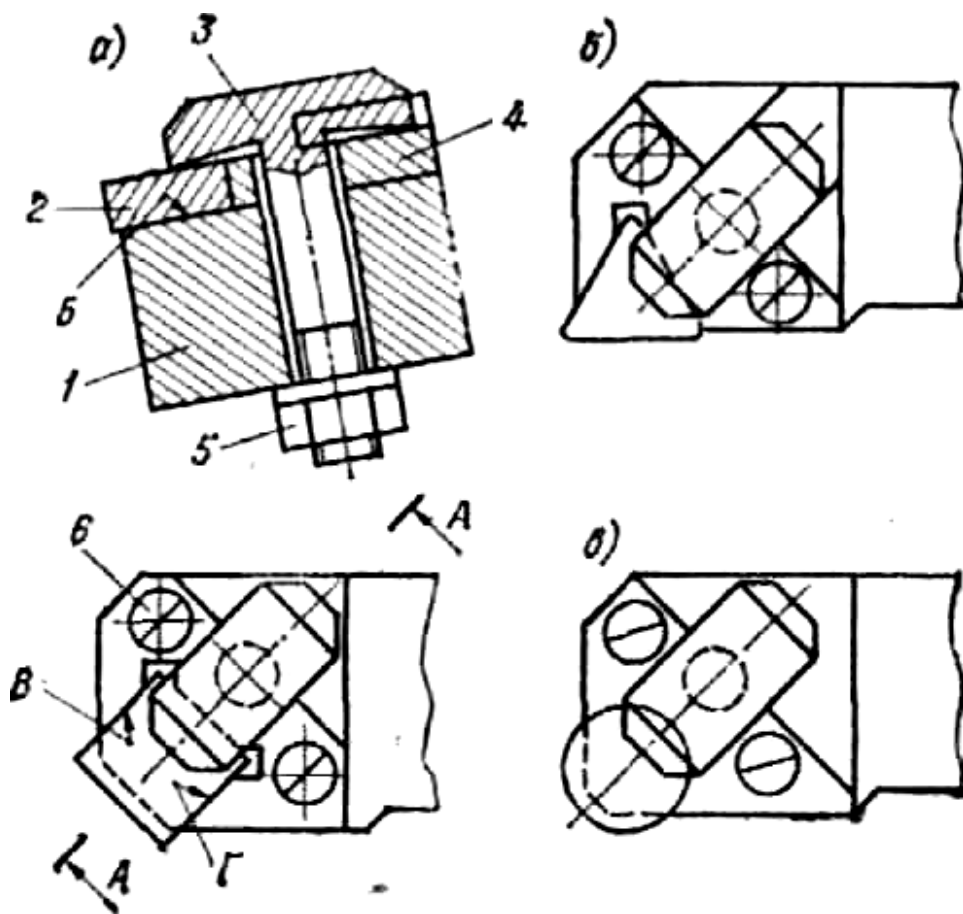


Рис. 58. Різці з механічним кріпленням БНП з мінералокераміки

Найбільша ефективність мінералокерамічних різців досягається при обробці в певних межах режимів різання (табл. 22).

Нижня межа подачі залежно від матеріалу деталі коливається від 0,05 до 0,2 мм/об, що обумовлено недостатньою гостротою ріжучої кромки. Проте застосування порівняно великих подач для чистової обробки не перешкоджає отриманню високого ступеня шорсткості поверхні і точності обробки.



Глибину різання недоцільно встановлювати вище 2 мм при обробці вибіленого чавуну і загартованої сталі, хоча граничні значення глибини – 3-5 мм. Обробку незагартованої сталі і сірого чавуну рекомендується проводити з глибиною до 2 мм.

У зв'язку з високими швидкостями різання при експлуатації різців, оснащених ріжучою керамікою, дуже важливого значення набуває надійне стружколомання і відведення її. Досягається це застосуванням накладних стружколомів, які повинні бути регульованими. Регулюється як відстань від ріжучої кромки до стружколама, так і кут розташування стружколама по відношенню до ріжучої кромки.

Розташування стружколама під кутом  $30^\circ$  до ріжучої кромки запобігає викришуванню східною стружкою ріжучої кромки, що не бере участь безпосередньо в роботі.

Таблиця 22.

**Рекомендації по вибору марки мінералокераміки і режимів різання для різних умов обробки**

Вид обробки	Оброблюваний матеріал	Марка кераміки	Режими різання		
			$v$ , м/хв	$t$ , мм	$S$ , мм/об
Напівчистове точіння	Загартовані сталі HRC>45	V3, V0K60	70-150	0,5-1,0	0,08-0,3
	Сірий чавун.	V3, V0K60	150-300	0,5-5,0	0,1-0,5
	Вибілений чавун, HB 400-700	V36 V0K60	30-70	0,5-3,0	0,08-0,3
Чистове точіння	Загартована сталь, HRC > 45	V3, V0K60	100-200	0,1-0,3	0,05-0,2
	Сірий чавун, HB 240	V3, V0K60	200-400	0,1-1,0	0,05-0,3
Чистове і напівчистове точіння	Вибілений чавун, HB 400-700	V3, V0K60	70-150	0,1-0,5	0,08-0,15
	Сталі нетермооброблені	V013	150-500	0,5-2,0	0,2-0,5
	Ковкі і сірі чавуни HB < 200	V013	150-500	0,5-2,0	0,2-0,5

### 3.10 Різці, оснащені композитом

#### Особливості конструкції різців

Країни, що випускають інструментальними заводами різці, оснащені композитом, можна розділити на три різновиди: 1) різці і вставки з нероз'ємним з'єднанням ріжучих полікристалів; 2) збірні різці з механічним кріпленням вставок з нероз'ємним з'єднанням полікристалів; 3) різці з механічним кріпленням круглих і багатогранних пластин з композиту.

Різці і вставки з нероз'ємним з'єднанням полікристалів. У цих різцях полікристали з композиту кріпляться методом вакуумного паяння або методом порошкової металургії.

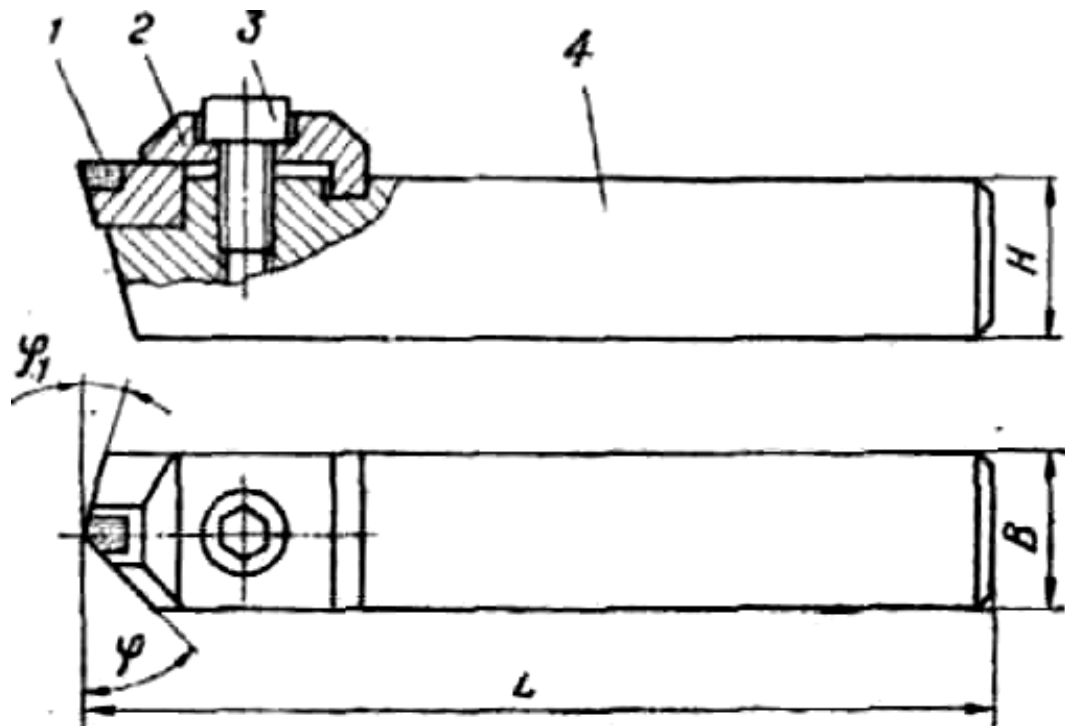


Рис. 59. Різець з механічним кріпленням вставок, оснащених композитом

Збірні різці з механічним кріпленням вставок. Типова конструкція цих різців показана на рис. 59. У сталевому корпусі 4 виконане циліндричне гніздо, в яке встановлюються змінні вставки 1, оснащені композитом. Закріплюються вставки звичайним затискачем 2 за допомогою гвинта 3. Розташування вставок в корпусі залежить від виду різця. У

прохідних і різьбових різцях вставки розташовані паралельно по осі корпусу (рис. 60, а, б, і г), в підрізному і розточувальному – під кутом до осі корпусу (рис. 60, в і д), а в розточувальному різьбовому (рис. 60, е) – під прямим кутом. На рис. 60, показаний розточувальний різець з кріпленням вставки торцевим гвинтом. Основні розміри різців приведені табл. 23.

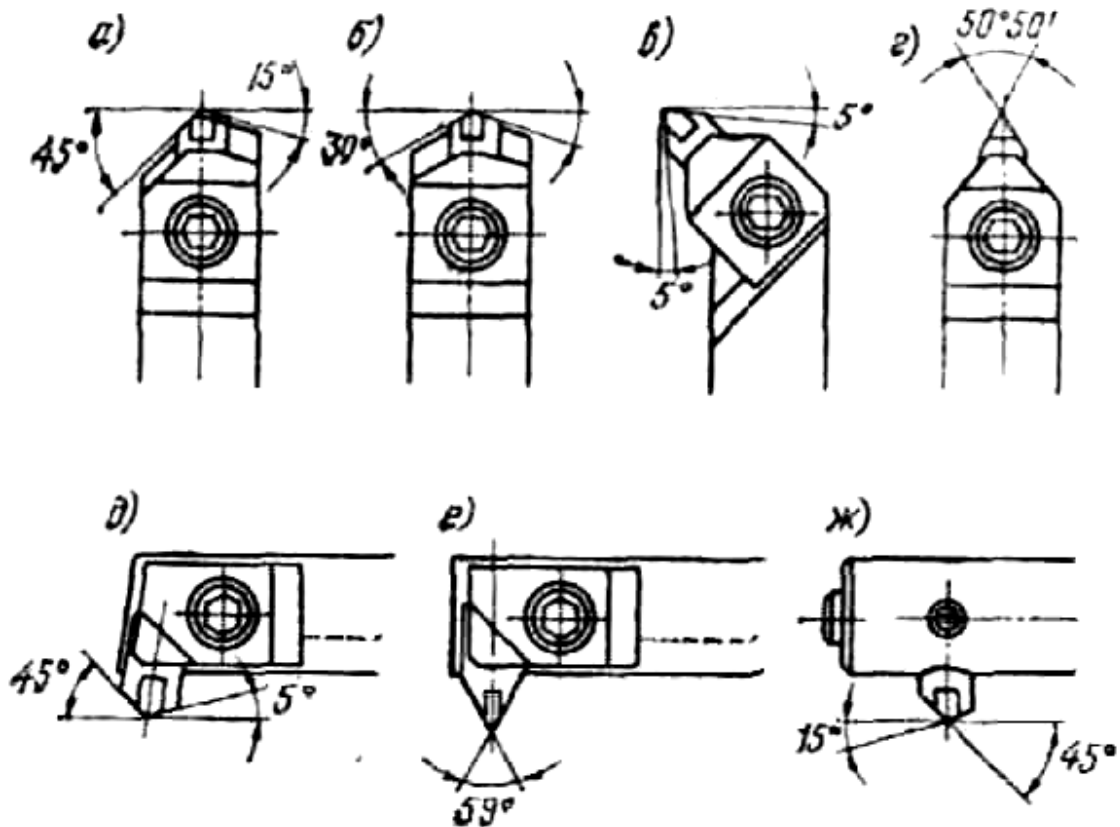


Рис. 60. Форми робочої частини різців з механічним кріпленням вставок, оснащених КОМПОЗИТОМ

Різці з механічним кріпленням круглих і багатогранних пластин з композиту. Застосовується декілька конструктивних виконань різців. На рис. 61 як приклад показана схема різця з механічним кріпленням круглої пластини. Опорою для ріжучої пластини служить площина б в корпусі 1, виконана відкритою, що дозволяє шліфувати її після термічної обробки. Ріжуча пластина 2 встановлюється на опорну площину і фіксується по циліндру в ложементі 7, виконаному з тим же радіусом, що і циліндрична поверхня пластини. Закріплюється пластина накладним затискачем 3 за допомогою гвинта 4. Пружина 5 піднімає затискач при відгвинчуванні гвинта.

**Основні розміри збірних різців з механічним кріпленням вставок, оснащених  
КОМПОЗИТОМ**

Вид різця	Основні розміри, мм		
	Н	В	L
Прямі прохідні, підрізні і розточувальні (див. рис. 60, а, б, в, д)	16	16	125
	20	16	125
	25	20	140
	32	25	170
Різьбові (див. рис. 60, з, е)	16		125
	20	16	
Розточувальні (див. рис. 60, ж)	16	16	125

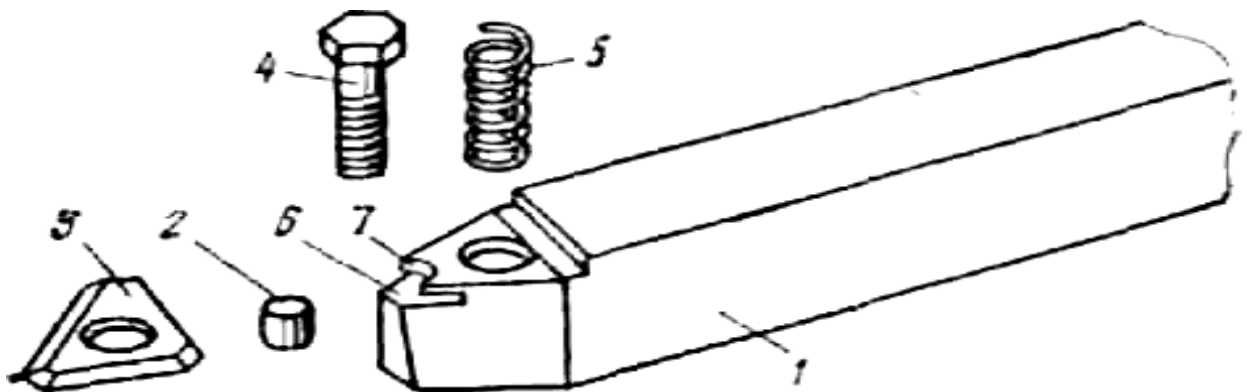


Рис. 61. Схема різця з механічним кріпленням круглої пластини з композиту

*Геометричні параметри різучої частини різців*

Геометричні параметри різців і вставок з нероз'ємним кріпленням композиту можна змінювати в широких межах шляхом заточування і відповідної установки щодо оброблюваної поверхні (рис. 62). Установка забезпечує два кути: головний і допоміжний кути в плані  $\varphi$  і  $\varphi_1$ . Значення цих кутів визначаються за наступними формулами:

$$\varphi = \varphi_B + \omega \quad \text{і} \quad \varphi_1 = \varphi_{1B} - \omega$$

де  $\varphi_B$  і  $\varphi_{1B}$  – головний і допоміжний кути в плані вставки;

$\omega$  – кут установки вставки щодо оброблюваної поверхні. Геометричні параметри ріжучої частини вставок, що рекомендуються, приведені табл. 24.

Геометрія різців з механічним кріпленням круглих і багатогранних пластин забезпечується цілком за рахунок установки пластин в корпусі. Позитивний задній кут утворюється при установці пластини з нахилом, а передній кут виходить рівним по величині заднього кута, але негативним по значенню. У різцях, що випускаються, прийняті наступні абсолютні значення

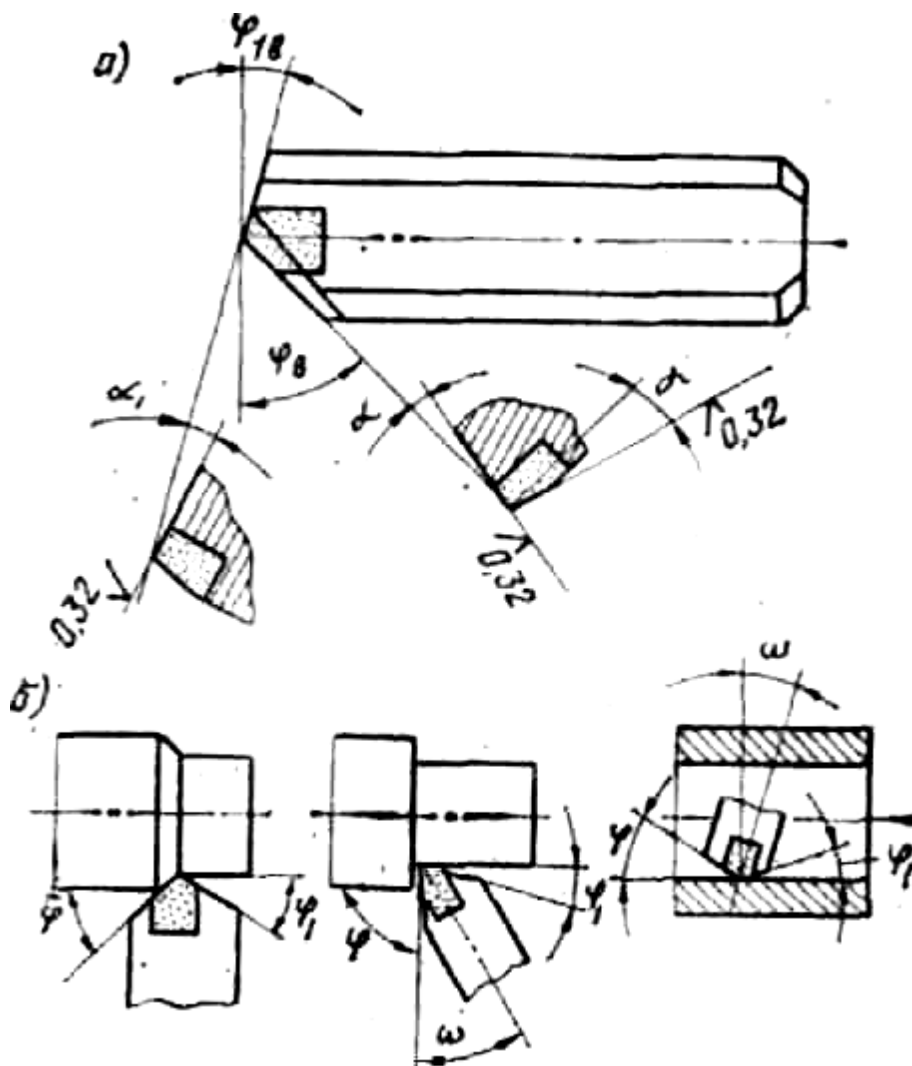


Рис. 62. Геометричні параметри різців, оснащених композитом

переднього і заднього кутів:

для прохідних різців –  $\alpha = (-\gamma) = 8-12^\circ$

для розточувальних різців –  $\alpha = (-\gamma) = 12-15^\circ$ .

Переточування пластин можливе і повинно проводитися з шліфівкою передньої і опорної площин.

Великі значення негативних передніх кутів  $\gamma$  (від  $-5$  до  $-15^\circ$ ) та задніх кутів  $\alpha_\theta$  і  $\alpha_l$  (від  $10$  до  $20^\circ$ ) при відносно малих кутах в плані  $\varphi$  ( $30-45^\circ$ ) рекомендуються для обробки загартованих сталей твердістю HRC 50-70 і високоміцних вибілених чавунів. Сірі чавуни обробляються різцями з меншими кутами  $\gamma$  (від  $-3$  до  $-5^\circ$ ) та  $\alpha$  (від  $8$  до  $12^\circ$ ).

З метою зміцнення ріжучої кромки при обробці твердих сплавів задні кути зменшують до  $6-8^\circ$  і трохи збільшують радіус при вершині  $r$ .

Таблиця 24.

**Рекомендовані геометричні параметри різців з композиту**

Оброблюваний матеріал	$\gamma^\circ$	$\alpha^\circ$	$\varphi^\circ$	$\varphi_1^\circ$	$r$ , мм
Сталі конструкційні леговані, підшипникові, інструментальні загартовані, MRC 40-70	(-10)-(-15)	10-20	30-45	10-20	0,1-0,6
Чавуни сірі і ковкі HB 160-270	(-3)-(-5)	8-12	45-60	до 15	0,3-1,0
Чавуни високоміцні вибілені 300-600	(-5)-(-10)	8-12	30-60	до 15	0,3-1,0
Тверді сплави групи ВК з твердістю HRA 88-90	(-10)-(-15)	6-8	30-45	6-10	0,6-0,8

*Режими різання і особливості експлуатації різців з композиту*

Вибір режиму різання різцями з композиту полягає у визначенні найбільш вигідного поєднання швидкості різання, глибини і подачі в межах можливостей інструментального матеріалу. Так, глибина різання для полікристалів з композитів 01 і 02 не перевищує  $1,5$  мм, з композиту  $10-2$  мм, а композиту  $05-3$  мм.

Тонке точіння загартованих сталей рекомендується проводити при малих перетинах зрізу  $t=0,05-0,2$  мм і  $S=0,02-0,08$  мм/об, але з достатньо високими швидкостями різання  $v=80-180$  м/хв. При напівчистовому точінні глибина і подача збільшуються до наступних значень:  $t=0,6-1,2$  мм;  $S=0,08-0,2$  мм/об, а швидкість різання  $v$  відповідно зменшується до  $40-80$  м/хв. У зв'язку з низькою міцністю обробку краще проводити з більшою глибиною різання, але з меншою подачею.

При чистовому точінні деталей з сірих чавунів допускаються високі швидкості різання (300-900 м/хв і більше). Для напівчистої обробки доцільно використовувати інструмент з композиту 05, що допускає можливість роботи з глибиною різання 1-3 мм.

Вибілені і ковкі чавуни рекомендується обробляти із швидкістю 100-200 м/хв.

Різці, оснащені композитом 01, можуть бути успішно використані також при обробці незагартованих сталей, але на певних режимах різання. Порівняльні випробування різців, оснащених композитом і твердим сплавом Т30К4, при обробці деталей із сталі 45 показали наступне. При швидкостях різання 140 м/хв ( $S=0,04$  мм/об;  $t=0,2$ ) і 130 м/хв ( $S=0,16$  мм/об;  $t=0,2$ ) стійкість обох різців однакова. Із збільшенням швидкості стійкість різця, оснащеного композитом, нижча, ніж різця, оснащеного твердим сплавом Т30К4, а при швидкостях нижче вказаних – навпаки, значно вища. Таким чином, вигреш в стійкості від застосування різців з композиту 01 досягається при обробці в області низьких швидкостей різання. Проте економічний ефект в цьому випадку значно більший і досягається за рахунок зменшення шорсткості поверхні на 1-2 класи.

Високі ріжучі експлуатаційні властивості різців з композиту (малі сили різання і висока зносостійкість) дозволяють при точінні одержувати шорсткість поверхні  $R_a=0,16-1,25$  мм і точність обробки 6-7-го квалітетів.

Шорсткість залежить від жорсткості і вібростійкої системи ВПД, твердості оброблюваного матеріалу, режимів різання і інших умов обробки. Із збільшенням точності і жорсткості верстата на один клас висота мікронерівностей, що одержується після обробки різцями з композиту, зменшується в 3-4 рази. Приблизно вдвічі зменшується шорсткість при збільшенні твердості оброблюваного матеріалу зверху HRC 35-40 на кожні 10-15 одиниць.

Подача істотно впливає на шорсткість. При  $S=0,01-0,04$  мм/об можна одержати шорсткість  $R_a = 0,32-0,16$  мкм, з величиною радіусу при вершині

$r=0,1-1,0$  мм. Збільшення подачі до 0,08 мм/об збільшує  $R_a$  до 1,25 мкм. Глибина і швидкість різання впливають на шорсткість несуттєво.

Особливістю обробки різцями з композиту є відсутність яких-небудь структурних змін в поверхневому шарі. Більше того, після точіння в поверхневому шарі завглибшки до 70 мкм створюються стискуючі напруги, що підвищує експлуатаційні властивості деталей із загартованих сталей.

Застосування ЗОР при точінні і розточуванні не є обов'язковим, але воно позитивно впливає на якість обробленої поверхні і підвищує розмірну точність. ЗОР можна використовувати як водні розчини емульсолу, так і масляні рідини.

Найбільший ефект різці з композиту забезпечують при обробці деталей на токарних верстатах підвищеної (П), високої (В) і особливо високої (А) точності, що володіють високою жорсткістю і мають максимальну частоту обертання шпинделя 2000-3000 об/хв і більше.

На токарних верстатах нормального класу точності (Н) можна також виконувати обробку різцями з композиту, за умови, що жорсткість технологічної системи складає не менше 2000 кг/мм.

#### *Заточування різців з композиту*

Заточування різців рекомендується проводити алмазними кругами на органічній зв'язці АСО 80/63-125/100 Б1 100% з охолодженням, а доведення – кругами АСМ 28/20-14/10 Б1 100% (передньої поверхні) і АСМ 3/2 Б1 100% (задніх поверхонь) без охолодження. Режимми заточування і доведення такі:

	Заточування	Доведення
Швидкість круга, $v$ м/с.....	25	25
Повздовжня подача, м/хв.....	1	0,5
Глибина різання $t$ , мм/хв.....	0,01-0,02	0,005

Попереднє заточування по сталевій державці проводять кругами Е9А25СМ2К при  $v=25$  м/с;  $S_{пр}=3$  м/хв;  $t=0,04$  мм/хв.

Устаткування для заточування – універсально-заточні верстати моделі ЗБ642, ЗВ642 або ЗА64М.



Фреза – це багатолезовий інструмент, призначений для обробки площин, виступів, різних пазів, фасонних поверхонь, а також нарізання зубів, обробки різьби.

Застосування фрезерування замість стругання у багатьох випадках значно підвищує продуктивність і точність обробки. Останніми роками у зв'язку з появою мінералокераміки і надтвердих матеріалів стало можливим проводити фрезеруванням чистову і фінішну обробку деталей, зокрема загартованих до високої твердості (HRC 60), і тим самим замінювати шліфування.

Відповідно до прийнятої класифікації і структури типажу [26] розрізняють наступні різновиди фрез залежно від призначення і характеру процесу різання: циліндричні, торцеві, кінцеві, шпонкові, дискові для пазів і виступів, шліцьові і відрізні, фрези для пазів під сегментні шпонки і Г-подібних пазів, фасонні та кутові. У кожному з вказаних різновидів є фрези цілісні з швидкоріжучої сталі та оснащені твердим сплавом, збірні тощо.

#### 4.1 Загальні відомості про процес фрезерування

Однією з особливостей процесу фрезерування є переривистий характер різання. Кожен зуб бере участь в різанні лише на певній частині обороту фрези, а решту частини проходить вхолосту, що забезпечує дроблення стружки і сприяє охолодженню ріжучого леза. Інша особливість полягає в тому, що товщина шару, який зрізається кожним зубом фрези, змінна і змінюється від деякого мінімального до максимального значення.

На рис. 63 показаний характер зміни товщини шару металу, що зрізається, при стрічному і попутному фрезеруванні. Теоретично різання починається з нульової товщини шару, що зрізається, який у міру обертання фрези збільшується до максимального значення  $a_{max}$ , а потім знову падає до нуля. При стрічному фрезеруванні (рис. 63,а) збільшення товщини шару, що

зрізається, відбувається поступово і ріжуча кромка, що має радіус округлення  $\varrho$  рівний, наприклад, 0,03 мм, на деякому куті повороту не ріже, а ковзає без зняття стружки. При цьому створюються значні деформації стиснення в контактному шарі металу, що приводять до підвищеного стирання ріжучого леза і виникненню значної радіальної сили різання, що часто є причинами вібрацій і поганої якості обробленої поверхні.

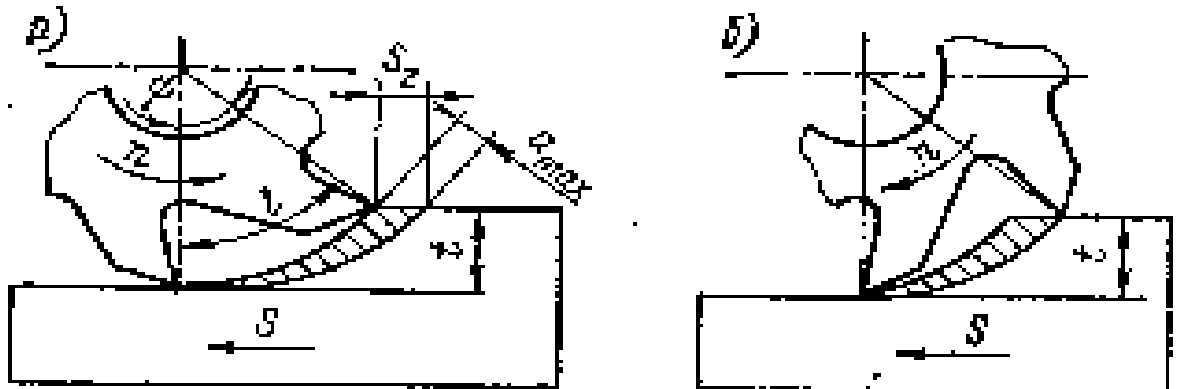


Рис. 63. Характер зміни товщини шару металу, що зрізається, при стрічному і попутному фрезеруванні

При попутному фрезеруванні (рис. 63,б) урізування також починається з нульової товщини, але вона зростає швидко, що сприяє стабільнішій роботі фрези, а шорсткість поліпшується як мінімум на один клас. Особливо ефективно попутне фрезерування при обробці в'язких матеріалів, схильних до налипання. Недоліком попутного фрезерування є можливість підривання деталі (столу) із-за наявного зазору в механізмі подачі столу. Для подачі столу у фрезерних верстатах використовуються беззазорні шарико-гвинтові пари, а також гідравлічні приводи, які виключають вказаний недолік.

Поверхні, які при торцевому фрезеруванні формуються перехідною і допоміжною ріжучими кромками, тобто поверхні, перпендикулярні осі обертання фрези, можуть бути оброблені з меншою шорсткістю. Тут найбільший вплив на шорсткість роблять подача на оборот фрези і допоміжний кут в плані  $\varphi_1$ . Висота нерівностей  $R_z$  при чистовій обробці звичайно менша, ніж величина допустимого торцевого і радіального биття зубів, отже, в утворенні шорсткості беруть участь не всі, а частина найбільш виступаючих зубів фрези.

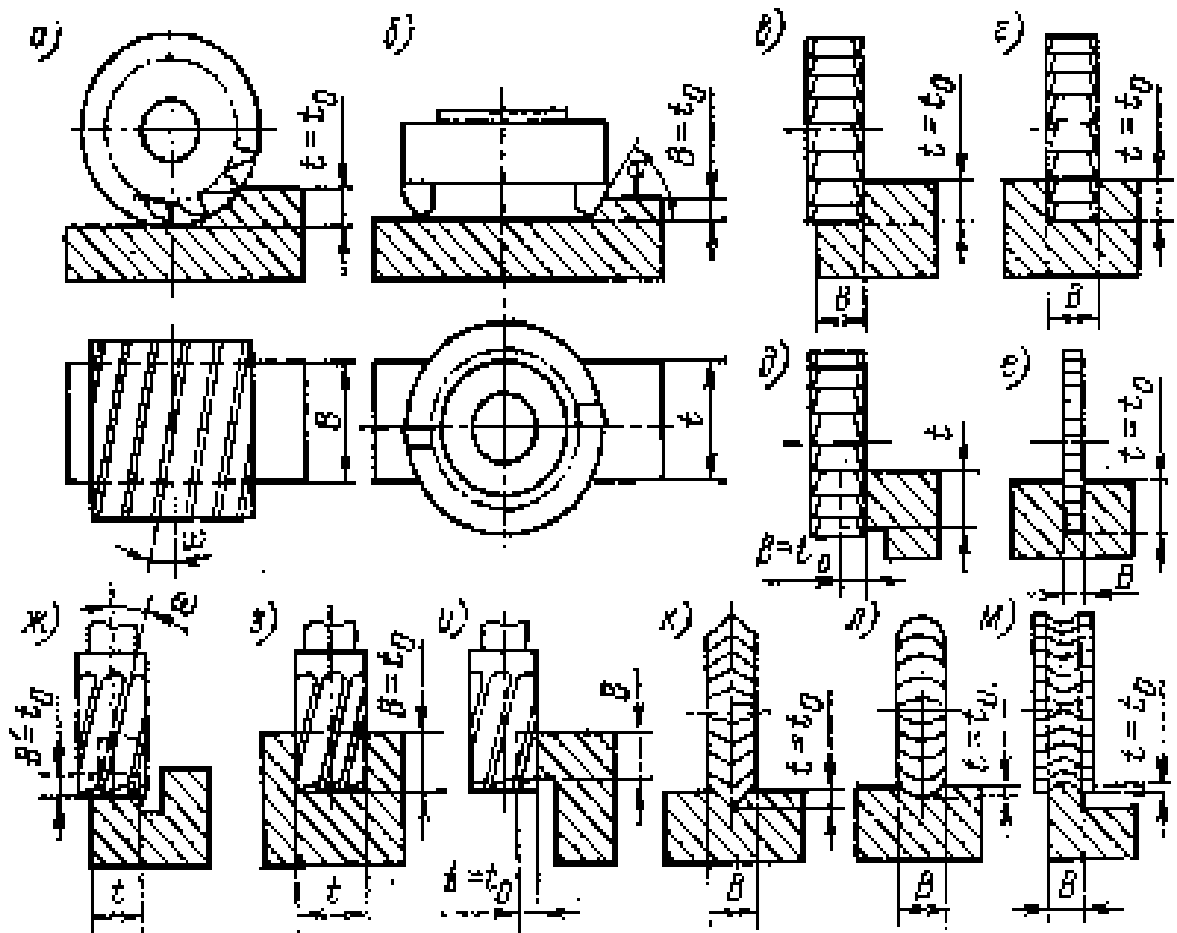


Рис. 64 Позначення ширини фрезерування, глибини різання і глибини шару, що зрізається, при різних випадках обробки

При фрезеруванні глибина різання визначається не так, як при точінні, свердлінні і інших видах обробки. Тут глибина різання  $t$  – це величина шару металу, що зрізається зубом фрези, на довжині дуги різання  $l$  (див. рис. 63), зміряна в напрямі, перпендикулярному до осі обертання фрези. Окрім глибини різання для процесу фрезерування введені два додаткові технологічні параметри – ширина фрезерування  $B$  і глибина шару, що зрізається  $t_0$ . Під шириною фрезерування слід розуміти ширину оброблюваної поверхні в напрямі, паралельному осі обертання фрези, а під глибиною шару, що зрізається, – шар металу, що знімається за один прохід в напрямі, перпендикулярному оброблюваній поверхні.

На рис. 64 приведені позначення ширини фрезерування, глибини різання і глибини шару, що зрізається, для різних випадків обробки, з яких виходить, що в одному випадку глибина шару, що зрізається, співпадає з

глибиною різання ( $t-t_0$ ) в інших – з шириною фрезерування ( $V=10$ ).

Вплив подачі на зуб  $S_z$  і глибини різання  $t$  на товщину  $a$  і ширину  $b$  шару, що зрізається, визначається наступними залежностями.

Для циліндрових, дискових і кінцевих фрез з прямими зубами  $B=b$ , а з гвинтовими зубами  $b_{max}=B/\sin\omega$ , де  $\omega$  – кут нахилу гвинтових зубів. Максимальна товщина шару, що зрізається, для цих фрез визначається по формулі  $a_{max}=S_z \sin\psi$ , де  $\psi$  – максимальний кут контакту зуба фрези із заготовкою.

Для торцевих фрез з кутом в плані  $\varphi=90^\circ$   $B=B/\cos\lambda$  і  $a_{max}=S_z$  а з  $\varphi<90^\circ$   $b=B/\sin\varphi \cos\lambda$  і  $a_{max}=S_z \sin\varphi$ .

#### 4.2 Вплив розмірних і геометричних параметрів фрез на продуктивність обробки

Раціональне використання фрез значною мірою залежить від правильного вибору їх розмірних і геометричних параметрів для конкретних умов обробки.

Діаметр фрези  $D$ . Його вплив на продуктивність обробки носить дуже складний характер. Із збільшенням діаметру фрези підвищується розрахункова швидкість різання при постійній стійкості. Це пояснюється в основному двома чинниками – зменшенням середньої товщини шару  $a_{cp}$ , що зрізається, і кращим охолодженням зубів, оскільки подовжується час знаходження їх поза зоною різання. Ступінь впливу діаметру на швидкість можна виразити формулою:

$$v_2 = v_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^{q_v},$$

де  $D_1$  і  $D_2$  – порівняльні діаметри фрез;

$v_1$ , і  $v_2$  – розрахункові швидкості різання, відповідні  $D_1$  і  $D_2$ ;

$q_v$  – показник степені, що характеризує вплив діаметру фрези на

швидкість різання при однаковій стійкості.

Згідно нормативів для режимів різання [18]  $q$  має наступні значення для обробки сталі  $\sigma_B=75$  кгс/мм<sup>2</sup>:

Матеріал ріжучої частини.....	P18	T151C6
Показник ступеня $q_v$ для фрез:		
торцевих.....	0,25	0,2
дискових.....	0,25	0,2
циліндрових.....	0,45	0,17
кінцевих.....	0,45	0,44

Як видно з приведених даних, для кінцевих фрез вплив діаметру на швидкість різання найбільший. Так, якщо при збільшенні діаметру торцевих фрез в 2 рази швидкість збільшується приблизно в 1,13-1,18 рази, то при такому ж збільшенні діаметру кінцевих фрез вона зростає в 1,4 рази.

Позначивши у формулі  $(D_2/D_1)^{q_H}$  через  $K_H$  і підрахувавши його значення для різних відношень  $D_2/D_1$  і  $q_H$ , одержимо дані, приведені табл. 25, якими можна користуватися при виборі діаметру фрези.

Таблиця 25.

**Значення коефіцієнтів  $K_v$  при фрезеруванні залежно від відношення  $D_2/D_1$  і  $q_v$**

$D_2/D_1$	$q_v$		
	0,2	0,25	0,45
1,25	1,04	1,06	1,10
1,50	1,08	1,11	1,20
2,00	1,15	1,19	1,36
2,50	1,20	1,26	1,51
3,00	1,25	1,31	1,64

Здавалося б, з метою підвищення продуктивності обробки потрібно вибирати фрези більшого діаметру, проте цьому перешкоджає прямо-пропорційна залежність швидкості і частоти обертання фрези. Із збільшенням швидкості різання в стільки ж разів збільшується частота обертання фрези  $n$ , об/хв, і отже – хвилинна подача  $S_m$ , що визначає продуктивність обробки.

Якби при цьому в таке ж число раз збільшувалося число зубів фрези, то при однаковій подачі на 1 зуб хвилинна подача не залежала б від діаметру, а продуктивність в результаті збільшення діаметру фрези зростала б за рахунок підвищення швидкості різання.

Згідно діючих стандартів не у всіх фрез співвідношення чисел зубів і діаметрів пропорційне. Як правило, перше співвідношення менше за друге. Щоб встановити, при якому діаметрі (у певному допустимому діапазоні) продуктивність фрези вища, необхідно підрахувати хвилинну подачу для порівнюваних фрез по формулі:

$$S_m = S_z z \frac{1000v}{\pi D}$$

При підрахунку швидкість різання для фрези більшого діаметру необхідно збільшувати на коефіцієнт  $K_n$  (див. табл. 26).

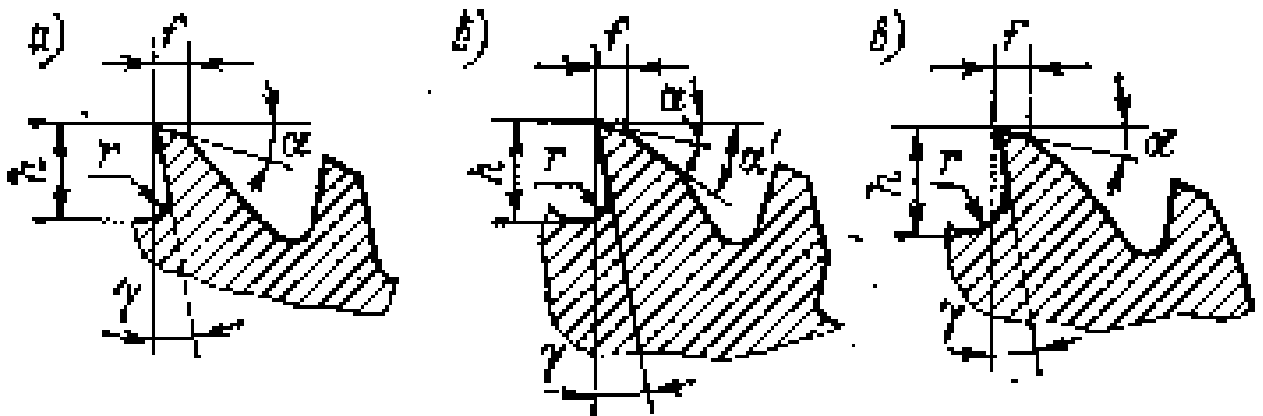


Рис. 65. Форми спинки зуба цілісних швидкорізальних фрез

При виборі фрези слід враховувати також, що збільшення її діаметру спричиняє деяке подовження шляху урізування і перебігання, що знижує продуктивність.

Можливості збільшення діаметру фрези часто обмежуються потужністю і жорсткістю верстата та розмірами інструментального отвору в шпинделі верстата.

Форма зубів фрез. Фрези загального призначення виконуються з гостро заточеною задньою поверхнею. Спинка зуба може бути одно-кутовою, двох-кутовою і криволінійною (рис. 65). Одно-кутова форма найбільш проста

і технологічна та застосовується на торцевих зубах цілісних фрез, на зубах фрез малих розмірів і фасонних фрезах. Двох-кутова форма забезпечує велику міцність зуба. З такою формою виготовляють дискові фрези, а також фрези, оснащені твердим сплавом. Криволінійна форма застосовується на кінцевих фрезах, де дуже важливо забезпечити високу міцність зуба при достатньо великому об'ємі стружкових канавок.

Висота зубів  $h$  і радіус западин  $r$  – важливі розмірні параметри фрез, що впливають на міцність зуба, кількість допустимих переточувань і на розміщення стружки в западині. Для нормального розміщення стружки при обробці конструкційних сталей повинна дотримуватися наступна умова:

$$r \geq \sqrt{S_z t}$$

Стандартні фрези виконуються з нормальним (дрібним) і крупним зубом. Параметри  $h$  і  $r$  цих фрез відповідають призначенню і рекомендованим режимам різання. Фрези з нормальним зубом мають менші значення  $h$  і  $r$ , чим фрези з крупним зубом, і тому звичайно призначені для роботи на легших режимах різання. Завдяки більшому числу зубів продуктивність їх вища. Фрези з крупним зубом застосовуються при обробці глибоких пазів, уступів і площин в деталях з кольорових металів і алюмінієвих сплавів, коли потрібна велика місткість стружки в стружкових канавках, а також при обробці сталі на нежорстких верстатах і при недостатній потужності головного приводу.

Число зубів  $z$ . Як було відмічено раніше, число зубів впливає на продуктивність (хвилину подачу  $S_m$ ). Мінімальне число зубів повинне бути таким, щоб при заданій глибині різання в роботі постійно знаходилося не менше двох-трьох зубів і тим самим була забезпечена плавність процесу фрезерування. Особливо важлива ця умова при роботі твердосплавними фрезами, оскільки нерівномірність процесу різання може привести до викришування ріжучих кромок.

Геометричні параметри фрез. На рис. 66 показане позначення ріжучих елементів і геометричних параметрів торцевих фрез, що поєднують

в собі основні елементи інших різновидів фрез. Всі параметри, що відносяться до периферійних ріжучих кромки, є головними ( $\gamma$ ,  $\alpha_\theta$ ,  $\varphi$ ,  $\omega$ ), а до торцевих ріжучих кромки – допоміжними ( $\gamma$ ,  $\alpha_1$ ,  $\varphi_1$ ).

Конструкція фрез така, що основні геометричні параметри, такі як передній кут  $\gamma$ , головний кут в плані  $\varphi$ , кут нахилу ріжучої кромки  $\omega$  або  $\lambda$  закладаються в конструкцію інструменту і після його виготовлення не міняються. Тому ефективність фрезерної операції в значній мірі залежить від конструкції фрези. Останніми роками номенклатура фрез розширилася за рахунок фрез для обробки легких сплавів і важкооброблюваних матеріалів, зокрема суцільних твердосплавних фрез.

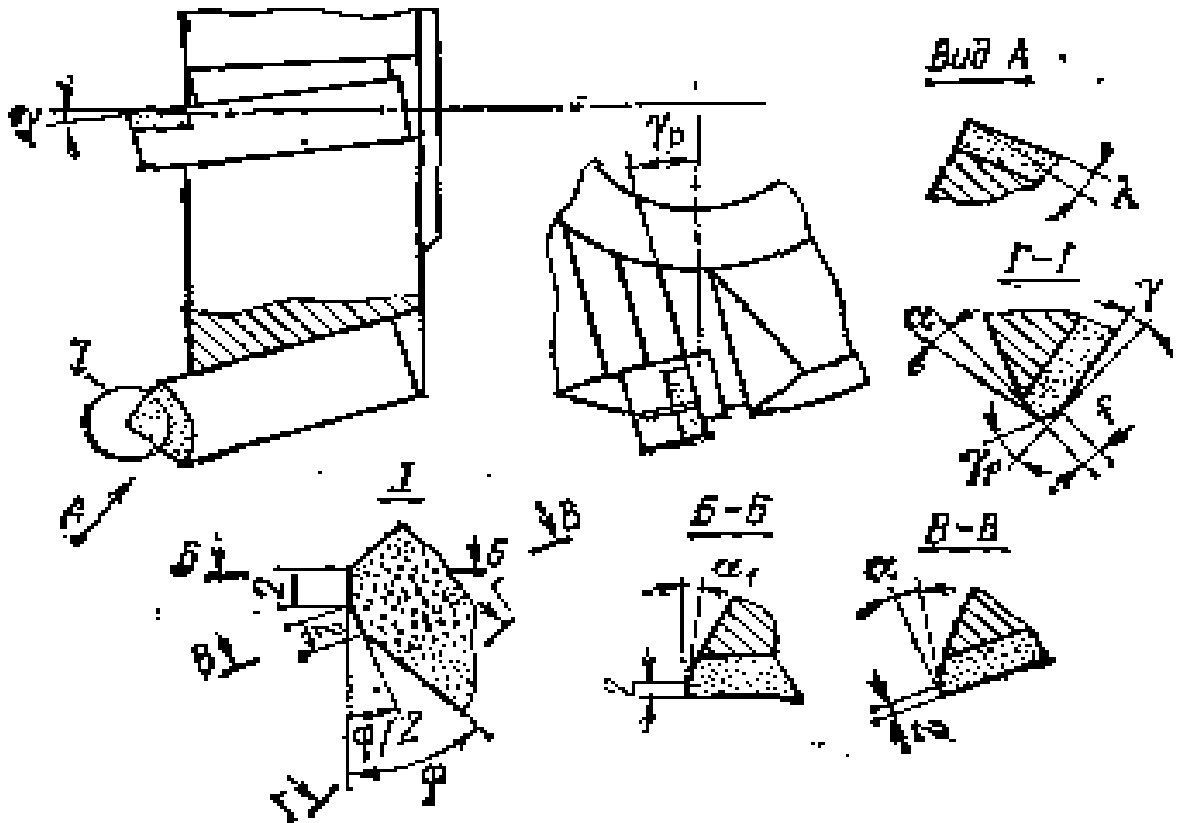


Рис. 66. Геометричні параметри торцевих фрез

Вплив геометричних параметрів фрез на процес різання в основному такий же, як і інших видів інструментів, і відповідає загальним законам теорії різання (див. роз. II).

Величина переднього кута  $\gamma$  впливає на характер деформації шару, що зрізається, усадку стружки, міцність ріжучого леза. При великому  $\gamma$  процес різання протікає легше, менша температура в зоні різання і виникаючі



сили, але менш міцна ріжуча кромка. Із зменшенням  $\gamma$ , навпаки, зростають зусилля і температура різання, проте зміцнюється ріжуча кромка. У зв'язку з цим основним критерієм для призначення переднього кута є оброблюваний матеріал, його пластичні і міцнісні властивості.

Головний задній кут  $\alpha_\theta$  для фрез приймається дещо більшим, ніж для різців, що обумовлено гіршими умовами тертя і зносу з боку задньої поверхні зуба. Призначення заднього кута рекомендується проводити залежно від товщини шару  $a_{max}$ , що зрізається. При  $a_{max} > 0,08$  мм  $\alpha_\theta$  знаходиться в межах 12-15°, при  $a_{max} < 0,08$  мм – 18-20°. Менші значення  $\alpha_\theta$  приймаються для міцніших оброблюваних матеріалів.

Допоміжний задній кут  $\alpha_l$  для цілісних фрез з швидкоріжучої сталі і фрез з напаяними пластинами із твердого сплаву приймається в межах 8-10°. Для торцевих фрез з механічним кріпленням багатогранних пластин  $\alpha_l$  забезпечується установкою пластин в корпусі.

Головний кут в плані  $\varphi$  впливає на ширину  $b$  і товщину  $a$  шару, що зрізається, величину і співвідношення зусиль різання, що становлять, міцність вершини зуба, що в свою чергу визначає стійкість і продуктивність обробки. Із зменшенням кута в плані збільшується активна довжина ріжучої кромки, що бере участь в роботі (ширина  $b$ ), але зменшується товщина шару, що зрізається,  $a$  (див. рис. 10). Стійкість при цьому підвищується, а якщо стійкість залишити постійною, то можна збільшити подачу або швидкість різання, тим самим збільшивши продуктивність обробки. Встановлено, наприклад, що зміна кута в плані  $\varphi$  з 90 до 45° підвищує стійкість приблизно в 2 рази, а до 30° – в 4 рази.

У зв'язку з тим, що із зменшенням кута в плані  $\varphi$  збільшуються зусилля різання, роботу фрезами з малими кутами  $\varphi$  рекомендується проводити на верстатах високої жорсткості при невеликій глибині шару, що зрізається.

Не на всіх фрезах можна змінювати кут  $\varphi$ . Кінцеві, дискові, пазові та інші фрези мають кут  $\varphi=90^\circ$ , тому зміцнення ріжучої вершини зубів на цих фрезах може бути досягнуте заточуванням перехідної ріжучої кромки (фаски

*f*) з кутом  $\varphi_f$ , рівним 30 або 45°. Таку ж фаску з  $\varphi_f < \varphi$  з метою підвищення стійкості заточують і на торцевих фрезах, що мають кут  $\varphi = 60^\circ$  і більше.

Допоміжний кут в плані  $\varphi_l$  в основному впливає на міцність ріжучої вершини зубів і шорсткість обробленої поверхні. Звичайно він не перевищує 10°. Для обробки вуглецевих і легированих конструкційних сталей і чавуну твердосплавними фрезами рекомендується  $\varphi_l = 2-5^\circ$ , для обробки нержавіючих і жароміцних сталей –  $\varphi_l = 10^\circ$ . Значення кута  $\varphi_l$  для кінцевих фрез приймається в межах від 1 до 4°.

Кут нахилу зубів. Виконання зубів по гвинтовій лінії або з нахилом до осі фрези під кутом  $\omega$  забезпечує плавність їх урізування в шар металу, що знімається, і рівномірність фрезерування. Крім того, нахил зубів збільшує фактичний передній кут фрези, вимірюваний у напрямі сходу стружки при збереженні міцності зубів, що полегшує процес різання і сприяє підвищенню стійкості інструменту. Так, із зміною кута нахилу зубів від 10 до 60° стійкість фрези зростає в 3-5 разів [29]. Особливо ефективно застосування фрез з великими кутами  $\omega$  для обробки легких сплавів, нержавіючих і жароміцних сталей.

### 4.3 Цілісні фрези з швидкоріжучої сталі і твердого сплаву

Кінцеві фрези. Области застосування цих фрез дуже різноманітні. Кінцевими фрезами обробляють площини, всілякі виступи, виборки, прямокутні пази, призматичні (з кутом 90°) і криволінійні поверхні тощо.

Випускаються фрези загального призначення для обробки вуглецевої і легированої сталі та чавуну, а також фрези спеціалізовані, призначені для обробки легких сплавів і важкооброблюваних матеріалів. Останніми роками знаходять все більш широке застосування цілісні твердосплавні фрези. Основні типи кінцевих фрез показані на рис. 67.

Кінцеві фрези з швидкоріжучої сталі з циліндричним хвостовиком згідно ГОСТу 17025-71 випускаються від 2 до 28 мм, з

конічним хвостовиком згідно ГОСТу 17026-71 – від 10 до 63 мм. І ті і інші мають дві градації чисел зубів: тип 1 – з нормальним зубом, тип 2 – з крупним зубом. Число зубів залежно від діаметру фрези наступне:

Фрези з циліндровим хвостовиком				
Діаметр $D$ , мм.....	2 і 2,5	3-11	12 і 14	16-28
Число зубів $m$ .				
тип 1 .....	2	4	5	6
тип 2 .....	2	3	4	4
Фрези з конічним хвостовиком				
Діаметр $D$ , мм.....	10-18	20-28	32-50	50-63
Число зубів $Я$				
тип 1 .....	4	5	6	8
тип 2 .....	3	3	4	5

На рис. 68 показані типова конструкція, і геометричні параметри стандартних кінцевих фрез з швидкоріжучої сталі для обробки сталі і чавуну. Фрези виконуються із спіральними канавками і з нерівномірним окружним кроком.

Фрези кожного типу виготовляють в двох виконаннях:  $A$  – з циліндричною стрічкою по діаметру;  $B$  – гостро заточені по задній поверхні. Задній кут в перерізі, перпендикулярному головній ріжучій кромці  $\alpha=14^\circ$ , передній кут  $\gamma=15^\circ$ . Допоміжні кути на торцевих зубах:  $\gamma_1=6^\circ$ ;  $\alpha_1=8^\circ$ ;  $\varphi_1=1-2^\circ$ .

Ширина стрічок по передній поверхні  $f$ , по задній поверхні торцевих зубів  $f_2$  і по задній поверхні циліндричних зубів  $f_1$  має наступне значення залежно від діаметру фрези  $D$ :

Діаметр фрези $D$ мм.....	3-9	10-26	28-42	42-63
Ширина стрічок, мм:				
$f$ .....	1,0	1,5	2,0	2,5
$f_1$ .....	0,3-0,7	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-3,0
$f_2$ .....	0,2-0,5	0,6-1,2	1,5-1,8	1,8-0,8

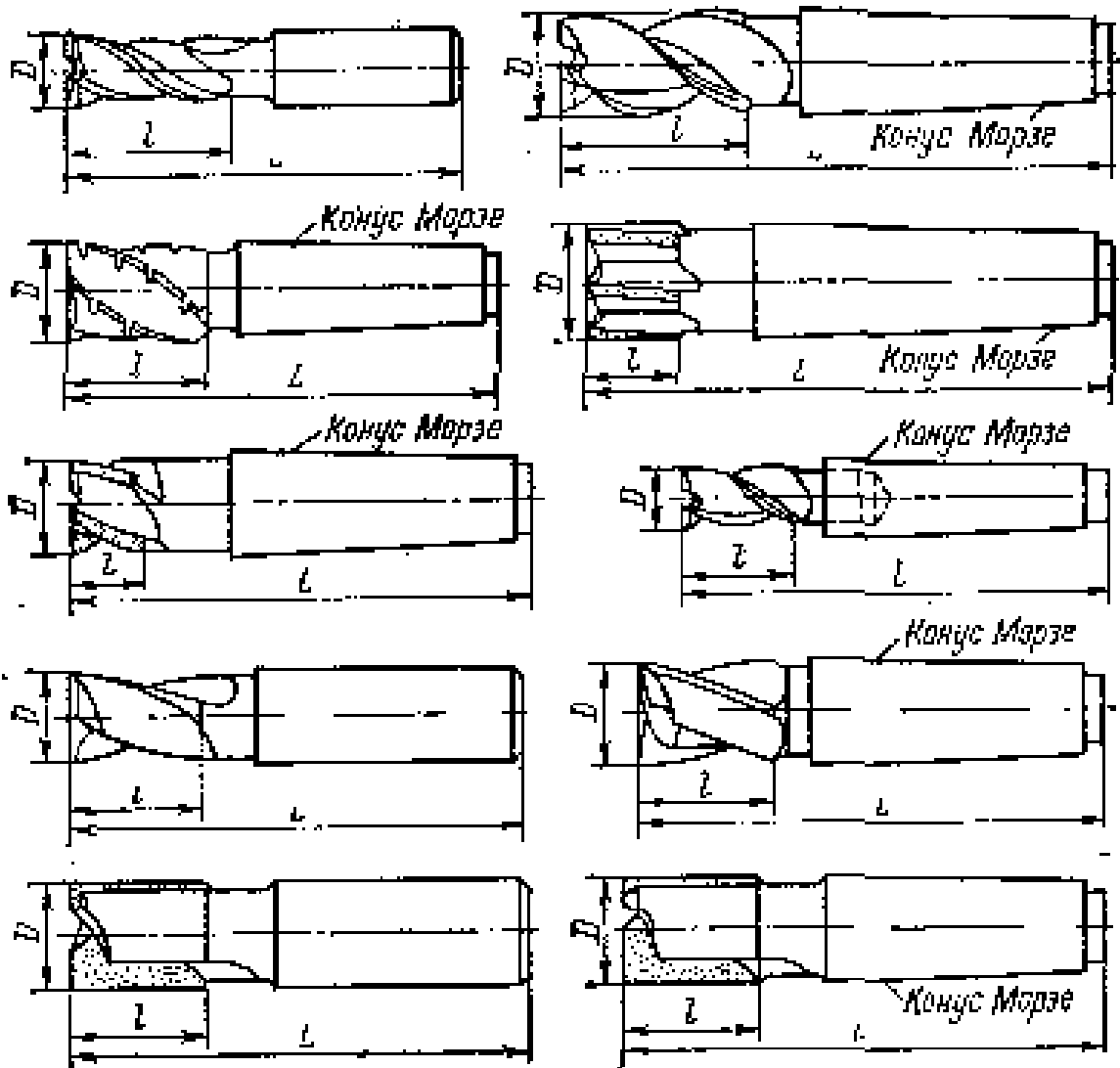


Рис. 67. Основні типи кінцевих фрез

Для чорнового фрезерування широких поверхонь і пазів з великими припусками під механічну обробку призначені кінцеві обдирні фрези згідно ГОСТу 15086-69.

Особливість фрез – розділові канавки на зубах, розташовані в шаховому порядку, забезпечуючи розділення стружки по ширині і сприяючи гасінню вібрацій.

Стандартом передбачені наступні розміри обдирних фрез ( $D \times l \times z$ ):  $25 \times (50, 80) \times 3$ ;  $32 \times (55, 85, 130) \times 4$ ;  $40 \times (65, 100, 160) \times 4$ ;  $50 \times (70, 120, 180) \times 4$ ;  $63 \times (80, 125, 200) \times 5$ ;  $80 \times (90, 140, 220) \times 7$ .

Кінцеві твердосплавні фрези випускаються з прямими і гвинтовими пластинами. Фрези з прямими пластинами призначені для фрезерування

неглибоких пазів і виступів в чавунних і сталевих деталях. Вони мають наступні геометричні параметри: передній кут  $\gamma=0^\circ$ , головний задній кут  $\alpha_0=15^\circ$ , передній кут на торцевих зубах  $\gamma_1=0^\circ$ , задній кут  $\alpha=15^\circ$ , кут нахилу зубів  $\omega=5^\circ$ . Фрези оснащуються пластинами з твердого сплаву марок Т5К10, ВК8 і ВК6.

Основні розміри фрез ( $D \times l \times z$ ):  $15 \times 16 \times 4$ ;  $(20, 25) \times 20 \times 5$ ;  $32 \times 20 \times 5$ ;  $40 \times 25 \times 6$ ;  $50 \times 32 \times 6$ .

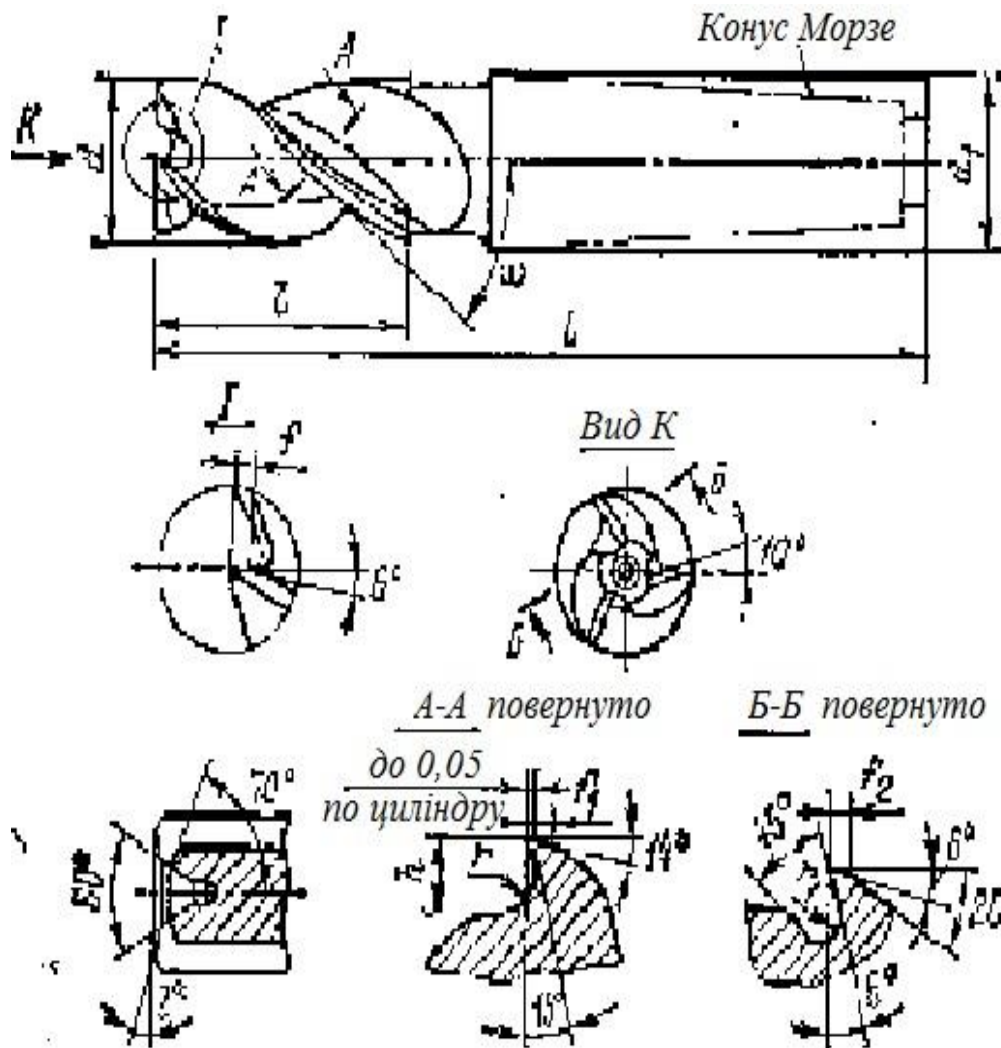


Рис. 68. Конструкція і геометричні параметри кінцевої фрези

Основне призначення фрез з гвинтовими твердосплавними пластинами – фрезерування пазів та виступів в деталях з вуглецевих легованих і високолегованих сталей та чавунів. Завдяки спіральній формі зубів з великим

кутами ( $\omega=20-40^\circ$ ) забезпечуються рівномірність фрезерування і збільшення передніх кутів у напрямі сходу стружки.

Геометричні параметри фрез: головний передній кут  $\gamma=-5^\circ$ , задній  $\alpha=18^\circ$ , передній кут на торцевому зубі  $\gamma=-5^\circ$ .

Цілісні твердосплавні фрези. При обробці деталей з нержавіючих і жароміцних сталей підвищеної міцності, жароміцних і титанових сплавів та високоміцних сталей використання швидкорізальних фрез мало ефективно, а в деяких випадках і неможливе. Тому для обробки вказаних матеріалів випускаються цілісні твердосплавні фрези діаметром від 3 до 12 мм згідно ГОСТу 18372-73.

Фрези мають спеціальні зуби з нерівномірним окружним кроком з кутом  $\omega$ , який для фрез з числом зубів 3 рівний  $30-40^\circ$ , а для фрез з числом зубів 4 і 5 –  $30-35^\circ$ . Основні розміри фрез такі ж, як і фрез з швидкоріжучої сталі із циліндровим хвостовиком.

Геометричні параметри цілісних твердосплавних фрез, що випускаються централізовано, наступні: головний передній кут  $\gamma=5^\circ$ , головний задній кут  $\alpha=15^\circ$ , допоміжний кут в плані  $\varphi=1-3^\circ$ , допоміжний передній кут  $\gamma=6^\circ$ , задній  $\alpha_1=10^\circ$ . Такі геометричні параметри фрез рекомендуються для обробки нержавіючих і жароміцних сталей з  $\sigma_s \leq 75$  кгс/мм<sup>2</sup>. При обробці вуглецевих легованих сталей і жароміцних сталей та сплавів з  $\sigma_s=75-110$  кгс/мм<sup>2</sup> на передній поверхні вздовж ріжучої кромки по спіралі рекомендується заточувати фаску з переднім кутом  $\gamma_f=0^\circ$ , а при обробці високоміцних і загартованих сталей з  $\sigma_s > 110$  кгс/мм<sup>2</sup> – з  $\gamma_f=-5^\circ$ .

Цілісні твердосплавні фрези з циліндровим хвостовиком згідно ГОСТу 16463-80 випускаються діаметром 2-12 мм, з кутом нахилу зубів  $\omega=20^\circ$ . Передній кут на торцевому зубі  $\gamma=20^\circ$ , задній  $\alpha=15^\circ$ . При обробці важкооброблюваних матеріалів передній кут  $\gamma=0^\circ$ .

Торцеві насадні фрези з швидкоріжучої сталі згідно ГОСТу 9304-69 (рис. 69,а) випускаються з дрібним зубом (тип 1) і з крупним зубом (тип 2).

Фрези типу 1 призначені для фрезерування виступів і площин, а також неглибоких пазів в деталях із сталі та чавуну. Фрези 2-го типу дозволяють проводити ті ж роботи в деталях з алюмінієвих сплавів, міді і кольорових металів.

Фрези з дрібним зубом мають гвинтові зуби з кутом нахилу  $\omega=25-30^\circ$ , з крупним зубом –  $\omega=35-40^\circ$ . Передній кут в нормальному перерізі до головної ріжучої кромки (на циліндрі)  $\gamma=15^\circ$ , до допоміжної ріжучої кромки (на торці)  $\gamma=12^\circ$ . Задні кути у відповідних перерізах  $\alpha_\theta = 14^\circ$  і  $\alpha_l = 8^\circ$ .

Розміри фрез ( $D \times d \times L \times z$ ), що випускаються, мм:  $40 \times 16 \times 32 \times 10$ ;  $50 \times 22 \times 36 \times 12$ ;  $63 \times 27 \times 40 \times (14; 8)$ ;  $80 \times 32 \times 45 \times (16; 10)$ ;  $100 \times 32 \times 50 \times (18; 12)$ .

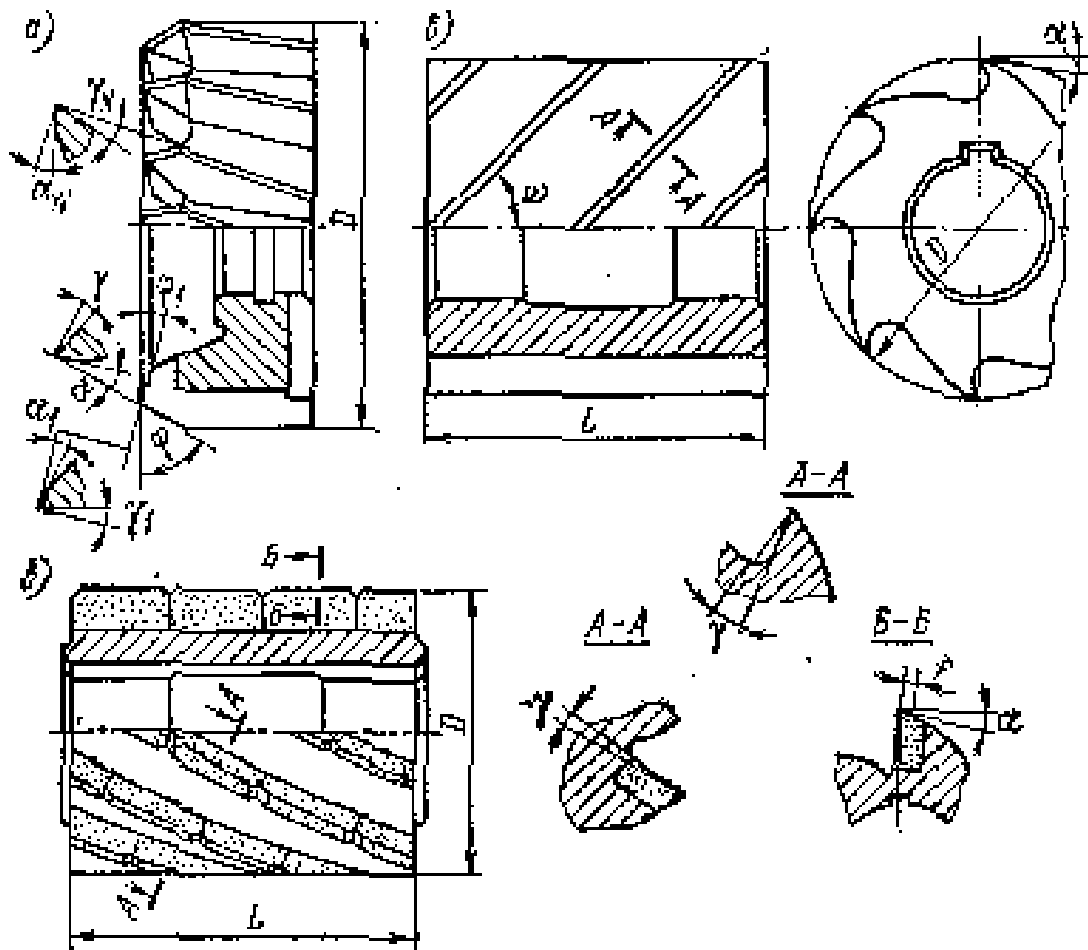


Рис. 69. Торцева і циліндричні фрези

Циліндричні фрези. Циліндричні фрези менш універсальні, чим торцеві, тому їх застосовують в основному в наборах з двох і більше фрез для

обробки ступінчастих поверхневих деталей.

Централізовано випускаються цілісні фрези з швидкоріжучої сталі згідно ГОСТу 3752-71 (рис. 69,б). У промисловості знайшли застосування також циліндричні фрези, оснащені гвинтовими пластинами з твердого сплаву згідно ГОСТу 8721-69 (рис. 69,в).

Циліндричні швидкорізальні фрези виготовляють з дрібним зубом (тип 1) і з крупним зубом (тип 2). Перші застосовуються для чистової і напівчистової обробки площин, другі – для чорнової обробки. Фрези з крупним зубом мають нерівномірний крок між зубами, що підвищує їх вібростійкість.

Передній і задній кути в обох типів фрез однакові:  $\gamma=15^\circ$ ,  $\alpha=16^\circ$ . Кут нахилу гвинтових канавок  $\omega$  дрібнозубих фрез рівний  $30-35^\circ$ , а у фрез з крупним зубом –  $40^\circ$ .

Фрези, оснащені твердим сплавом, виконуються з меншим числом зубів. Передній кут у цих фрез негативний,  $\gamma=-5^\circ$ , задній кут  $\alpha=18^\circ$ . Кут нахилу зубів  $\omega=24^\circ$  для фрез діаметром 63 мм,  $\omega=30^\circ$  для фрез діаметром 80 і 100 мм і  $\omega=36^\circ$  для фрез діаметром 125 мм.

Геометричні параметри (кути  $\gamma$  і  $\alpha$ ) в процесі експлуатації фрез можуть бути змінені при переточуваннях відповідно до конкретних умов обробки.

Розміри фрез, що виготовляються ( $D \times L \times z$ ): фрези з швидкоріжучої сталі з дрібним зубом –  $50 \times (50; 63; 80) \times 12$ ;  $63 \times (50; 63; 80; 100) \times 14$ ;  $80 \times (63; 80; 100; 125) \times 16$ ;  $100 \times (80; 100; 125; 160) \times 18$ ; ті ж фрези з крупним зубом мають відповідно число зубів  $z$ , рівне 6; 8; 10; 12; фрези, оснащені гвинтовими пластинами з твердого сплаву, –  $63 \times (45; 70; 96) \times 8$ ;  $80 \times (45; 70; 96) \times 8$ ;  $100 \times (45; 72; 100) \times 10$  і  $125 \times (70; 100) \times 12$ .

Дискові цілісні фрези з швидкоріжучої сталі. Основні різновиди цих фрез показані на рис. 70. Дискові трибічні фрези призначені для фрезерування пазів 9-го квалітету точності і виступів в сталевих і чавунних деталях.



Розмірний ряд ширини фрез стандартизований і складається з наступних значень, мм: від 4 до 10 через 1 мм, від 10 до 20 через 2 мм, а також 22, 25, 28.

Фрези з прямими зубами згідно ГОСТу 3755-78 виготовляють діаметром від 50 до 125 мм, а з різноспрямованими згідно ГОСТу 9774-78 – від 63 до 125 мм. Фрези з різноспрямованими зубами виконуються з нахилом зубів під кутом  $\omega=15^\circ$ .

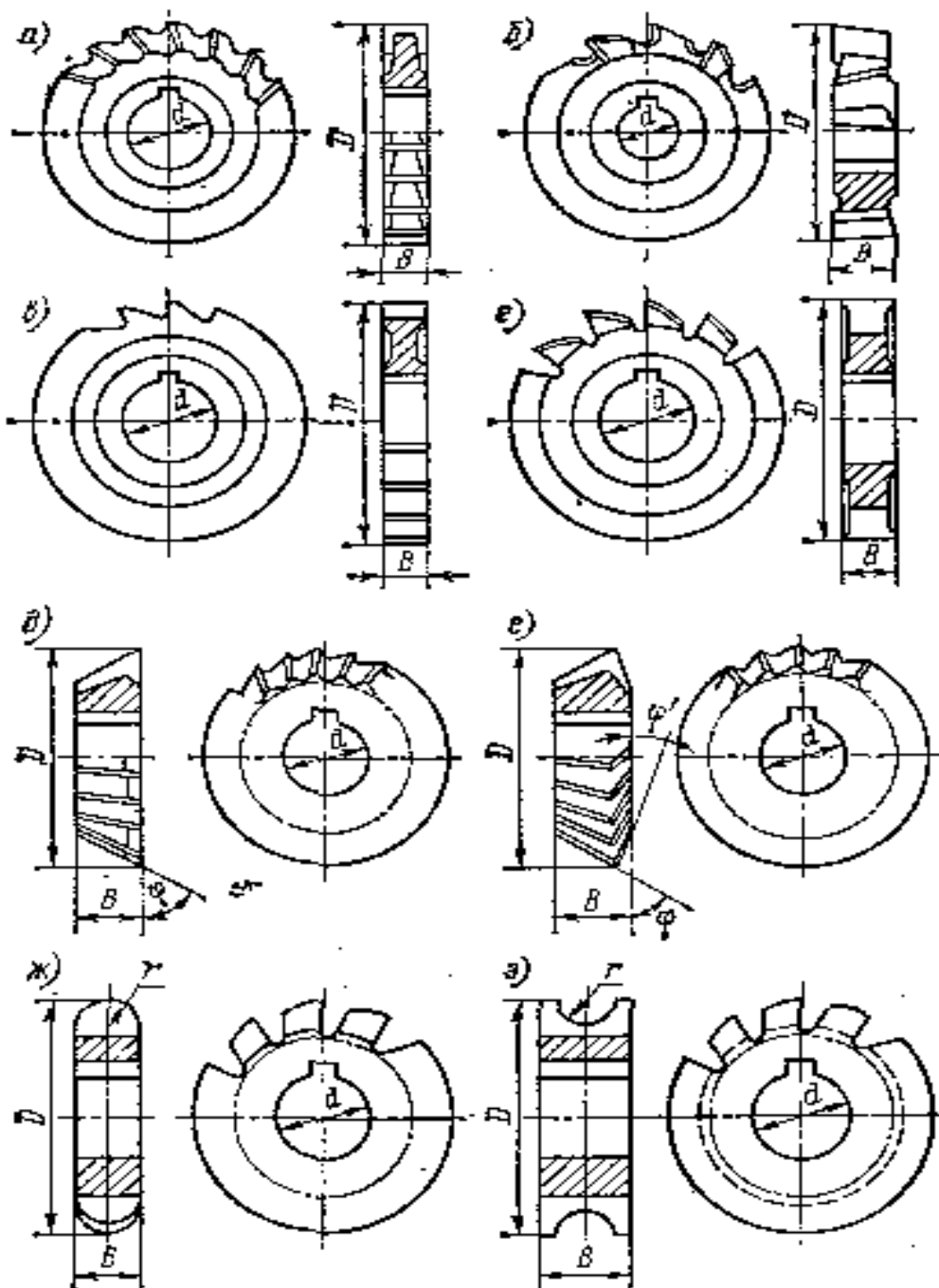


Рис. 70. Типи дискових цілісних фрез з швидкоріжучої сталі

Геометричні параметри трибічних фрез; передній кут  $\gamma=15^\circ$ ; задній –  $\alpha_\theta=20^\circ$ ; допоміжний кут  $\alpha_l=6^\circ$ . Наявність допоміжних задніх кутів  $\alpha_l$  на торцевих зубах покращує шорсткість оброблюваної поверхні і створює сприятливіші умови для різання. Недоліком цих фрез є складне і трудомістке заточування, яке виконується як по діаметру, так і по торцях, а також втрата розміру при переточуваннях.

Пазові фрези згідно з ГОСТ 3964-69 простіші у виготовленні. Вони не вимагають заточування по торцях. Виконання торцевих ріжучих кромки на ширині 1 мм без допоміжного кута в плані забезпечує збереження розміру по ширині. При цьому переточування фрез проводиться тільки по передній і задній головних поверхнях.

Затиловані пазові фрези згідно ГОСТу 8543-71 дозволяють тривалий час зберегти постійність їх ширини при переточуваннях. Зуби фрез міцніші, що дає можливість працювати з великими подачами на зуб. Переточування фрез здійснюють тільки по передній поверхні.

Кутові фрези призначені для обробки гвинтових поверхонь на ріжучому інструменті, а також для фрезерування різних пазів і скосів.

Одно-кутові фрези виконуються діаметром 40, 50 і 63 мм з кутами  $\varphi$ , рівними 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 100, 105, 110 і  $120^\circ$ . Двох-кутові виконуються з кутом  $\beta$ , рівним 15, 20 і  $25^\circ$ , і кутом  $\varphi$  від 50 до  $100^\circ$ .

Для фрезерування напівкруглих западин і виступів служать напівкруглі опуклі і увігнуті фрези згідно ГОСТу 9305-69. Їх діаметр – від 50 до 130 мм. Фрези мають наступний розмірний ряд радіусів профілю  $r$ , мм: 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 25.

Зуби фрез затиловані по задній грані, що забезпечує збереження їх профілю при переточуваннях, вироблюваних по передніх поверхнях.

#### 4.4 Прорізні (шліцьові) і відрізні фрези

Прорізні і відрізні фрези – це інструменти, що працюють у напружених складних умовах різання. Нежорстка робоча частина, наявність двох допоміжних ріжучих кромки при короткій головній ріжучій кромці, обмежені умови освітлення і відведення стружки – все це є причиною частих поломок інструменту, появи вібрацій і роботи при достатньо низьких подачах. Тому дуже важливо вибрати оптимальне число зубів фрези, призначити раціональні режими різання, правильно заточити фрезу.

##### *Особливості конструкції і умов експлуатації стандартних фрез*

В даний час випускається широка номенклатура прорізних і відрізних фрез згідно з ГОСТ 2679-73 (надалі їх іменуватимемо просто «відрізні фрези»), які відрізняються діаметром  $D$  (від 20 до 315 мм), шириною  $B$  (від 0,2 до 6,0 мм) і числом зубів  $z$ . Залежно від числа зубів відрізні фрези розбиті на три типи; 1-й – фрези з дрібним зубом; 2-й – фрези з середнім зубом; 3-й – фрези з крупним зубом. Фрези з крупним зубом в свою чергу мають дві градації чисел зубів.

Фрези з дрібним зубом. Характерною особливістю цього типу фрез є велике число зубів. Передня і задня поверхні зубів утворені канавкою з кутом  $60^\circ$  (рис. 71,а), а западина виконана з малим радіусом ( $r=0,1-0,5$  мм) для всього діапазону фрез. При такій конструкції зуби мають неоптимальний задній кут, який перевищує  $60^\circ$ , що зменшує міцність ріжучої частини. Тому фрези з дрібним зубом призначені для роботи з глибиною фрезерування, що не перевищує ширину, тобто для фрезерування дрібних пазів і шліців чи ж для відрізки тонких листових матеріалів. Збільшенню глибини різання перешкоджає також малий об'єм канавок для розміщення стружки. З тих же причин подачі на 1 зуб  $S_z$  для цих фрез мають напружуд малі значення. Для фрез діаметром від 20 до 25 мм рекомендовані подачі на зуб не перевищують 0,002 мм/зуб, до 40 мм – 0,01 мм/зуб, до 315 мм – 0,02 мм/зуб.

Фрези з середнім зубом. Число зубів даних фрез приблизно в два рази менше, ніж у фрез типу 1, а отже фрези мають більш ємнісну стружкову канавку. Стандартом передбачені дві форми профілю зуба.

Перша форма така ж, як у фрез з дрібним зубом, в другій (рис. 71,б) передбачена стрічка по задній поверхні із заднім кутом  $20^\circ$ . Ширина стрічки для фрез діаметром 50 мм складає 0,5-0,9 мм і збільшується із збільшенням діаметру фрези. Фрези з другою формою зуба завдяки зміцненню ріжучої частини допускають роботу з великими глибиною і подачею, чим з першою.

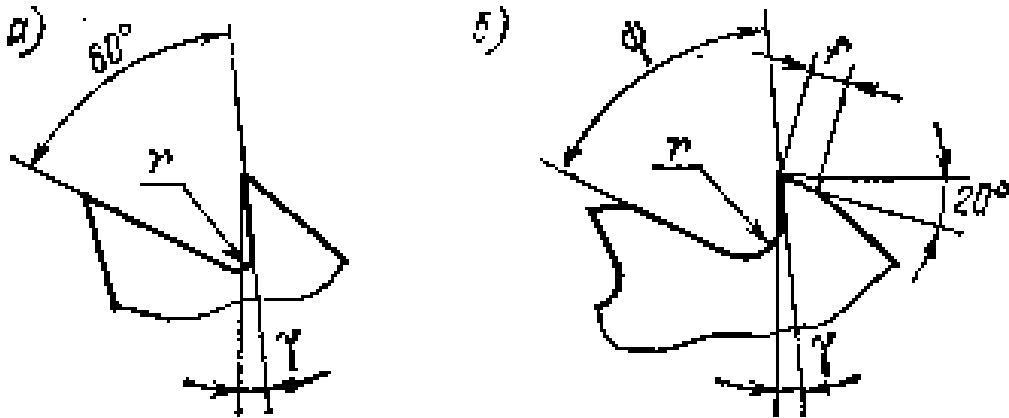


Рис. 71. Форма зубів відрізних фрез

Фрези з крупним зубом. Вони мають число зубів приблизно в 2 рази менше, ніж фрези типу 2, що дозволяє використовувати їх для прорізки глибоких пазів в деталях з в'язких матеріалів, нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів.

Особливістю форми зуба і западини фрез є збільшені радіус западини та об'єм стружкової канавки.

У фрезах, що серійно випускаються, з дрібним зубом і фрезах з середнім та крупним зубом шириною  $B < 1,6$  мм зубів не мають перехідних ріжучих кромки (рис. 72,а). Їх головна ріжуча кромка має довжину, рівну ширині фрези. Дві допоміжні кромки в перетині з головною утворюють кутові точки (вершини).

Для фрез з середнім і крупним зубом передбачені дві форми заточування перехідних ріжучих кромки: форма 1 і форма 2 (рис. 72,б і в). Зуби форми 1 виконуються з двома перехідними ріжучими кромками. Одна

кромка має фаску  $0,3 \times 45^\circ$ , друга – фаску, ширина якої рівна приблизно  $0,3B$ , причому на двох суміжних зубах фаски знімаються з різних сторін, що в процесі фрезерування ділить стружку по ширині – кожен зуб зрізає стружку завширшки 3 мм.

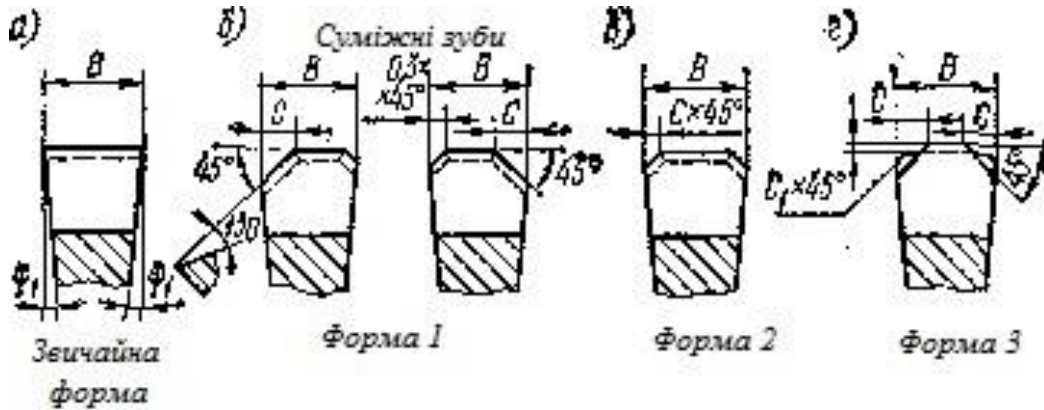


Рис. 72. Форми заточування ріжучих кромок

Таке заточування зубів підвищує в 2-2,5 рази продуктивність обробки в порівнянні із звичайним заточуванням, дає можливість фрезерувати глибші пази, виключає поломки фрез із-за пакетування стружки.

Заточування зубів форми 2 в порівнянні із звичайним заточуванням декілька підвищує стійкість за рахунок забезпечення кращого відведення тепла від кутових точок, але не покращує процес освітлення і відведення стружки.

Таблиця 26.

**Розміри перехідних ріжучих кромок зубів відрізних фрез по ГОСТ 2679-73**

Ширина фрези $B$ , мм	Розміри, мм				$h$
	$c$		$c_1$		
	Форма 1	Форма 2	Форма 3	Форма 3	
1,6	0,5	0,3	0,5	0,15	0,12
2,0	0,6	0,4	0,6	0,20	0,15
2,5	0,8	0,5	0,8	0,25	0,20
3,0; 3,5	1,0	0,6	1,0	0,30	0,25
4,0; 4,5	1,2	0,8	1,2	0,40	0,40
5,0; 5,5	1,5	1,0	1,5	0,50	0,40
6,0	1,8	1,2	1,8	0,60	0,50

Розміри перехідних ріжучих кромок зубів відрізних фрез наведені в табл. 26.

*Режими різання при роботі відрізними і прорізними фрезами*

Рекомендовані режими різання відрізними і прорізними фрезами із звичайним заточуванням зубів при обробці сталі 45 твердістю *HV* 160-190 приведені табл. 27.

Швидкість різання для відрізних фрез має відносно високі значення, які досягають для фрез з дрібним зубом діаметром 20-40 мм 90-100 м/хв. Це обумовлено фрезеруванням з малими глибинами різання і подачами. Для відрізних фрез типів 2 і 3 рівень швидкостей і подач приблизно такий же, як і для фрез типу 1, а глибина різання значно більша.

Швидкість різання при обробці деталей з чавуну в 1,2-1,5 рази вища, ніж зі сталі 45. При обробці фрезами з вказаними в табл. 27 режимами різання і застосуванням ЗОР стійкість фрез повинна відповідати наступним значенням:

Діаметр фрези <i>D</i> , мм	Стійкість <i>T</i> , хв.
Від 20 до 63.....	60
Від 63 до 100.....	75
Від 100 до 160.....	120
160 і зверху.....	150

Фрези, зуби у яких заточені формою 1 і 3, допускають подачі в 2-2,5 рази більші, ніж фрези із звичайним заточуванням.

Таблиця 27.

**Рекомендовані режими різання відрізними і прорізними фрезами при обробці сталі 45 твердістю *HV* 160-190**

Діаметр фрези <i>D</i> , мм	Швидкість різання <i>v</i> , м/хв		Глибина <i>t</i> , мм		Подача <i>S</i> , мм/зуб	
	Тип фрези					
	1	2 і 3	1	2 і 3	1	2 і 3
20 і 25	80-100	—	<i>t = B</i>	—	0,004 -0,006	—
32	50-90	—		—		
40	40-80	40-70		3-10	0,003-0,01	0,005-0,012
50				5-15		
63				10-25		
80						
100	35-60	30-60		20-45	0,003-0,012	0,005-0,015
125						
160						
200						
250	25-50	20-50		25-70	0,005-0,015	0,01-0,02
315	20-40			30-60		
				40-100	0,005-0,02	0,01-0,02

Примітка: 1. Більшому значенню глибини різання відповідає менше значення подачі. 2. Меншому значенню подачі відповідає більше значення швидкості різання.

### Підвищення продуктивності і стійкості відрізних фрез

Недоліками стандартних фрез є відсутність задніх кутів на допоміжних поверхнях зубів і надто малі допоміжні кути в плані  $\varphi_1$ . Тому навіть при

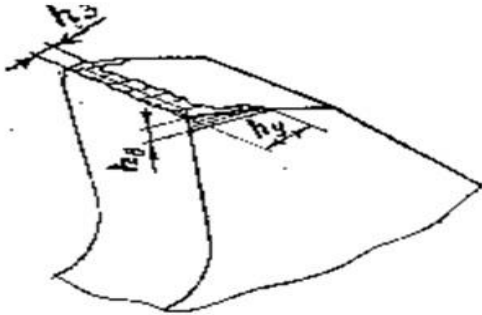


Рис. 73. Схема зношення відрізних фрез

незначному зносі по куточках зубів  $h_y$  на допоміжних поверхнях утворюються широкі ділянки тертя  $h_B$  (рис. 73), великі підвищення температури різання, заклинювання стружки і самої фрези в оброблюваному пазу, що перешкоджає застосуванню вищих подач. Не випадково

рекомендовані для стандартних фрез подачі не перевищують значень 0,02 мм/зуб, а знос, що допускається, складає найменші значення (0,15-0,2 мм). В свою чергу робота на малих подачах є причиною виникнення вібрації при відрізці і прорізці пазів, особливо в деталях з нержавіючих і важкооброблюваних сталей та сплавів, оскільки радіус округлення ріжучої кромки виявляється набагато більшим, ніж товщина шару, що зрізається. Більше того, при прорізці пазів зуб фрези починає роботу з нульової товщини шару, що зрізається, і якийсь час не ріже, а ковзає по оброблюваній поверхні.

При цьому виникає значна радіальна сила  $P_y$ , змінна по значенню: в момент ковзання вона різко зростає, а коли починає утворюватися стружка – зменшується, тим самим викликаючи вібрацію.

Щоб підвищити працездатність відрізних фрез, необхідно, перш за все усунути відмічені вище недоліки або зменшити їх негативний вплив на процес різання. Так, забезпечення вільного відведення стружки шляхом підгострювання однієї сторони зубів (по черзі зліва і справа) відрізних фрез шириною 1,6 мм і менших на величину 0,05-1 мм зменшує тангенціальну силу різання на 30-50%, що дозволяє підвищити на стільки ж подачу.

Стійкість і продуктивність відрізних фрез шириною 2 мм і більше можна підвищити, якщо разом з розділенням стружки по ширині розвантажити кутові ділянки ріжучої кромки. Така фреза показана на рис. 74.

Особливість її полягає в тому, що на одному з кожної пари суміжних зубів є канавка, ширина якої рівна  $1/3 B$ , на другому – ріжуча кромка, занижена з обох боків на величину  $0,2-0,3$  мм. Заниження проводиться шліфуванням допоміжних поверхонь під кутом  $30'-1^\circ$ . Глибина канавки повинна бути приблизно рівна її ширині

В процесі обробки даної фрези відбувається перерозподіл навантаження на зуби, як показано на рис. 75,а. Зуб, що має канавку, профілює паз. Щоб зменшити знос по куточках, цей зуб на  $1/3$  від звичайного навантаження розвантажений. Він знімає дві стружки шириною  $a$ , і лише на ділянках шириною  $0,2-0,3$  мм товщина стружки рівна  $2a$ . Стружка, що утворюється, вільно розміщується в пазу і безперешкодно видаляється із зони різання.

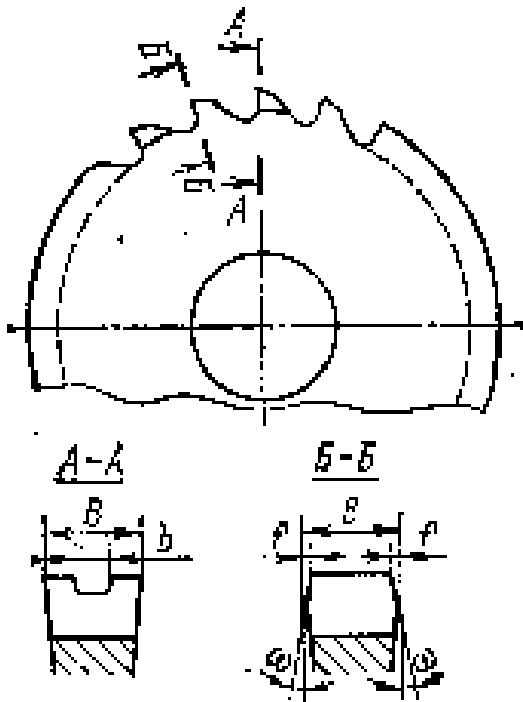


Рис. 74. Відрізна фреза з розділовими канавками на зубах

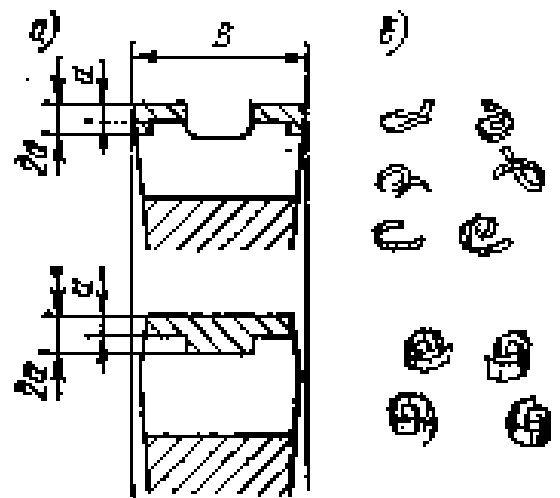


Рис. 75. Схема розподілу стружки на зубах і форма стружки, що утворюється

Другий зуб, який занижений з двох сторін, не профілює стінок паза. Цей зуб в середній частині знімає стружку товщиною, рівною  $2a$ . Таким чином, якщо на перший зуб доводиться  $1/3$  об'єму стружки, що знімається двома зубами разом, то на другий зуб –  $2/3$ . Ширина стружки, що



утворюється, менша ширини паза, і тому вона вільно сходить, закручуючись в круті витки, а не затримується в стружкових канавках фрези. Характер стружки, що одержується на суміжних зубах, показаний на рис. 75,б.

Випробування і впровадження фрез з описаною формою заточування показали, що вони працюють плавно, без вібрацій при прорізці пазів, як в конструкційних, так і в легованих та важкооброблюваних сталях. Продуктивність і стійкість цих фрез в 1,5-2 рази вищі в порівнянні із стандартними. Так, наприклад, при фрезеруванні пазів в заготівці із сталі 45 фрезою діаметром 160 мм, шириною 2,5 мм при подачі 0,05 мм/зуб і швидкістю різання 30 м/хв стійкість фрези склала 180 хв. Навіть при подачі 0,13 мм/зуб стійкість була рівною 100 хв. Особливо ефективно застосування даних фрез при прорізці глибоких пазів, де використання стандартних фрез утруднене із-за надто малої подачі і виникаючих вібрацій.

Заточування канавки і заниження не представляє складнощів і може виконуватися на звичайному точильному верстаті або вручну. Незначні коливання ширини і глибини канавки, а також величини заниження не впливають на умови різання. Після декількох переточувань фрези по задніх поверхнях зубів канавки необхідно заглибити до початкового значення.

#### **4.5 Збірні фрези зі вставними ножами із швидкоріжучої сталі та ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву**

Збірні дискові і торцеві фрези забезпечують зменшення витрати дефіцитних інструментальних матеріалів, можливість достатньо просто змінювати геометричні параметри при переточуваннях залежно від умов обробки і великий термін служби корпусу та деталей кріплення. Можливість швидкої заміни як всіх, так і окремих ріжучих ножів дозволяє приймати менші періоди стійкості, але дозволяє працювати з більшою швидкістю різання і подачею.

Найбільшого поширення набули збірні дискові тристоронні і торцеві

фрези: фрези тристоронні зі вставними ножами із швидкоріжучої сталі діаметром від 80 до 315 мм і шириною від 12 до 50 мм згідно ГОСТу 1669-78; фрези торцеві насадні зі вставними ножами із швидкоріжучої сталі згідно з ГОСТом 1092-80 діаметром 80-250 мм; дискові тристоронні зі вставними ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву діаметром 100-315 мм і шириною 40 мм згідно ГОСТу 5348-69; торцеві насадні зі вставними ножами, оснащеними твердим сплавом діаметром 100-630 мм згідно ГОСТу 24359-80 та інші.

Збірні фрези складаються із сталевого корпусу, ріжучих ножів з цілісною або напаяною частиною, що мають гладку або рифлену опорну поверхню, та клину для закріплення ножів в корпусі.

Як приклад на рис. 76 показана конструкція і геометричні параметри дискової і торцевої фрез з ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву. Ріжучі кромки дискових трибічних фрез виконуються з нахилом до осі фрези під кутом  $\omega=10^\circ$ .

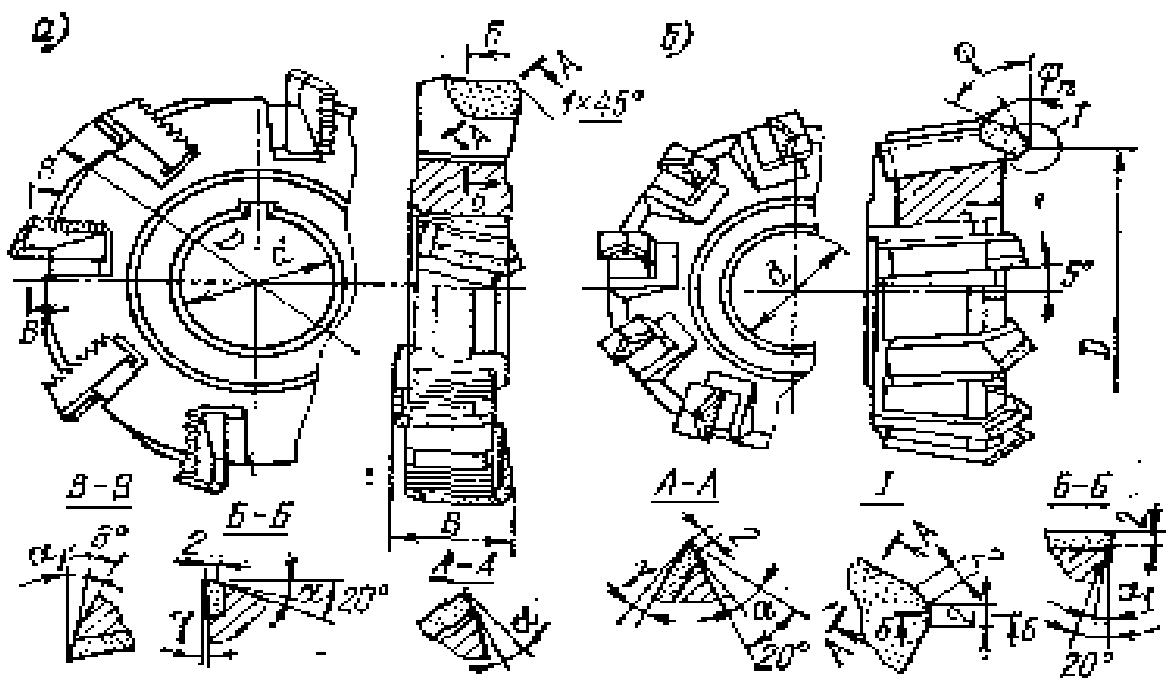


Рис. 76. Збірні фрези зі вставними ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву

Фрези, що випускаються, мають такі геометричні параметри: передній кут  $\gamma=15^\circ$ , задній кут  $\alpha=12^\circ$ , задній кут на допоміжних ріжучих кромках  $\alpha_1=4^\circ$ .

Торцеві фрези виготовляються з головними кутами в плані  $\varphi$ , рівними 45, 60, 75 і 90°. Перехідну кромку заточують під кутом  $\varphi_n$ , рівним половині кута  $\varphi$ . Передній кут  $\gamma$  виходить за рахунок установки ножів і рівний 5°. Задній кут  $\alpha=15^\circ$ .

#### **4.6 Фрези з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин**

Фрези з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин (БНП) широко застосовуються на промислових підприємствах. Ефективність цих фрез в порівнянні з фрезами зі вставними ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву, полягає в підвищенні стійкості в 1,5-2 рази, зниженні машинного часу обробки на 25-50%, скороченні в 2-3 рази кількості фрез, що знаходяться в обігу, зниженні часу на відновлення інструменту після зносу в 1,5-2 рази. Виключення операцій паяння і заточування ножів знижує кількість браку, відкриває можливість використання нових марок твердого сплаву, зокрема що важко піддаються паянню і найбільш крихких.

Інструментальними заводами централізовано випускаються стандартні фрези з круглими, квадратними і п'ятигранними пластинами діаметром 60, 63 і 80 мм з конічним хвостовиком, а діаметром 80, 100, 125, 160 і 200 – з отвором. Окрім цих фрез випускаються кінцеві фрези діаметром 25, 32, 40, 50 і 63мм з механічним кріпленням ромбічних пластин, ступінчасті торцеві фрези з механічним кріпленням квадратних, п'яти і шестигранних пластин та ін.

##### *Конструкція і геометричні параметри фрез з БНП*

На рис. 77 схематично показана типова конструкція стандартної фрези з БНП. У корпусі 1 фрези є пази зі встановленими державками 6 з штифтами 7, на які надіті ріжучі пластини 8. На корпусі розташоване кільце 2, що має отвори для затискних гвинтів 5, вкручених в хвостовик державок. Для зручнішої збірки фрези передбачені пружини 3 і шайби 4, що підтискають

ріжучу пластину до базових поверхонь корпусу і державки. Остаточню пластину закріплюються гвинтом 5 при втягуванні державки, яка штифтом притискає ріжучу пластину до спеціально виконаних в кільцевому жолобку 10 фасок 9. Форма жолобка відповідає формі пластини.

За цим же принципом влаштовані двох і триступінчаті фрези з БНП, призначені для швидкісного фрезерування з великими припусками. Ступінчасті фрези відрізняються від не ступінчастих тим, що їх зуби розташовані хвилеподібно як в радіальному, так і в осьовому напрямі (рис. 78). Фреза забезпечена додатковим кільцем 1 з пазами і зовнішньою ступінчастою конусною поверхнею. Аналогічні прорізи і внутрішню ступінчасту поверхню має корпус 2. Разом із ступінчастою поверхнею на кільці пази утворюють ступінчасті гнізда під ріжучі пластини. Після установки пластин ріжучі кромки суміжних зубів 3 і 4 виявляються зміщеними в радіальному напрямку на 1 мм, в осьовому – на величину  $K_0$ . У ступінчастих фрезах  $K_0 = 7-9$  мм, в триступінчатих – 6,5 мм.

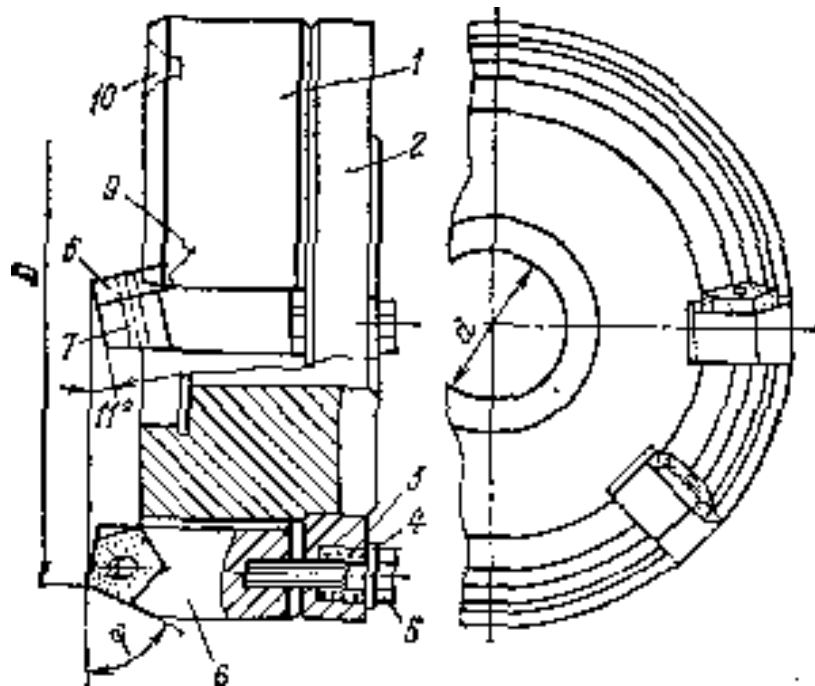


Рис. 77. Торцева фреза з механічним кріпленням п'ятигранних непереточуваних пластин

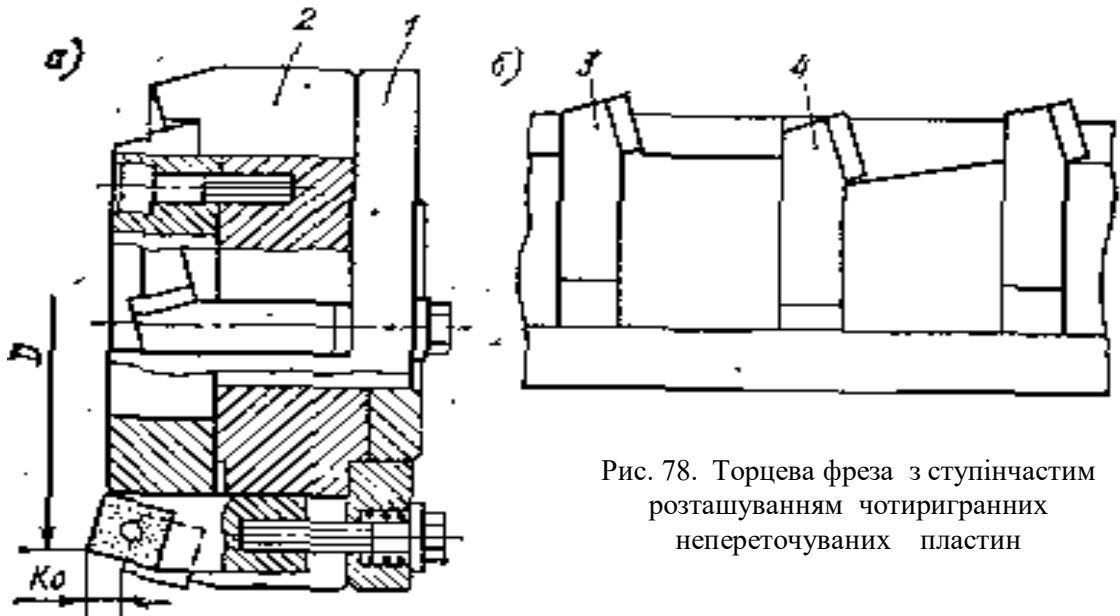


Рис. 78. Торцева фреза з ступінчастим розташуванням чотиригранних непереточуваних пластин

Геометричні параметри фрез залежать від типу вживаних БНП і їх розташування в державці і корпусі фрези.

Кути в плані  $\varphi$  і  $\varphi_1$ . Для круглих пластин кути в плані не задаються. Їх середні значення визначається глибиною різання. Кути  $\varphi$  і  $\varphi_1$  для багатограних пластин з різним числом граней наступні:

Число граней пластини.....	4	5	6
Головний кут в плані $\varphi^\circ$ .....	75	67	55
Допоміжний кут в плані $\varphi_1^\circ$ .....	13	5	5

Передній кут  $\gamma$ . Цей кут утворюється в результаті нахилу пластини в державці під кутом  $\gamma = -11^\circ$  і зсувів положення пластини щодо діаметральної площини з утворенням  $\lambda = 7-8^\circ$ . При такій установці пластини з плоскою передньою поверхнею мають передній кут в перетині, перпендикулярному головній ріжучій кромці, рівний приблизно  $-10^\circ$ . Пластини із стружколамаючою канавкою і кутом  $20^\circ$  після установки матимуть передній кут  $\gamma = 10^\circ$ .

Фрези з позитивним переднім кутом рекомендується застосовувати: а) для обробки нежорстких деталей або на нежорстких верстатах; б) в умовах обробки на верстатах з недостатньою потужністю; в) при обробці в'язких матеріалів, наприклад нержавіючих і жароміцних сталей.

При обробці чавуну і особливо твердих матеріалів, а також в умовах великих ударних навантажень на зуби необхідно застосовувати фрези з негативним переднім кутом.

Задній кут  $\alpha_0$  виходить за рахунок установки ріжучої пластини в корпусі. Для всіх типів фрез задній кут рівний приблизно  $10^\circ$ .

Отримання високого ступеня шорсткості ( $R_a=1.25-2,5$  мкм) поверхні при чистовій обробці торцевими фрезами діаметром 100-200 мм може бути забезпечено спеціальними пластинами, що мають зачистні фаски.

Високою продуктивністю і жорсткістю володіють фрези із закріпленими пластинами з клиновим затискачем з боку передньої поверхні. Насадна торцева фреза з механічним кріпленням п'ятигранних пластин дозволяє залежно від оброблюваного матеріалу і потужності верстата знімати за один прохід припуск до 12 мм.

Рекомендуються наступні режими різання:  $v=300-200$  м/хв і  $S_{min}=700-350$  мм/хв при обробці відпаленої конструкційної сталі;  $v=120$  м/хв при обробці чавуну (НВ 170-220) і  $v=40-60$  м/хв при обробці нержавіючої і жароміцної сталі. Стійкість однієї ріжучої кромки пластини – 45-90 хв.

При використанні не шліфованих по гранях пластин їх доцільно сортувати за розмірами від базових поверхонь до ріжучих кромки з точністю  $\pm 0,03$  мм.

На багатьох підприємствах використовується пропозиція не викидати зношені п'яти і шестигранні твердосплавні пластини, а перешліфувати їх на круглі пластини для подальшого застосування на фрезах. Після перешліфування виходить хвилеподібна ріжуча кромка з позитивним переднім кутом. Фрези з такими пластинами показали хорошу працездатність при обробці нержавіючих і жароміцних сталей та титанових сплавів. Особливо ефективно використання перешліфованих пластин на три- і чотиріступінчастих фрезах. Триступінчата фреза дозволяє знімати припуски до 16 мм, чотиріступеневі – до 24 мм.

Характерними особливостями цих фрез є плавність різання і менші

зусилля, що дозволяє проводити обробку на верстатах з обмеженою потужністю (F12 кВт).

Торцево-кінцеві фрези конструкції М. А. Зайцева (рис. 79) відрізняються мінімальною кількістю затискних елементів. Закріплення ріжучих пластин 2 проводиться пружинним конічним штифтом 4. Завдяки деякому зміщенню осі отвору під штифт у бік опорної бічної бази корпусу 1 по відношенню до осі отвору в пластині при забиванні штифта його головка згинається, створюючи пружну силу. В якості бічних баз використовуються поверхня конічної втулки 3 і бічна поверхня в корпусі.

Фреза має геометричні параметри: передній радіальний кут  $\gamma_r=3^\circ$ ; передній осьовий кут  $\gamma_\theta=1^\circ$ ; задній кут  $\alpha=3^\circ$ . Фрези виготовляються діаметром 40, 50 і 63 мм з числом зубів 4 і 5 та оснащуються непереточуваними п'ятигранними пластинами з твердого сплаву марок ВК8, Т5К10, Т15К6 або безвольфрамових твердих сплавів марок ТН-20, КНТ-16.

Досвід експлуатації фрез показав, що завдяки високій точності виготовлення і жорсткості вони можуть працювати на підвищених режимах різання. Так, наприклад, при обробці сталі 45 рекомендується застосовувати режими, приведені нижче:

	Напівчистова	Чорнова
	обробка	обробка
Швидкість різання $v$ , м/хв .....	220-250	180-220
Подача $S_z$ , мм/зуб.....	0,05-0,08	0,1-0,15
Глибина різання $t$ , мм .....	1-3	6-8

Заміну затупленої грані пластини можна проводити на верстаті, для чого необхідно вибити штифт 4, зняти пластину, продути стислим повітрям гніздо і отвір в корпусі; повернути пластину іншою гранню, а потім, притиснувши її до базових поверхонь, вставити штифт і легкими ударами по ньому мідним молотком закріпити пластину. Повну заміну всіх пластин доцільно проводити поза верстатом, на верстаку.

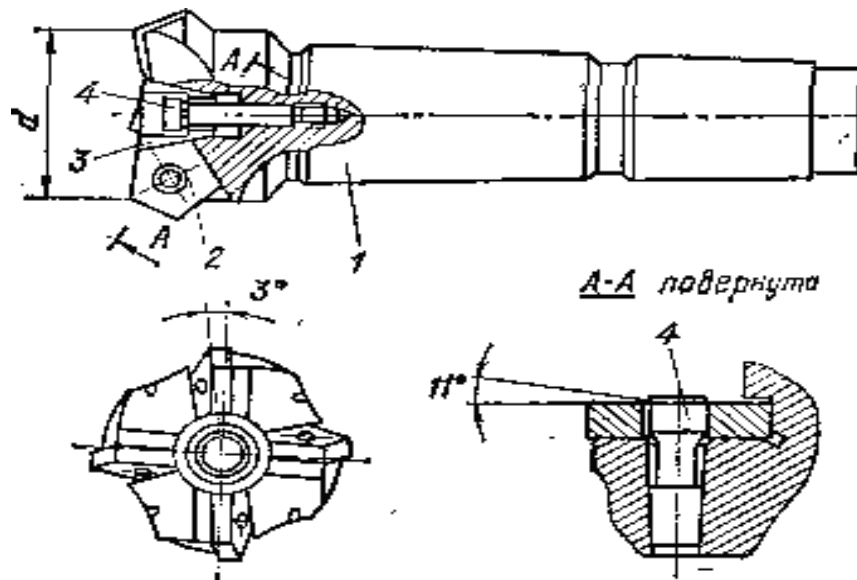


Рис. 79. Торцево-кінцева фреза конструкції М. Л. Зайцева

#### 4.7 Рекомендації по раціональній експлуатації фрез

Вибір конструкції і розміру фрези. Від розмірів поверхні, що фрезерується, залежать спосіб її обробки і діаметр фрези, наприклад при фрезеруванні закритих пазів і виступів, фреза вибирається у відповідності з умовами креслення. Якщо ж оброблювана поверхня допускає використання фрез декількох різновидів (площини, наскрізні прямокутні пази і виступи), вибір фрези проводиться залежно від технологічних умов виконання операції (типу верстата, розмірів, точності і шорсткості оброблюваної поверхні, матеріалу деталі тощо).

При роботі на вертикально-фрезерних верстатах відкриті площини доцільно обробляти торцевими фрезами, оснащеними твердим сплавом. При цьому діаметр фрези повинен бути в 1,2-1,5 рази більший ширини площини, що фрезерується за один прохід. Фрезерування пазів і виступів проводиться кінцевими швидкоріжучими або твердосплавними фрезами.

На горизонтально-фрезерних верстатах для фрезерування площин використовують циліндричні фрези, а для пазів і виступів – дискові трибічні і пазові фрези.



Діаметр циліндричних фрез рекомендується вибирати залежно від ширини фрезерування  $B$  і глибини різання  $t$  з наступних співвідношень:

Глибина різання $t$ , мм	2	5	8	10
Діаметр фрези $D$ , мм при $B$ :				
70 мм.....	50	63	80	100
100 мм.....	80	80	80	100
150 мм.....	100	100	125	125-150

На вибір діаметру дискових фрез в основному впливає глибина різання. При глибин 5, 10, 20, 50 і 100 мм, і ширині 10 мм, діаметр фрез вибирається відповідно 50, 63, 100, 160 і 200 мм. Із збільшенням  $B$  діаметр фрез при тих же значеннях  $t$  приймається дещо більшим.

Глибина різання  $t$  призначається по технологічних міркуваннях і залежно від числа зубів та діаметру фрези, а також потужності верстата. Для забезпечення рівномірності процесу фрезерування необхідно, щоб в роботі одночасно брали участь два і більше зубів.

Подача на 1 зуб фрези  $S_z$ . Чорнова подача вибирається з урахуванням ширини і глибини фрезерування, міцності зубів фрези і потужності верстата. На її значення впливають властивості оброблюваного матеріалу і матеріалу ріжучої частини інструменту.

Рекомендації по вибору чорнової подачі для деяких різновидів фрез:

#### Торцеві твердосплавні фрези

	Конструкційна сталь	Нержавіюча сталь	Чавун
Марка твердого сплаву	T15K6	BK8	BK8
Подача $S_z$ , мм/зуб.....	0,09-0,22	0,20-0,45	0,12-0,18

#### Циліндричні твердосплавні фрези

	Сталь		Чавун	
Ширина фрезерування $B$ , мм.....	До 30	Св. 30	До 30	Св. 30
Подача $S_z$ мм/зуб.....	0,2-0,3	0,15-0,20	0,25-0,35	0,20-0,25

#### Кінцеві фрези з гвинтовими твердосплавними пластинами

	1-3	5-8	12
Глибина різання $t$ , мм			
Подача $S_z$ мм/зуб. при $D$ , мм:			
20.....	0,10-0,07	0,08-0,03	-
30.....	0,15-0,10	0,12-0,06	0,09-0,05
50.....	0,20-0,10	0,15-0,08	0,10-0,06

## Кінцеві швидкорізальні фрези (фрезерування пазів)

	Сталь	Чавун
Глибина різання $t$ , мм .....	5-15	5-15
Подача $SZ$ мм/зуб. при $D$ , мм:		
10 .....	0,025-0,015	0,05-0,02
16 .....	0,08-0,04	0,11-0,05
20 .....	0,10-0,04	0,16-0,07
32 .....	0,14-0,06	0,18-0,09

## Дискові трибічні фрези з пластинами з твердого сплаву

	До 30	Св. 30
Глибина різання $t$ , мм.....	До 30	Св. 30
Подача $S_2$ , мм/зуб.....	0,10-0,12	0,08-0,10

При чистовій обробці призначається подача на 1 оберт фрези  $S_0$  залежно від шорсткості оброблюваної поверхні. Рекомендуються наступні значення подачі:

Параметр шорсткості $R_a$ , мкм	32	1,6	0,80
Подача $S_0$ , мм/об. при $\sigma$ , кгс/мм <sup>2</sup> ;			
$\mu 70$ .....	0,80-0,50	0,55-0,40	0,25-0,20
$>70$ .....	1,00-0,70	0,60-0,45	0,30-0,20

Швидкість різання  $v$ . На швидкість різання при фрезеруванні впливає матеріал оброблюваної і ріжучої частини інструменту, глибина різання і подача, величина прийнятої стійкості і ряд інших чинників.

У табл. 28 і 29 наведені нормативні значення швидкостей різання для основних різновидів фрез з швидкоріжучої сталі і оснащених твердим сплавом, а в табл. 30 – для торцевих фрез з механічним кріпленням БНП із твердого сплаву.

Змащувально-охолоджуючі рідини при фрезеруванні рекомендується застосовувати такі: Укринол (3-10%), сульфозфрезол і мастило I-12А. ЗОР в основному використовується для фрез з швидкоріжучої сталі.

Заточування і доведення фрез проводиться на універсально-заточних верстатах такими ж абразивними кругами, як і заточування різців. Ручне заточування фрез не допускається.

Таблиця 28.

**Орієнтовні значення режимів різання при фрезеруванні деталей з конструкційних вуглецевих сталей ( $\sigma_b = 75 \text{ кгс/мм}^2$ )**

Різновид	Матеріал	Діаметр фрез $D, \text{ мм}$	Глибина різання $t, \text{ мм}$	Подача $S, \text{ мм/об}$	Швидкість різання $v, \text{ м/хв}$
Торцеві з вставними ножами	P18		3,0 10,0	0,05-0,18	49-33 43-29
	T15K6	80-125	13-5,0	0,07-0,13 0,18-0,33	352-249 249-173
		160-320	5,0-16,0	0,07-0,13 0,18-0,33	316-200 220-140
Циліндричні зі вставними ножами	P18		3,0-13,0	0,05-0,13 0,18-0,33	96-35 69-26
	T15K6	80-125	2,0-3,0 4,4-6,5	0,12-0,30	265-169 197-125
Кінцеві (фрезерування площин і виступів)	P18	16-32 40-63	3,5-5,5 3,5-8,0	0,06-0,12 0,06-0,20	78-46 84-31
	T15K6	20 50	3,4-9,0	0,03-0,10 0,03-0,20	230-134 230-101
Дискові трибічні (фрезерування виступів)	P18	6,3-125 100-250	12,0-18,0 18,0-40,0	0,03-0,13 0,03-0,13	57-31 54-27
	T15K6	100,0	10,0 23,0		520-324 407-217
		200,0	15,0 23,0	0,04-0,20	397-210 253-188

Таблиця 29.

**Орієнтовні значення режимів різання при фрезеруванні деталей з сірого чавуну (НВ 190)**

Різновид фрез	Матеріал інструменту	Діаметр фрез $D, \text{ мм}$	Глибина різання $t, \text{ мм}$	Подача $S, \text{ мм/об}$	Швидкість різання $v, \text{ м/хв}$
Торцеві зі вставними ножами	BK6	80-125	1,5-7,5	0,10-0,18	260-141
			1,5-3,5	0,10-0,18	228-136
		150-320	7,5-16,0	0,26-0,36	126-85
Циліндрові зі вставними ножами	P18		2,8-16	0,06-0,15	76-32
	BK6	80-125	2,5-11,0	0,20-0,36	53-19
				0,13-0,20 0,24-0,35	250-128 209-98
Кінцеві (фрезерування площин і виступів)	P18	16-32	3,5-5,5	0,05-0,13	52-41 61-43
		40-63	3,5-8,0	0,05-0,13	51-38
Дискові трьохсторонні	P18	63-125	10,0-25,0	0,07-0,18	53-27
		160-250	18,0-60,0	0,07-0,33	47-14

Таблиця 30.

**Швидкості різання, що рекомендуються при роботі фрезами з механічним кріпленням БНП з твердого сплаву, м/хв**

Марка твердого сплаву	Подача $S$ , мм/об	Оброблюваний матеріал		
		вуглецева сталь $\sigma\beta = 85-90$ кгс/мм <sup>2</sup>	нержавіюча сталь	чавун сірий. НВ 180-250
Т15К6	0,05	160	180	
	0,10	130	140	
	0,20	100	-	
- Т14К8	0,05	150	150	—
	0,10	110	130	
	0,20	60	120	
Т5К10	0,10	120	160	—
	0,20	100	130	
	0,30	70	100	
ВК6	0,10	—	100	90-120
	0,20		80	70-90
	0,30		60	60-50

#### 4.8 Фрези з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин з мінералокераміки

Сучасні марки оксидно-карбідної мінералокераміки ВЗ і ВОК 60 володіють достатньо високими експлуатаційними властивостями ( $\sigma_{\theta}=60-75$  кгс/мм<sup>2</sup>, високий опір термодинамічним навантаженням і зносостійкість), щоб використовувати їх для фрезерування деталей. Проте в існуючих конструкціях фрез для твердосплавних пластин мінералокерамічні пластини не можуть бути використані ефективно.

Причин тут декілька. По-перше, в багатьох конструкціях фрез опорні поверхні під пластини не шліфуються після термічної обробки, внаслідок чого не може бути забезпечено щільне прилягання пластини в гнізді. Тому при затиску пластини і в процесі обробки в ній виникають великі вигинаючі напруги, які приводять до передчасних поломок інструменту.

По-друге, конструкції затискних клинів і захватів не забезпечують рівномірного розподілу зусиль затиску за площею пластин, і це нерідко є причиною передчасної їх поломки.

По-третє, при закріпленні пластин безпосередньо в корпусі фрези твердість опорної поверхні гнізда недостатньо висока для експлуатації мінералокерамічних пластин.

Всі перераховані недоліки конструкцій фрез враховані і усунені у фрезах, розроблених спеціально для закріплення мінералокерамічних пластин.

Одна з таких фрез показана на рис. 80. У ній опорна і бічні поверхні гнізда під пластину виконані так, що після термічної обробки корпусу 3 їх шліфують, забезпечуючи високі площинну і точність розташування. З метою підвищення твердості опорної поверхні в гніздо встановлені загартовані підкладки 2, сполучені з корпусом гвинтами 7. Ріжучі пластини 1 закріплюються затискачами 5, що коливаються. При загвинчуванні гайки 6 зажим втягується і, взаємодіючи з кулькою 4, відхиляється, закріплюючи пластину.

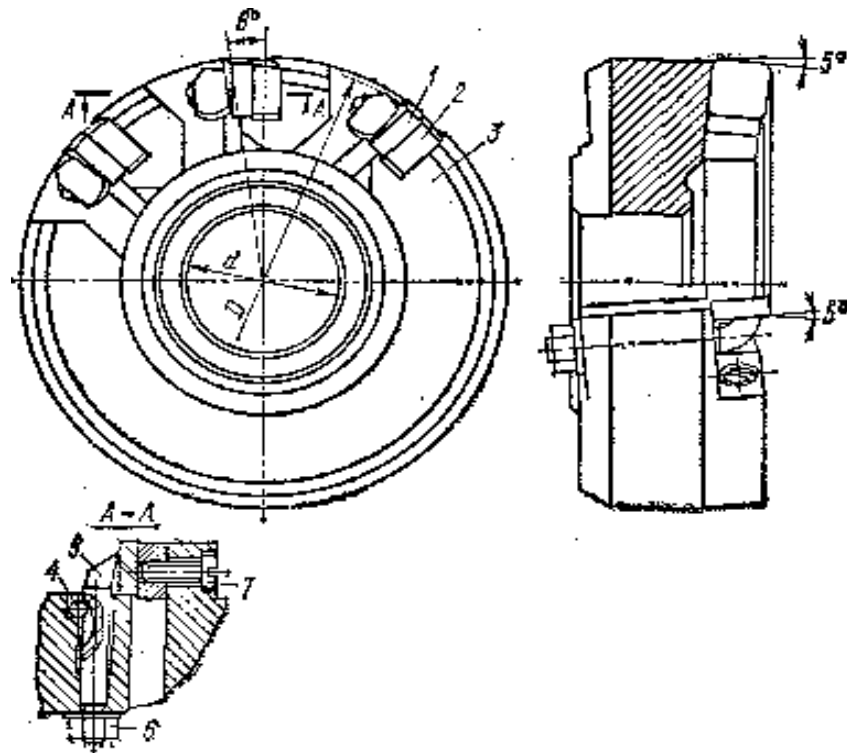


Рис. 80. Торцева фреза з механічним кріпленням чотиригранних пластин із мінералокераміки

Геометричні параметри фрези: передній радіальний кут – 8°; передній торцевий кут – 5°; задній кут – 8°; кут в плані – 85°.

Застосування фрез з механічним кріпленням мінералокерамічних пластин найдоцільніше при напівчистовій і чистовій обробці загартованих сталей і чавунів. Рекомендовані режими фрезерування приведені табл. 31.

Таблиця 31.

**Режими різання, рекомендовані при фрезеруванні сталі і чавуну торцевими фрезами з механічним кріпленням БМП з мінералокераміки**

Марка мінералокераміки	Оброблюваний матеріал	Швидкість різання $v$ , м/хв	Подача $S$ , мм/об	Глибина різання $t$ , мм
ВСК-60 ВЗ ВШ-75	Сталь 40Х HRC 35-45	150-200 120-180 100-150	0,03-0,05 0,02-0,04 0,02-0,04	0,5-1,0 0,5-1,0 0,5-1,0
ВСК-60 ВЗ ВШ-75	Сірий чавун, НВ 190-210	350-400 250-350 250-350	0,12-0,15 0,04-0,10 0,03-0,08	0,5-2,0 0,5-1,5 0,5-1,5

Досягши зносу по задній поверхні 0,4 мм пластину необхідно повернути іншою гранню.

В порівнянні з твердосплавними ці фрези дозволяють працювати з більшою в 2-2,5 рази швидкістю різання при значно більшій стійкості.

#### 4.9 Фрези, оснащені композитом

Останніми роками все більш широкого поширення в металообробці набувають фрези, оснащені композитом. Ефективними областями їх застосування є попередня і остаточна (і в тому числі тонка) обробка деталей з сірих і високоміцних чавунів з твердістю *НВ* 50-300 і загартованих сталей практично будь-якої твердості.

Обробка фрезами, оснащеними композитом, забезпечує високу якість поверхні деталей, у багатьох випадках замінює шліфування і в 2-3 рази збільшує продуктивність праці.

Практичне застосування знайшли два різновиди фрез: фрези збірні з механічним кріпленням ножів (вставок), оснащених композитом, і фрези з механічним кріпленням пластин з композиту.

*Фрези з механічним кріпленням ножів оснащені композитом 01*

На рис. 83 показана багатозуба торцева фреза. Ножі 1 розташовані в корпусі 3 під кутом  $10^\circ$  до осі фрези і закріплені за допомогою гвинта 4 та втулки 5. При загвинчуванні гвинта втулка, переміщаючись, заклинює вставку в отворі. Для спрощення заточування і зменшення припуску при заточуванні передбачені регулювальні гвинти 2, яким ніж виставляють по індикатору при збірці з точністю 0,1-0,2 мм. Точніше взаємне розташування ріжучих кромки в межах 0,02-0,04 мм одержують заточуванням фрези в зборі.

Геометричні параметри фрези: передній кут –  $5^\circ$ , задній кут  $8^\circ$ , головний кут в плані  $35^\circ$ , допоміжний кут в плані  $15^\circ$ . Особливістю фрези є наявність зачисної кромки завдовжки 0,2-0,3 мм з нульовим кутом в плані, тобто кут між зачисною кромкою і віссю фрези повинен бути рівним  $90^\circ$ .

Фрези поставляються з 4 або 8 комплектами запасних, заздалегідь заточених ножів.

Рекомендовані режими різання фрезами, оснащеними композитом, приведені табл. 32. Режимми різання можна варіювати в межах, вказаних в таблиці, залежно від конкретних умов обробки: розмірів поверхні, що фрезерується, жорсткості верстата, необхідної шорсткості поверхні тощо. При цьому необхідно пам'ятати, що на шорсткість поверхні і стійкість фрез найбільший вплив робить подача на 1 зуб фрези. Критерій зносу приймається як ширина стрічки зносу по задній поверхні величиною не більше 0,4 мм.

Іноді критерієм зносу (стійкості) може служити погіршення шорсткості оброблюваної поверхні: при чистовому фрезеруванні збільшення  $R_a$  понад 1,25 мкм, а при напівчистовому – понад 6,3 мкм.

Виготовляються фрези п'яти типорозмірів:

$O$ , мм .....	80	100	125	160	200	250
$d$ , мм .....	27	32	40	50	50	50
$z$ (число зубів) .....	8	10	12	14	18	20

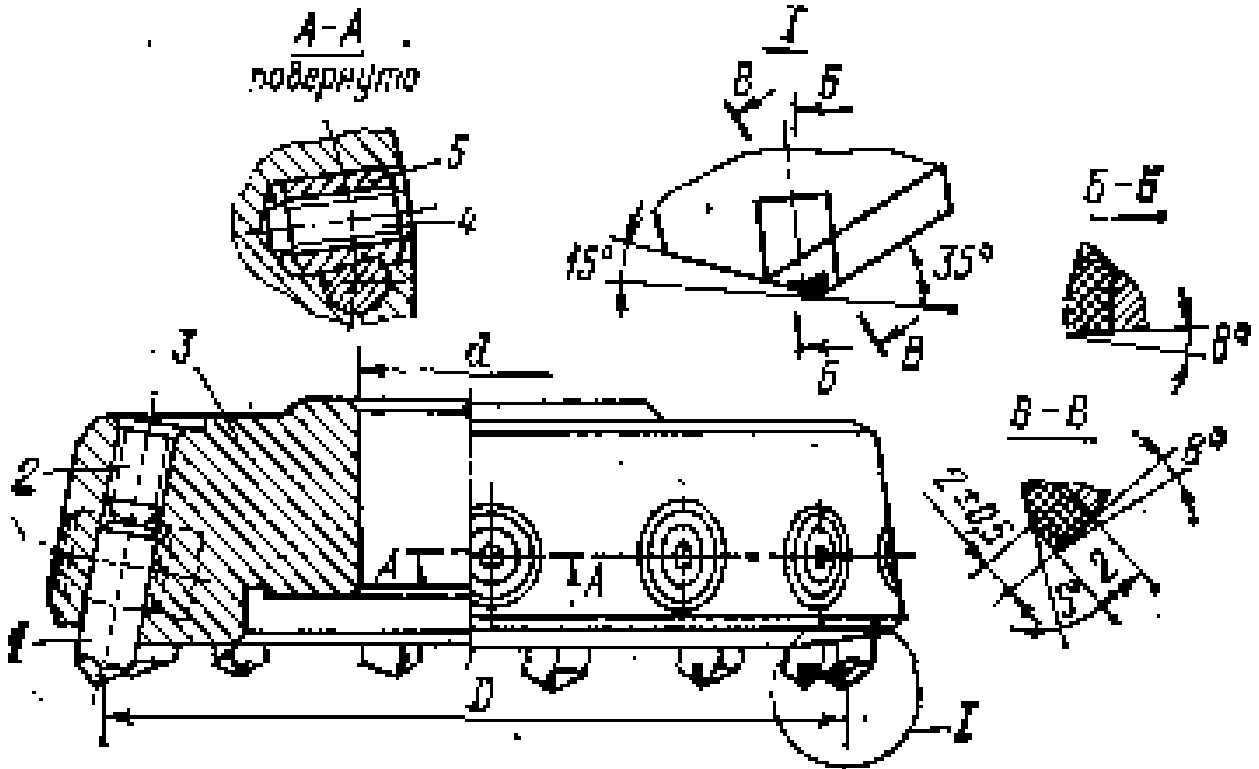


Рис. 81. Торцева фреза з механічним кріпленням ножів, оснащених композитом

Заточування і переточування збірних фрез можна проводити на універсальнозаточних верстатах, наприклад на верстаті моделі ЗВБ42. Для заточування рекомендується користуватися кругами АСО 80/63 Б1 100% або АСО 125/100 Б1 100°; на режимах:  $v=25$  м/с  $S=1$  м/хв,  $t=0,01-0,02$  мм/дв. хід з охолодженням содовим розчином.

При заточуванні фрез (див. рис. 81) після установки комплекту ножів необхідно дотримувати таку послідовність: спочатку заточити фаску на передній поверхні під кутом  $-5^\circ$ , потім задню поверхню по допоміжній ріжучій кромці під кутом  $10^\circ$  а далі головну поверхню на 2 мм під кутом  $8^\circ$ . Зачисну фаску заточують останньою.



Таблиця 32.

## Рекомендовані режими різання фрезами, оснащеними композитом 01 і 10

Оброблюваний матеріал і характер фрезерування	Режим різання		
	$v$ , м/хв	$S$ , мм/об	$t$ , мм
Сталі, загартовані HRC 50:			
напівчистове.....	150-200	0,07-0,15	0,5-1,5
чистове.....	200-300	0,01-0,04	0,1-0,2
Сталі, загартовані твердості HRC 50-60:			
напівчистове.....	80-120	0,07-0,15	0,5-1,5
чистове.....	100-140	0,01-0,04	0,1-0,2
Сталі, загартовані твердості HRC 60-70:			
напівчистове.....	70-90	0,02-0,12	0,5-1,0
чистове.....	80-120	0,01-0,03	0,05-0,15
Чавуни сірі і високоміцні твердістю HB 150-270:			
напівчистове*.....	400-600	0,07-0,15	1,0-2,0
чистове*.....	600-1200	0,01-0,04	0,1-0,2
Чавуни вибілені, загартовані до твердості HB 400-600:			
напівчистове.....	80-150	0,07-0,1	0,5-1,0
чистове.....	120-250	0,01-0,01	0,05-0,15
Сумісне фрезерування загартованої сталі і твердого сплаву BK15, BK20 або BK25			
напівчистове.....	10-20	0,05-0,10	0,3-0,5
чистове.....	20-30	0,01-0,03	0,05-0,1

\* Переважно фрезерування композитів 05.

\*\*Фрезерування проводиться тільки композитом 10

Експлуатаційні властивості фрез з композиту можуть бути значно підвищені, якщо після заточування провести доведення по передній грані і зачисній кромці. Доведення слід виконувати алмазним кругом зернистістю 28/20 з подачею не більше 0,5 м/хв і з глибиною різання 0,005-0,01 мм/дв. хід.

*Фрези торцеві із механічним кріпленням пластин з композиту 05*

Розроблені і серійно випускаються торцеві одно і двоступінчаті фрези з механічним кріпленням круглих пластин із композиту 05. Ці фрези

дозволяють вести чорнову, напівчистову і чистову обробку площин в деталях з сірих і високоміцних чавунів, а також інших крихких матеріалів.

Перевага цих фрез в порівнянні з твердосплавними фрезами полягає в підвищенні в 2-4,5 рази продуктивність обробки і поліпшенні якості обробленої поверхні.

В даний час освоєно виробництво фрез наступних розмірів:

Фрези одноступінчаті з конічним хвостовиком					
<i>D</i> , мм.....	40	50	63	80	
<i>z</i> .....	6	3	10	12	
Фрези одноступінчаті насадні					
<i>D</i> , мм.....	100	125	160	200	
<i>z</i> .....	16	20	24	30	
Фрези двоступінчаті з конічним хвостовиком					
<i>D</i> , мм.....	50	63	80		
<i>z</i> .....	4	6	8		
Фрези двоступінчаті насадні					
<i>D</i> , мм.....	100	125	160	200	315
<i>z</i> .....	10	14	18	22	32

Конструкція одноступінчатої фрези з конічним хвостовиком показана на рис. 82. Фреза складається з корпусу 1, циліндричних пластин 2 і уніфікованих затискних вузлів, що включають зажим 3, гайку 4 і шайбу 5. Зажим виконаний у вигляді гвинта із спеціальною конічною головою, яка заклинює пластину в гнізді корпусу при загвинчуванні гайки.

Дуже важливими елементами в конструкції подібних фрез є опорні і бічні базові поверхні гнізда під пластину. Вони повинні бути точними після термічної обробки. В описуваній конструкції фрез гнізда під пластини утворені перетином двох наскрізних пазів, що дозволяє шліфувати бази наскрізь, тим самим добиваючись точного розташування їх у всіх гніздах, і забезпечувати радіальне і торцеве биття ріжучих пластин, що не перевищує 0,04 мм.

У корпусі насадних фрез замість хвостовика виконано посадочний отвір для закріплення їх на заготовці.

У двоступінчатих фрезах пластини розташовані в два ряди (рис. 83), а поверхні гнізд зміщені на 1,5 мм. Закріплення пластин обох рядів здійснюється одним затискачем. Пластини 1 зовнішнього ряду проводять чорнову обробку, а пластини 2 внутрішні ряди – напівчистову обробку.

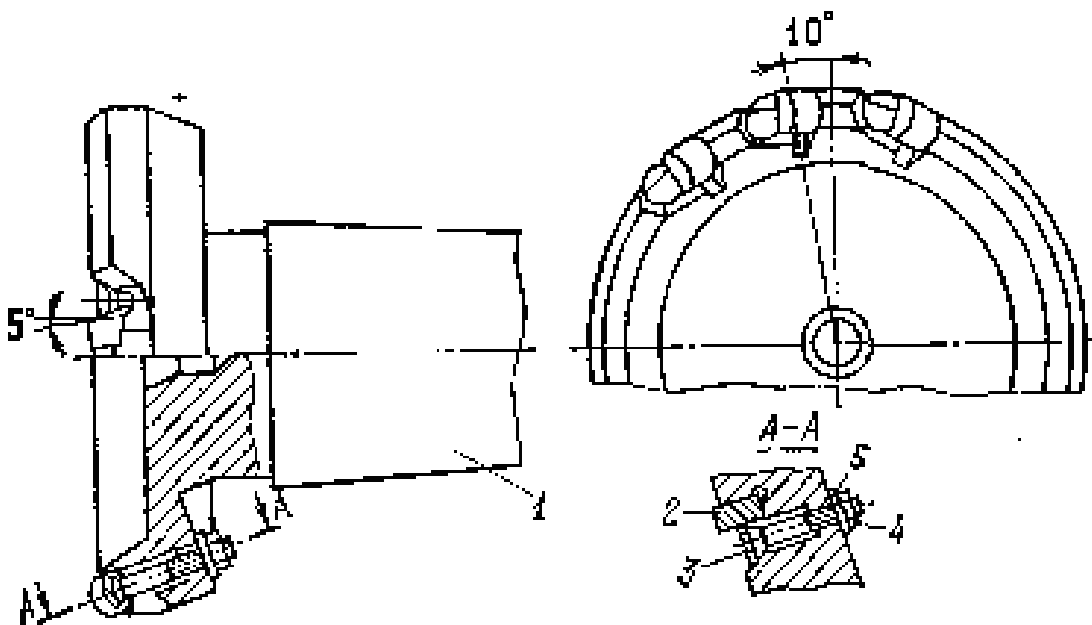


Рис. 82. Торцево-кінцева фреза з механічним кріпленням круглих пластин з композиту

Виконання гнізд в корпусі забезпечує наступну геометрію ріжучої частини:

передній радіальний кут $\gamma_r$ .....	$10^\circ$
передній торцевий кут $\gamma_t$ .....	$-5^\circ$
задній кут $\alpha_0$ .....	$10^\circ$

Розглянуті вузли кріплення мають малі габарити, надійні і зручні в експлуатації. Подібні вузли можуть бути успішно використані для закріплення круглих пластин з твердого сплаву і мінералокераміки.

Рекомендовані режими різання при фрезеруванні сірого чавуну з *HB* 190 – 200 приведені в табл. 33.

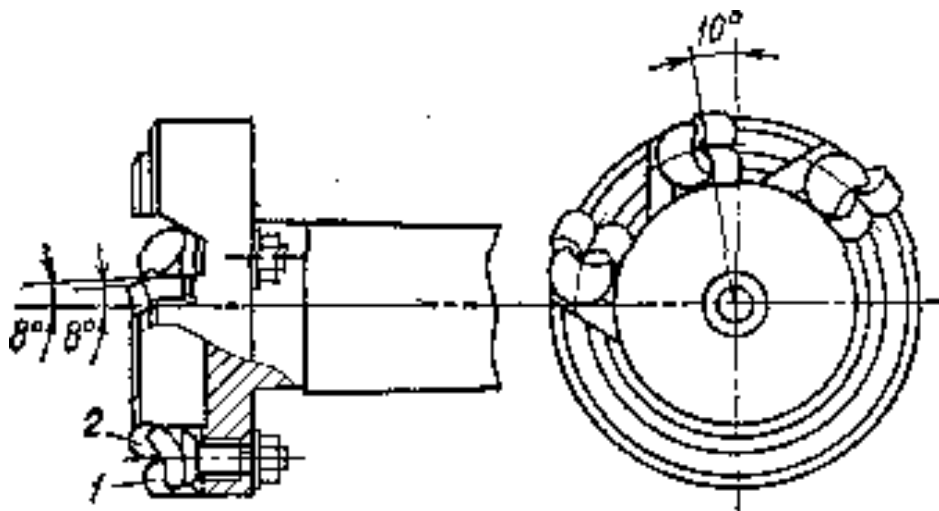


Рис. 83. Торцево-кінцева фреза із ступінчастим розташуванням круглих пластин з композиту

**Режими різання, що рекомендується для фрезерування чавуну НВ 190-200 фрезами з механічним кріпленням круглих пластин з композиту 05**

Тип фрези	Вид фрезерування	Швидкість різання $v$ , м/хв	Подача $S$ мм/об.	Глибина різання $t$ , мм
Одноступінчата	Чистове	500-1800	0,005-0,02	0,1-0,4
	Напівчистове	400-300	0,05-0,03	1,0-2,5
Двоступінчата	Чистове	500-1800	0,005-0,02	0,1-0,4
	Напівчистове	400-600	0,03-0,05	3,0-4,0
	Чорнове	300-500	0,05-0,07	4,0-5,0

В процесі фрезерування необхідно стежити за ступенем затуплення пластин. Не можна допускати затуплення по задній поверхні більше 0,4 мм (ширина стрічки затуплення). Після досягнення зносу вказаного значення пластини необхідно ослабити і повернути на кут 45-90° залежно від глибини різання. При зносі всієї ріжучої кромки пластину слід повернути на іншу сторону. Число умовних граней на одній стороні складає 5-6, отже, вся пластина має 10-12 граней. Після повного використання ріжучих кромки пластину можна переточити шляхом шліфування торця на величину стрічки зносу по задніх гранях.

Фрези, оснащені композитом, слід експлуатувати на метало-ріжучих верстатах підвищеної, високої і особливо високої точності і що мають високу верхню межу частоти обертання шпинделя (3000 об/хв. і більше). Допускається використовувати фрези на плоскошліфувальних і подовжньо-шліфувальних верстатах.

## Розділ 5

## СВЕРДЛА

Свердла призначаються в основному для отримання отворів в суцільному матеріалі, але використовуються для обробки (розсвердлювання) раніше просвердлених отворів. Свердлінням можна обробити отвори невисокого класу точності (Н2-Н14) з шорсткістю  $R_z=40$  мкм і більше.

Таблиця 34.

Діаметри свердел (ГОСТ 685-77), мм							
0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
0,25	0,38	0,48	0,58	0,68	0,78	0,88	0,98
0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,30	0,90	
0,32	0,12	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	
Від 1,00 до 3,00 через 0,05 мм							
Від 3,00 до 13,70 через 0,1 мм							
13,75	16,75	20,00	23,50	27,25	31,00	35,75	42,50
13,30	17,00	20,25	23,75	27,50	31,25	36,00	43,00
13,00	17,25	20,50	23,00	27,75	31,50	36,25	43,50
14,00	17,40	20,75	24,00	18,00	31,75	56,50	44,00
14,25	17,50	20,90	24,25	28,25	32,00	37,00	44,50
14,50	17,75	21,00	24,50	28,50	32,25	37,50	45,00
14,75	18,00	21,25	24,75	28,75	82,50	38,00	45,50
15,00	18,25	21,50	25,00	29,00	35,00	38,50	46,00
15,25	18,50	21,75	25,50	29,25	33,25	39,00	46,50
15,40	18,75	22,00	25,75	23,50	33,50	39,50	47,00
15,50	19,00	22,25	26,00	23,75	34,00	40,00	47,50
15,75	19,25	22,50	26,25	30,00	34,50	40,50	48,00
16,00	19,40	22,75	26,50	30,25	35,00	41,00	48,50
16,25	19,50	23,00	26,75	30,50	35,25	41,50	49,00
16,50	19,75	23,25	27,00	30,75	35,50	42,00	49,50
Від 52,00 до 80,00 через 1 мм							

У нашій країні прийнята єдина градація діаметрів свердел, що регламентується згідно ГОСТу 885-77 (табл. 34) і охоплююча практично всі розміри отворів до 80 мм, що зустрічаються в деталях машин і приладів.

Випускаються наступні різновиди свердел: спіральні, перові, одностороннього різання (гарматні), кільцеві, комбіновані. В останні роки з'явилися дуже ефективні свердла з механічним кріпленням багатогранних твердосплавних пластин. Найбільше застосування здобули спіральні свердла.

### **5.1 Типи і розміри спіральних свердел загального призначення з швидкоріжучої сталі**

Згідно ГОСТу 2034-80Е спіральні швидкоріжучі свердла виготовляються чотирьох класів точності: А<sub>1</sub>, А, В<sub>1</sub> і В. До класів А<sub>1</sub> і А відносяться свердла підвищеної точності, а до класів В<sub>1</sub> і В – нормальної. Свердла класів А<sub>1</sub> і А виконуються з допуском по зовнішньому діаметру по *h8*, класів В<sub>1</sub> і В – по *h9*.

Для виготовлення свердел використовується швидкорізальна сталь згідно ГОСТу 19265-73 марок Р18, Р12, Р9, Р6АМ5, Р6АМ5Ф3, Р6М5К5 і Р9М4К8.

Спіральні свердла з швидкоріжучої сталі випускаються з циліндричним або конічним хвостовиком. Свердла діаметром від 0,25 до 20 мм виготовляють з циліндричним хвостовиком, а діаметром від 5 до 80 мм – з конічним хвостовиком.

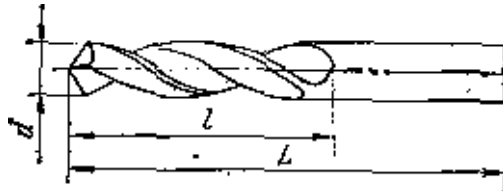
Залежно від довжини робочої частини свердла з циліндричним хвостовиком розділені на три основні серії: коротку (ГОСТ 4010-77), середню (ГОСТ 10902-77) і довгу (ГОСТ 12122-77). Значення довжин залежно від діаметру свердел вказаних серій приведені в табл. 35.

Для обробки в важкодоступних місцях передбачені свердла діаметром, від 6,1 до 10 мм з циліндричним хвостовиком надто довгій серії по ТУ2-035-600-77. Ці свердла мають такі розміри:

Діаметр свердла, мм.....	6,1-6,5	6,6-6,9	7,0-7,9	8,0-10,0
Загальна довжина, мм.....	290; 320; 350	310; 350; 370	320; 370; 410	400; 450; 500
Довжина робочої частини, мм.....	100 - 230	110-260	100-260	100-50

Таблиця 35.

**Основні розміри стандартних свердел з циліндровим хвостовиком, мм**



D	Серія					
	коротка		середня		довга	
	L	l	L	l	L	l
1,00-1,30	26-30	6-8	34-38	12-16	48-52	25-28
1,35-1,90	32-36	9-11	40-46	18-22	55-62	32-38
1,95-2,65	38-43	12-14	49-57	24-30	65-70	40-45
2,70-3,70	46-52	16-20	61-70	33-39	75-85	48-55
3,80-5,30	55-62	22-26	75-86	43-52	50-105	60-70
5,40-7,50	68-74	28-34	93-109	57-69	115-130	60-70
7,60-10,60	79-89	37-43	117-133	75-87	-	-
10,70-14,00	93-109	47-54	142-160	94-108	-	-
14,25-17,00	111-119	56-60	169-185	114-120	-	-
17,25-20,00	123-131	62-70	195-205	130-140	-	-

Свердла з конічним хвостовиком випускаються з нормальною довжиною (ГОСТ 10903-77), подовжені (ГОСТ 2092-77) і довгі (ГОСТ 12121-77). Їх розміри дані в табл. 36.

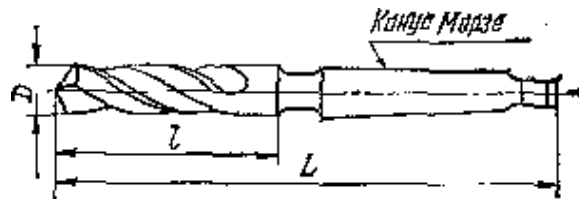
Промисловістю освоєний випуск свердел підвищеної стійкості і продуктивності; свердла із зносостійким покриттям і з термомеханічним зміцненням. Випускаються також свердла з циліндричним хвостовиком із зносостійким покриттям нітридом титану діаметром 5-12 мм. Такі свердла перевершують по стійкості свердла без покриття і за рахунок цього дозволяють вести обробку з більшою швидкістю різання. Дуже ефективні свердла, які в процесі виготовлення (плющення) піддаються

термомеханічному зміцненню. Це дозволяє підвищити міцність і ріжучу здатність свердел, а також скоротити виробничий цикл їх виготовлення.

Так, при звичній технології виготовленні свердел із сталі Р6М5 досягається твердість  $HRC=63-64$ , при новій –  $HRC=64,5-66$ . Термомеханічна обробка підвищує також теплостійкість.

Таблиця 36.

#### Основні розміри стандартних свердел з конічним хвостовиком



D, мм	Тип свердел						Номер конуса Морзе
	нормальні		подовжені		довгі		
	L	l	L	l	L	l	
6,00-14,00	138-189	57-108	160-230	80-150	225-265	145-185	1
14,25-23,00	212-253	120-155	260-295	160-195	245-340	195-240	2
23,25-31,80	276-301	155-180	320-350	200-230	360-395	240-275	3
32,00-50,50	334-339	185-220	-	-	-	-	4
51,00-80,00	412-514	225-260	-	-	-	-	5

Середня стійкість свердел, виготовлених за новою технологією, в 2,6 рази вища за стійкість свердел, що випускаються згідно ГОСТу 10903-77. Це значить, що при однаковій стійкості швидкість різання свердел з термомеханічним зміцненням може бути в 1,2 рази вища, ніж звичних свердел.

Згідно ТУ 2-035-779-80 випускаються свердла з термомеханічним зміцненням із конічним хвостовиком діаметром від 32 до 60 мм. Довжина цих свердел відповідає свердлам згідно ГОСТу 10903-77.



## 5.2 Конструкція і геометричні параметри спіральних свердел

Спіральне свердло складається з двох основних конструктивних елементів: робочої частини і хвостовика.

Робоча частина свердла здійснює процес різання і відведення стружки з отвору, формує поверхню оброблюваного отвору і направляє свердло при обробці. Вона виконується у вигляді двох зубів 1 і 3 (рис. 84), утворених спіральними канавками 2 і 4 і зв'язаних між собою серцевиною діаметром  $d$ . Робоча частина виготовляється з інструментальної сталі, що дає можливість багато разів переточувати свердло в процесі його експлуатації. Ріжуча частина свердла має п'ять ріжучих кромки: дві головні 6 і 7, поперечну (перемичку) 9 і дві допоміжні (по стрічках) 5 і 8.

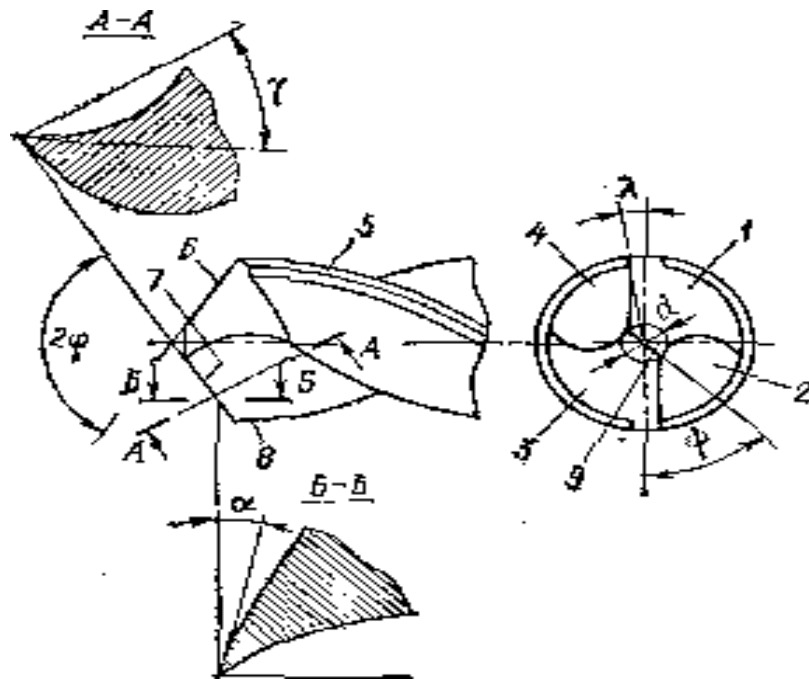


Рис. 84. Робоча частина спірального свердла

Передніми поверхнями різання найчастіше є поверхні канавок, але іноді їх спеціально заточують, створюючи певні передні кути. Задні поверхні свердла можуть бути плоскими, конічними, циліндричними або гвинтовими залежно від способу їх заточування. Допоміжні задні поверхні виконуються по циліндру в поперечному перерізі у вигляді стрічок. Головні ріжучі кромки утворюють між собою кут  $2\phi$  (кут в плані кожної ріжучої кромки), а по

відношенню до основної площини вони нахилені під кутом  $\lambda$ , що має позитивне значення.

Від значення кута  $2\phi$  залежать товщина і ширина шару, що зрізається, і співвідношення між радіальними і осьовими силами різання. Із збільшенням кута  $2\phi$  зростає осьова сила  $P_x$  (сила подачі), але знижується сила  $P_z$  (зменшується крутний момент різання). Ширина шару  $b$ , що зрізається, при цьому зменшується, а товщина  $a$  збільшується, що підвищує температуру в зоні різання.

Із зміною кута  $2\phi$  змінюється значення переднього кута, форма головної ріжучої кромки, а також передні кути поперечної ріжучої кромки. Тому оптимальний кут  $2\phi$  залежить від оброблюваного матеріалу. Рекомендуються наступні значення кута  $2\phi,^0$ :

Сталь вуглецева конструкційна .....	116-120
Нержавіюча сталь, сталі високої міцності, жароміцні сплави .....	125-130
Титанові сплави .....	140
Чавун середньої твердості і тверда бронза.....	90-100
Чавун твердий.....	120-125
Латунь, алюмінієві сплави, бабіт .....	130-140
Мідь.....	125
Пластмаса.....	80-110
Мармур.....	80 - 90

Передній кут  $\gamma$  у кожній точці ріжучої кромки має різне значення, оскільки змінним є і кут нахилу спіралі.

Передній кут може бути змінений і виконаний рівнозначним по всій довжині ріжучої кромки шляхом підгострювання передньої поверхні.

Передні кути на поперечній ріжучій кромці негативні і рівні приблизно –  $60^\circ$ . При таких значеннях кутів поперечна кромка практично не ріже, а видавлює, скребе метал. Довжина поперечної ріжучої кромки свердел в значній мірі впливає на осьове зусилля різання. Тому з метою зменшення

осьового зусилля різання і поліпшення умов роботи поперечну кромку зменшують шляхом підгострювання.

Нахил перемички під кутом  $\psi$  виходить в результаті заточування задніх поверхонь. Звичайно  $\psi=55^\circ$ .

Задній кут  $\alpha$ , так само як і передні міняється по всій довжині ріжучої кромки. Характер зміни кута  $\alpha$  визначається способом утворення задніх поверхонь.

Найпростіший вид заточування – одноплощинний (рис. 85,а), який не вимагає спеціального заточного устаткування або складних пристосувань. Недоліком цього способу є те, що при певних розмірах свердел може бути відсутнім достатній спад від точки 1 до точки 2 і можливе тертя поверхонь свердла та деталі.

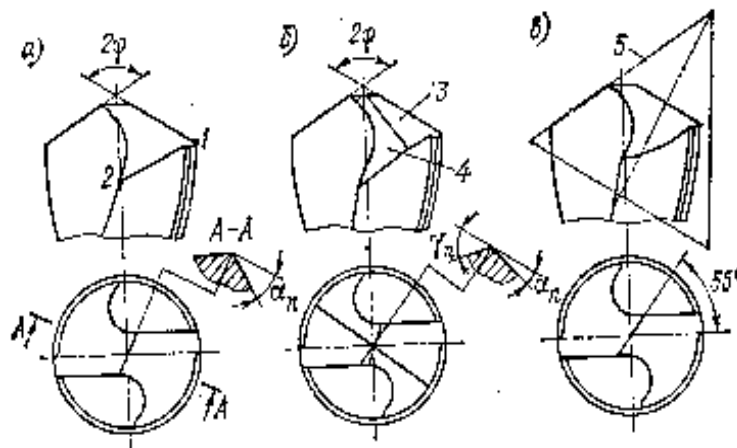


Рис. 85 Форми заточування задніх поверхонь спіральних свердел

Двохплощинне заточування (рис. 85,б) виключає вище згаданий недолік. Воно застосовується як при виготовленні свердел, так і при їх переточуванні. Перша площина 3, що утворює головну ріжучу кромку, заточується під кутом  $\alpha=5-15^\circ$ , друга 4 – під кутом  $20-30^\circ$ . І перша, і друга задані площини формують поперечну ріжучу кромку і її передні поверхні.

Перевагою двухплощинного заточування окрім її простоти є те, що, поперечна кромка має пірамідальну форму, сприяючу самоцентруванню свердла в роботі, і можна заточувати будь-які оптимальні задні кути свердла.

Найбільше поширення набув метод заточування, при якому задня поверхня є ділянкою конічної поверхні 5 (рис. 85, в).

Відомі також методи, при яких задня поверхня формується ділянкою циліндра або гвинтової поверхні.

Всі методи отримання криволінійної задньої поверхні вимагають для заточування спеціального устаткування або пристосувань.

Задній кут  $\alpha$  звичайно розглядається в перерізі, паралельному осі свердла. Для свердел загального призначення  $\alpha=10-15^\circ$ .

Необхідною умовою при заточуванні свердел є забезпечення симетричності ріжучих кромок щодо осі свердла. Допуски осьового биття в середній частині ріжучих кромок, що регламентуються ГОСТом 2035-80Е, вказані в табл. 37.

Таблиця 37.

**Допуски осьового биття ріжучих кромок спіральних швидкорізальних свердел.**

Діаметр свердла, мм	Допуск осьового биття свердел класів точності, мм				
	А1	А	В1		В
			свердла з циліндричним хвостовиком	свердла з конічним хвостовиком	
6-10.....	0,05	0,10	0,13	0,13	0,18
Понад 10.....	0,06	0,20	0,15	0,23	0,30

Стрічки свердла служать для формування поверхні оброблюваного отвору і наряду (центрування) свердла, а також забезпечують можливість багаторазового переточування свердла, тим самим подовжуючи термін його служби.

Ширина стрічок  $f$  має значення 0,2-3 мм (більше значення  $f$  відповідає більшому діаметру свердла). По стрічках свердла мають зворотну конусність, величина якої на 100 мм довжини складає 0,03-0,08 мм для свердел діаметром від 10 до 18 мм і 0,05-0,12 для свердел діаметром понад 18 мм.

Найбільш напруженими ділянками свердла є точки переходу головних ріжучих кромок в допоміжні (стрічки). Вони найбільше схильні до зносу, основна причина якого – виникнення там високої температури. Щоб зменшити виділення тепла поблизу куточків і поліпшити його відведення, рекомендується заточувати перехідні ріжучі кромки з кутом  $70-75^\circ$  (рис. 86,*a*). Таке заточування збільшує загальну довжину головних ріжучих кромок, зміцнює перехідні ділянки і зменшує товщину шару, що зрізається, на перехідних ріжучих кромках, що підвищує стійкість свердла, або, при однаковій стійкості, дозволяє збільшити на 25-35% швидкість різання.

Для свердел малих розмірів заточування перехідних ріжучих кромок не дає помітного результату; її рекомендується застосувати для свердел діаметром більше 10 мм.

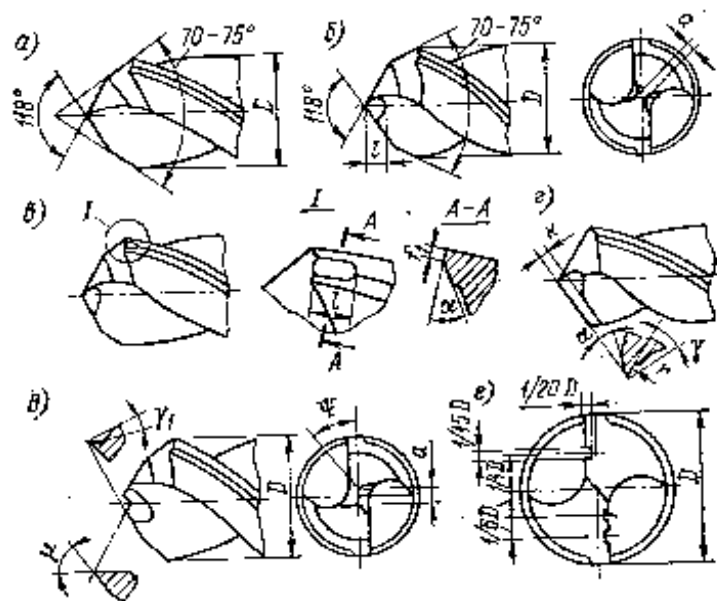


Рис. 86. Форми заточування ріжучих кромок спіральних свердел

Значно полегшує процес різання і збільшує стійкість інструменту підгострювання поперечної ріжучої кромки (перемички), метою якої є, з одного боку, зменшення, негативного переднього кута у перемички, з іншого – її вкорочення. В результаті такого підгострювання приблизно на одну чверть зменшується осьове зусилля різання, поліпшується процес стружкоутворення і підвищується стійкість свердла. Одна з рекомендованих

форм підгострювання перемички є її параметри приведені на рис. 86,б, і в табл. 38.

Таблиця 38.

**Параметри підгострювання поперечної ріжучої кромки свердл (див. рис. 88,б), мм**

$D$	$l$	$a$	$D$	$l$	$a$
12-15	3	1,5	40-50	9	4,5
15-20	4	2,0	50-60	11	5,5
20-25	5	2,5	60-70	13	6,5
25-30	6	3,0	70-80	35	7,5
30-40	7	3,5			

Підвищенню працездатності свердел сприяє також підгострювання стрічок (див. рис. 86,б). Річ у тому, що, виконуючи функцію направляючих для свердла в процесі роботи, стрічки працюють як допоміжні ріжучі кромки із заднім кутом  $\alpha_I = 0^\circ$  несприятливо впливаючи на процес свердління – підвищуючи сили тертя, температуру різання і інтенсивність зносу. Підгострювання стрічок зменшує їх шкідливий вплив на процес свердління.

Рекомендуються наступні параметри підгострювання: довжина підточеної частини  $l=1,5-4,0$  мм, задній кут  $\alpha=6-8^\circ$ , ширина циліндричної частини стрічки на цій довжині  $f_I=0,1-0,3$  мм.

На рис. 86,з, зображена форма підгострювання передньої поверхні і перемички, що забезпечує не тільки полегшення процесу різання, але і дроблення стружки. Підгострювання виконується на передній поверхні жолобка шириною  $\kappa=4$  мм з переднім кутом  $\gamma=20-25^\circ$  і радіусом  $r=3$  мм. Найбільший ефект така форма підгострювання дає при обробці в'язких матеріалів, зокрема нержавіючих сталей аустенітного класу.

Широке застосування одержала форма підгострювання перемички (рис. 86,д) суть якої полягає у тому, що перемичка одночасно підточується і підрізає. В результаті утворюються дві виступаючі кромки і тим самим усувається несприятлива геометрія перемички. При обробці отворів в чавунних деталях таке заточування в 2 рази зменшує осьову силу різання і на 30-40% дозволяє збільшити подачу. Стійкість свердел зростає в 1,5 рази. Для

свердління отворів в сталевих деталях дане підгострювання застосовувати не рекомендується через недостатню міцність кромки, що утворюються, і, як наслідок, пониження стійкості інструменту.

При обробці отворів в деталях з в'язких матеріалів на головних ріжучих кромках в шаховому порядку заточують канавки (рис. 86,е), які розділяють стружку в процесі свердління і сприяють її дробленню. Канавки утворюють на передніх поверхнях свердла шліфувальним кругом на заточному верстаті.

### 5.3 Режими різання і умови експлуатації спіральних свердел

Призначення раціонального режиму різання при свердленні полягає в найвигіднішому поєднанні швидкості різання і подачі, що забезпечує найбільшу продуктивність свердління при нормативній стійкості інструменту і правильному використуванні експлуатаційних можливостей верстата.

Подача  $S$ , мм/об. При свердлінні і розсвердлюванні подача вибирається залежно від шорсткості і точності обробки, діаметру отвору, оброблюваного матеріалу, матеріалу інструменту і жорсткості верстата, деталі та пристосування.

Для свердел з швидкоріжучої сталі встановлено три групи подач (табл. 39). Подачі з групи I призначаються при свердлінні отворів в жорстких деталях без допуску або з допуском 12-го квалітету точності під подальшу обробку свердлом, зенкером або різцем. Свердління отворів в деталях середньої жорсткості (тонкостінні деталі коробчастої форми, тонкі виступаючі частини деталей тощо) без допуску або з допуском 12-го квалітету точності рекомендується виробляти на менших подачах (групи II). Подачі групи III застосовуються при свердлінні точних отворів (11-го квалітету точності) під розвертування і нарізання різьби мітчиком, свердлінні отворів в нежорстких деталях, а також при роботі центрувальними свердлами.

Свердління отворів в чавунних деталях свердлами з пластинами із твердого сплаву рекомендується виконувати з меншими подачами, ніж свердлами з швидкоріжучої сталі. Тут використовуються дві групи подач (табл. 40): група I для обробки отворів 12-14-го квалітетів, точність під подальшу обробку зенкером або різцем, група II для свердління точніших отворів під розвертування і нарізання різьби. Обробка отворів в деталях з нержавіючих сталей і жароміцних та високоміцних сталей, жароміцних і титанових сплавів ведеться на невеликих подачах. Для теплостійких, нержавіючих і кислотостійких сталей з  $\sigma_B < 120$  кгс/мм<sup>2</sup> і титанових сплавів з  $\sigma_B < 100$  кгс/мм<sup>2</sup> подачі приблизно відповідають групі III подач, рекомендованих для обробки сталі з  $\sigma_B > 80$  кгс/мм<sup>2</sup>. При обробці тих же матеріалів, але з  $\sigma_B > 120$  кгс/мм<sup>2</sup> і  $\sigma_B > 100$  кгс/мм<sup>2</sup> подачі в 1,5 рази менші.

Приведені в табл. 39 і 40 рекомендовані значення подач відповідають глибині оброблюваного отвору, рівної  $3D$  ( $D$  – діаметр свердла). При більшій довжині свердління на величину подачі необхідно вводити наступні коефіцієнти  $K_S$ ; при довжині свердління  $5D$   $K_S=0,9$  і при  $7D$   $K_S=0,8$

Таблиця 39.

**Подачі, рекомендовані для обробки отворів свердлами з швидкоріжучої сталі [18], мм/об**

Оброблюваний матеріал	група подач	Діаметр свердла, мм		
		2-3	від 8 та 20	від 20 до 60
Сталь, $\sigma_B < 80$ кгс/мм <sup>2</sup>	I	0,05-0,22	0,22-0,43	0,33-0,70
	II	0,04-0,17	0,16-0,32	0,29-0,55
	III	0,03-0,11	0,11-0,22	0,20-0,35
Те ж, $\sigma_B > 80$ кгс/мм <sup>2</sup>	I	0,04-0,15	0,17-0,32	0,29-0,50
	II	0,03-0,11	0,13-0,24	0,22-0,35
	III	0,02-0,08	0,08-0,17	0,14-0,25
Чавун, HB<229; мідні і алюмінієві сплави	I	0,09-0,44	0,17-0,86	0,78-1,2
	II	0,06-0,30	0,35-0,64	0,58-0,90
	III	0,05-0,22	0,23-0,43	0,39-0,60
Чавун, TTT>229	I	0,05-0,26	0,28-0,53	0,47-0,80
	II	0,04-0,20	0,21-0,40	0,35-0,60
	III	0,03-0,13	0,13-0,26	0,23-0,40



Таблиця 40.

**Подачі, рекомендовані для обробки отвору свердлами із пластинами з твердого сплаву ВК 8 в чавунних деталях мм/об [18]**

Діаметр свердла $D$ , мм	Чавун ковкий і сірий, $HB \leq 229$		Чавун сірий, $HB > 229$	
	Група подачі			
	1	11	1	11
8	0,22-0,28	0,18-0,22	0,18-0,22	0,13-0,17
12	0,30-0,36	0,22-0,28	0,25-0,30	0,18-0,22
16	0,35-0,40	0,25-0,30	0,28-0,30	0,20-0,25
20	0,40-0,48	0,27-0,33	0,32-0,38	0,23-0,28
24	0,45-0,55	0,33-0,38	0,38-0,45	0,27-0,32
26	0,50-0,60	0,37-0,44	0,40-0,46	0,32-0,38
30	0,55-0,65	0,40-0,50	0,45-0,50	0,36-0,44

Швидкість різання  $V$ , м/хв. На швидкість різання при свердлінні найбільший вплив роблять властивості оброблюваного матеріалу, подача і діаметр свердла. При обробці легованих сталей швидкість різання на 10-30% нижча, ніж при обробці вуглецевих сталей, а при обробці нержавіючих, жароміцних і титанових сплавів швидкість різання не перевищує 15-20 м/хв.

Подача істотно впливає на швидкість різання. Із збільшенням подачі підвищуються температура в зоні різання і питомий тиск стружки на передні поверхні, а отже і знос свердла. Збільшення діаметру свердла, навпаки, сприятливо впливає на процес різання (покращує умови утворення і відведення стружки і тепла із зони різання) та дозволяє виробляти обробку на вищих швидкостях різання.

Від правильного вибору швидкості різання залежать стійкість і довговічність інструменту, а також якість оброблюваних отворів. Рекомендовані швидкості різання при свердлінні сталі і чавуну приведені в табл. 41.

Таблиця 41.

**Швидкості різання, рекомендовані для обробки отворів свердлами з швидкоріжучої сталі, м/хв**

Подача S, мм/об	Діаметр свердла, мм			
	до 10	до 20	до 30	до 60
Обробка сталі $\sigma_B=75$ кгс/мм <sup>2</sup>				
0,11- 0,16	24-32	32	-	-
0,20 -0,27	18-24	24-23	28-32	32
0,36-0,49	-	18-21	21-24	24-37
0,66 – 0,88	-	13-15	15-17	17-20
Обробка чавуну HB 223-229				
0,16-0,24	25-31	31	-	-
0,30-0,53	17-35	22-28	-	26-29
0,70-0,95	-	17-20	-	21-23

#### 5.4 Твердосплавні свердла

Основне призначення твердосплавних сверدل – обробка отворів в деталях з чавуну, загартованих вуглецевих, нержавіючих, жароміцних і кислотостійких сталей, титанових сплавів, а також з кольорових металів та неметалічних матеріалів. При правильній експлуатації твердосплавних сверدل, їх стійкість в 10-40 разів вища стійкості швидкорізальних сверدل при одночасному збільшенні продуктивності праці в 2-4 рази.

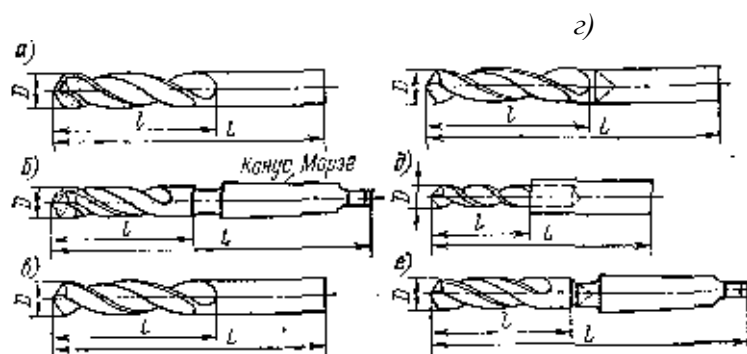


Рис. 87. Типи твердосплавних свердел

Мілкорозмірні, діаметром до 5 мм, свердла виготовляють цільнотвердосплавними, свердла діаметром від 5 до 12 мм – як цільнотвердосплавними, так і з напайною пластиною, діаметром від 12 до 30 мм – з твердосплавною напайною пластиною.

Типи твердосплавних свердел, що випускаються централізовано, приведені на рис. 87. Свердла, оснащені твердосплавною пластиною діаметром від 6 до 12 мм, мають циліндричний хвостовик, а діаметром від 10 до 30 мм – конічний хвостовик.

Робоча частина свердел є упаяною в сталеве тіло твердосплавною пластиною згідно ГОСТу 25399-82 (тип. 14), на якій заточені ріжучі елементи. Знайшли застосування різні форми заточування робочої частини: звична (рис. 88,а), з перехідними ріжучими кромками (рис. 88,б), з підгострюванням перемички (рис 88,в,г і д).

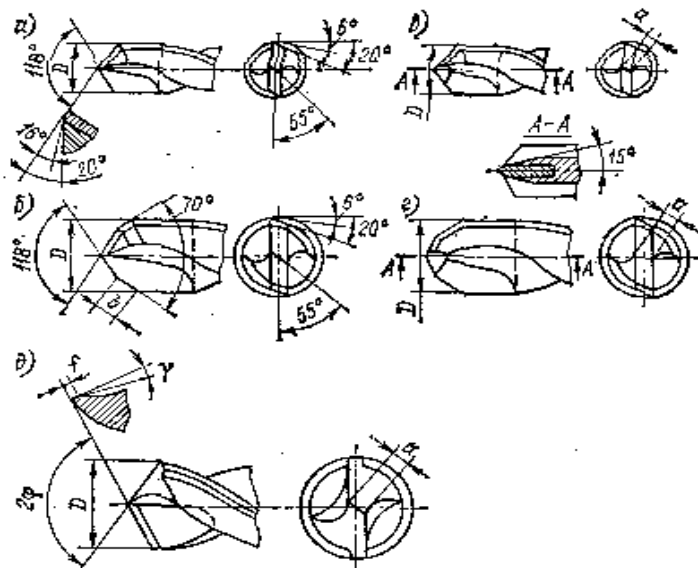


Рис. 88. Форми підточування твердосплавних свердел

*Цільнотвердосплавні свердла.* Випускаються чотири різновиди цільних стандартних твердосплавних свердел. Свердла діаметром від 1,5, до 6,5 мм згідно ГОСТу 17273-71 мають твердосплавну робочу частину, впаяну в циліндричний хвостовик більшого діаметру. Довжина їх робочої частини  $l=(3-5)D$ .

Свердла згідно ГОСТу 17274-71 виготовляють діаметром від 1,0 до 12,0 мм, а свердла згідно ГОСТу 17275-71 – від 3,0 до 12,0 мм. Ці свердла технологічно зручні в експлуатації і дозволяють працювати із застосуванням перехідних втулок при свердлінні отворів глибиною до 3-4 діаметрів і більше. Твердосплавні свердла з конічним хвостовиком ( $D=6-12$  мм) краще центруються в шпинделі при більшій жорсткості їх кріплення.

У зв'язку з важкими умовами роботи і підвищеною крихкістю цільнотвердосплавні свердла мають потовщену серцевину, рівну приблизно 0,35 діаметра і що збільшується у напрямку до хвостовика. У зв'язку з цим перемичку свердел необхідно підточувати до розміру  $a$  (рис. 88,д) з плавним сполученням та гвинтовою поверхнею канавки. Значення  $a$  залежно від діаметру свердла наступні:

$D$ , мм	$a$ , мм
Від 1 до 3.....	0,16
Від 3 до 6.....	0,15
Від 6 до 10.....	0,14
Від 10 до 12.....	0,13

Геометричні параметри ріжучої частини цільних твердосплавних свердел; кут при вершині  $2\varphi$ , задній кут  $\alpha$  і передній кут  $\gamma_f$  зміцнюючої фаски вибираються залежно від оброблюваного матеріалу і його міцності. Рекомендовані значення кутів приведені в табл. 42.

Для ефективного використання цільних твердосплавних свердел дуже важливо правильно вибрати режим обробки і дотримувати певні умови експлуатації. Загальні рекомендації за призначенням швидкості різання і подачі дані в табл. 43. Великі значення швидкостей слід застосовувати при менших подачах і великих діаметрах свердел. Оскільки ці свердла дуже чутливі до різкої зміни навантажень, при свердлінні наскрізних отворів, швидкість різання і подачу необхідно знижувати на 15-20% або на виході свердла під деталлю ставити підкладку з легкооброблюваного матеріалу.

Обробку склопластиків, алюмінію і його сплавів краще виконувати свердлами з малим кутом нахилу спіралі і з полірованою канавкою.

Таблиця 42.

## Рекомендовані геометричні параметри цільних твердосплавних свердел

Оброблюваний матеріал	Кути, град		
	2φ	α	γ <sub>f</sub>
Вуглецеві і леговані конструкційні сталі: НВ 150-200..... НВ 200-300..... Св. НВ 300.....	118-120 125-130 150	12-15 10-12 7-10	Без фаски
Неіржавіючі і кислотостійкі сталі: НВ 150-200..... НВ 400 і більш.....	118 125-135	15 10-12	Без фаски 0-15
Жароміцні сталі і сплави: σ <sub>y</sub> 120кгс/мм <sup>2</sup> ..... σ <sub>y</sub> 160кгс/мм <sup>2</sup> .....	130-140 127-130	12-15 10-12	0-5 (-12)-(-15)
Титанові сплави, σ <sub>b</sub> > 110 кгс/мм <sup>2</sup> .....	120-140	12-14	0-3
Чавун: НВ до 170..... НВ 170-250..... НВ 300 і більш.....	90-100 118 120-135	12-15 10-12 5-7	0

Свердління отворів в металевих заготовках слід виробляти при охолодженні. Як ЗОР можна застосовувати емульсол Укрінол-1 (5%) або масляні ЗОР ОСМ-3, МР-1 і ін.

У процесі експлуатація свердел необхідно стежити за зносом ріжучих кромки і своєчасно переточувати свердла. Знос, що допускається, по куточках і стрічках не повинен перевищувати наступних значень:

Діаметр свердла, мм .....	1	2	4	6	8	12
Знос по куточках, мм .....	0,15	0,20	0,30	0,35	0,40	0,50
Знос по стрічках, мм.....	0,04	0,08	0,16	0,24	0,32	0,48

Закріплення і центрування свердел на верстаті повинне бути точним. Краще використовувати цангові патрони. При ручній подачі свердла

механізми подачі повині бити чутливі, щоб переміщення інструменту було плавним.

Для свердління отворів малого діаметру краще застосовувати патрони і пристосування.

Таблиця 43.

**Режими різання, рекомендовані для свердління отворів цільними твердосплавними свердлами.**

Оброблюваний матеріал	Твердість	Режим різання	
		$v$ , м/хв	$S$ , мм/об
Конструкційні вуглецеві, леговані інструментальні сталі: 20; 45; У8; У10; У12;.....  сталь ХВ; Х12М; 3Х2138; 9ХС; Г13Л; 40Х; 45Г17103.....	HRC<50	15-40	0,01-0,04
	HRC>50	4-15	до 0,02
	HRC<50	10-25	0,02-0,07
	HRC>50	4-15	до 0,02
Нержавіючі і кислотостійкі сталі: 1Х18Н9Т; 1Х17Н2Т; ОХ20Н4Г10; 0Х16Н4ДЗЛ.....	Загартовані сталі	2-10	0,03
		10-25	0,04
Важкообробні сталі типу: 45Х14Н14В2М (ЭП69)..... ХН77ТЮР (ЭИ437Б).....	НВ 150-240	10-40	0,01 -0,06
	HRC 30-40	10-15	0,01-0,03
Вольфрамотанталові сплави ВТ-1; ВТ3-1; ВТ-5; ТС-5	НВ 170-300	9-8	0,016-0,03
Чавуни Сірий .....	НВ 170-217	20-45	0,06-0,18
	НВ 330-510	5-7	0,04-0,08
Високоміцний.....			

### 5.5 Шнекові свердла

Свердла з великим кутом нахилу стружкових канавок ( $\omega=60^\circ$ ), звані шнековими дозволяють свердлити отвори глибиною, рівною або більшою 30 діаметрів, за один прохід без періодичного витягування свердла з отвору для видалення стружки.

Особливостями конструкції шнекових свердел є спеціальний профіль канавок, що забезпечує краще відведення стружки, і підвищення жорсткості за рахунок збільшення діаметру серцевини свердла.

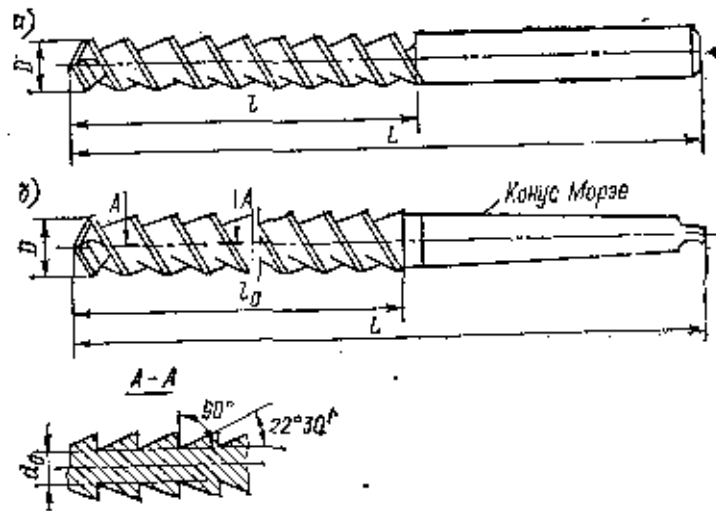


Рис. 89. Шнекові свердла

Централізовано випускаються шнекові свердла діаметром від 5 до 10 мм з циліндричним хвостовиком і діаметром від 10 до 14 мм з конічним хвостовиком (рис. 89). Основні розміри свердел приведені в табл., 44.

Таблиця 44.

## Основні розміри свердл

Тип свердла	Розміри, мм		
	$D$	$L$	$l$
Свердла шнекові з циліндричним хвостовиком	5,0-6,0	130-140	85-90
	6,1-8,5	150-155	100
	8,6-10,0	165-185	110-115
Свердла шнекові з конічним хвостовиком	10,0-11,8	250-255	170-176
	11,9-14,0	230-265	180-185

Примітка. В межах приведених інтервалів є свердла діаметром через кожні 0,1 мм

Шнекові свердла мають спеціальну геометрію заточування (рис. 90): плоске заточування передньої і задньої поверхонь із стружкоуламуючою канавкою на передній поверхні.

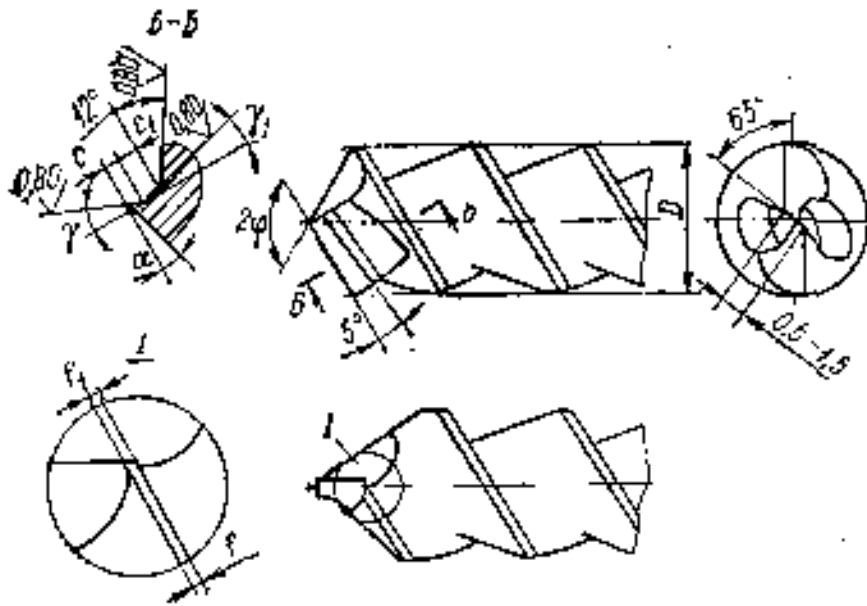


Рис. 90. Геометричні параметри шнекових свердел

Для обробки сталі і чавуну рекомендуються наступні параметри заточування: кут в плані  $\varphi=118^\circ$ ; передній кут  $\gamma=15^\circ$ ; задній кут  $\alpha=12^\circ$ ; кут нахилу перехідної ділянки  $\gamma_1=15^\circ$ ; ширина передньої поверхні  $C$  рівна 1,2-1,8 мм для діаметрів від 5 до 8,5 мм і 8,6-14 мм для діаметрів 2,4-3,0 мм.

Ширина перехідного майданчика  $C_1$ : для діаметрів від 5 до 8,5 мм – 0,8-1,2, від 8,6 до 14 мм – 1,6-2,0

Значення  $C$  і  $C_1$  при обробці інших матеріалів підбираються експериментально таким чином, щоб було забезпечене дроблення стружки.

Завдяки великому куту нахилу стружкових канавок і спеціальної геометрії, стружка легко видаляється з отвору, не перешкоджаючи процесу різання, що підвищує стійкість свердла і дозволяє значно збільшити подачу.

Рекомендовані значення подач для свердління отворів в сталевих і чавунних деталях шнековими свердлами приведені в табл. 45.

Швидкість різання при свердлінні шнековими свердлами призначається залежно від оброблюваного матеріалу і довжини свердління та подачі. При обробці отворів завдовжки,  $15d$ , свердла діаметром  $d=8-16$  мм рекомендована швидкість різання має приблизно наступні значення, м/хв:



Таблиця 45.

**Подачі  $S$ , рекомендовані для свердління сталі і чавунів шнековими свердлами,  
мм/об**

Діаметр свердла $d$ , мм	Сталь $\sigma_b = 75$ кгс/мм <sup>2</sup>			Чавун, НВ 163-229		
	Глибина свердління					
	$5d$	$15d$	$30d$	$5d$	$15d$	$30d$
5	0,08	0,06	0,04	0,15	0,10	0,05
6	0,12	0,10	0,06	0,20	0,12	0,08
8	0,16	0,12	0,08	0,25	0,15	0,12
12	0,25	0,18	0,14	0,30	0,20	0,15
14	0,25	0,20	0,16	0,35	0,25	0,20

	Сталь	Чавун
Подача $S$ мм/хв.		
0,06 .....	30,0-36,5	-
0,08 .....	26,0-34,4	33,0-36,0
0,12 .....	20,0-22,4	28,0-33,0
0,20 .....	19,3	22,0-26,0
0,30 .....	-	17,0-22,0

Приведені значення швидкостей відповідають стійкості свердел

$T=200$  хв. при обробці сталі і  $T=300$  хв. при обробці чавуну.

### 5.6 Перові свердла

Перові свердла призначені для обробки порівняно коротких отворів. Вони значно простіше виготовленні ніж спіральні, і володіють більшою жорсткістю.

Робоча частина перового свердла (рис. 91) виконується у вигляді тонкої пластини, у якій під кутом заточені дві головні ріжучі кромки. Перові свердла, як і спіральні, мають поперечну кромку і калібруючу частину стрічки шириною  $f$  по циліндру із зворотною конусністю по довжині.

Звично кути в плані вибираються в межах  $116-118^\circ$ , проте їх значення можуть бути і іншими, наприклад для торцевих свердел  $\varphi = 118^\circ$ . Передній кут  $\gamma$  у перових свердел негативний і залежить від товщини пера  $h$ . Із збільшенням товщини пера абсолютне значення кута  $\gamma$  збільшується, що

погіршує умови різання. Щоб зберегти достатню міцність і жорсткість свердел при більшому значенні  $h$ , передню поверхню підточують, а площини пера виконують з потовщеним до хвостовика під деяким кутом  $\delta$ . Задні кути  $\alpha$  одержують одноплосинним заточуванням задніх поверхонь. Значення  $\alpha$  зазвичай дорівнює  $10-15^\circ$ .

Ширина стрічки для малорозмірних свердел (при  $d$  до 1 мм) приймається рівною  $0,1d$ . Для свердла більшого діаметру  $f=(0,03-0,1)d$ .

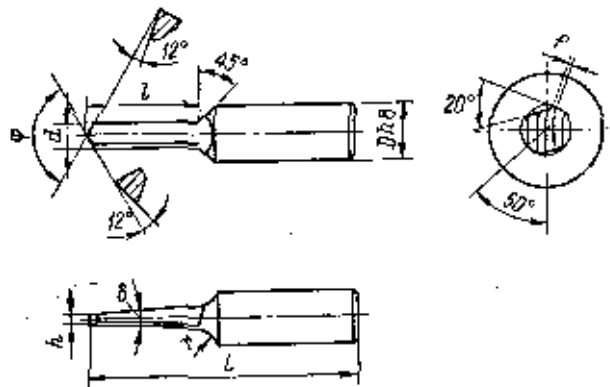


Рис. 91. Різюча частина перового свердла

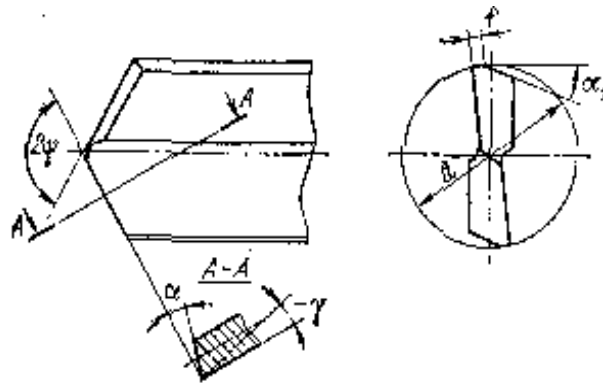


Рис. 92. Перове свердло

Цільні свердла з швидкоріжучої сталі одержали застосування в основному в приладобудуванні при обробці гладких, ступінчастих і фасонних отворів в деталях з сипких матеріалів (латунь, бронза і пластмаса). Їх широко використовують на токарно-револьверних автоматах і автоматах поздовжнього точіння. На рис. 92. показане типове свердло (ліве), що

застосовується на автоматах подовжнього точіння для обробки гладких отворів до 14 мм.

Основні розміри перових свердел приведені у табл. 46.

Таблиця 46.

**Основні розміри перових свердел, мм**

$d$	$D$	$L$	$l$	$h$	$r$	$f$
Від 0,4 до 0,5 Від 0,5 до 0,8	1,2		3,5 6,5	0,15 0,25	0,5	- 0,07
Від 0,8 до 1,2 Від 1,2 до 2,0	2,0	40	10 12	0,40 0,50	1,0	0,08 0,10
Від 2,0 до 3,0 Від 3,0 до 4,0	3,0 4,0		20	0,70 1,00	2,0	0,15 0,20
Від 4,0 до 6,0 Від 6,0 до 9,0	6,0 9,0	50 70	24 35	1,20	3,0	0,25 0,30

Таблиця 47.

**Рекомендована подача при обробці отворів глибиною до  $5d$  в деталях з латуні Л62 цільними перовими свердлами.**

Діаметр свердла $D$ , мм	Подача $S$ , мм/об.
1	0,02-0,027
2	0,035-0,045
3	0,052-0,062
4	0,063-0,075
5	0,080-0,100
6	0,100-0,120
7-12	0,100-0,120

Обробка отворів перовими свердлами зазвичай ведеться з багатократним виводом свердла. Подача призначається в залежності від матеріалу деталі, глибини отвору і діаметру свердла. У табл. 47 приведені значення подач при обробці латуні Л62 і при максимальній глибині отвору  $5d$ .

Швидкість різання  $v$  приймається така ж, як для спіральних свердел.

Збірні перові свердла призначені для обробки отворів в деталях з конструкційних сталей і чавунів на верстатах з свердлильно-фрезерно-

розточувальної групи з ЧПУ, а також на універсальних токарних, свердлильних і розточувальних верстатах. Вони виготовляються діаметром від 20 до 130 мм.

Ріжучою частиною збірного свердла (рис. 93) є плоска пластина 1, виготовлена з швидкоріжучої сталі. Своїми приєднувальними елементами пластина вставляється в паз корпусу 2 і закріплюється гвинтом 3 за рахунок деформації стінок паза. Перові свердла виконуються з циліндричним хвостовиком згідно ГОСТу 25524-82 і ГОСТу 25525-82 (для верстатів з ЧПУ) і з конічним – згідно ТУ 2-035-741-83. Основні розміри свердел з конічним хвостовиком дані в табл. 48.

Свердла комплектуються змінними ріжучими пластинами (рис. 94) згідно ГОСТу 25526-82 з розмірами  $b$ ,  $b_1$  і  $l$  (табл. 49).

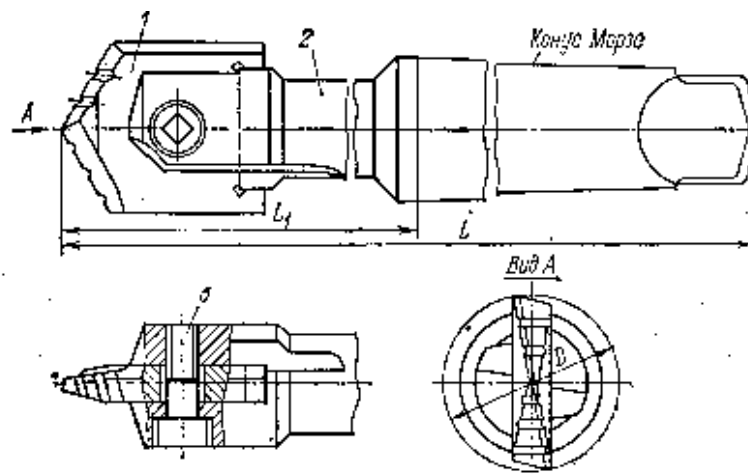


Рис. 93. Перове збірне свердло

Таблиця 48.

Основні параметри збірних перових свердел з конічним хвостовиком, мм

Діаметр пластини	$b$	$L_1$	Номер конуса Морзе
25-31	190	91	3
32-39	230	100	4
40-30	260	136	
51-63	320	164	5
60-30	350	194	
82-102	380	224	
105-130	400	182	6

Площини пластин, прилеглі до ріжучої частини, виконані похилими з кутом  $\omega$ , рівним  $11-20^\circ$  (менші значення для пластин більшого діаметру). Передні поверхні підточені по криволінійній поверхні радіусом  $r$ , тим самим створені більш сприятливі умові різання і утворення стружки.

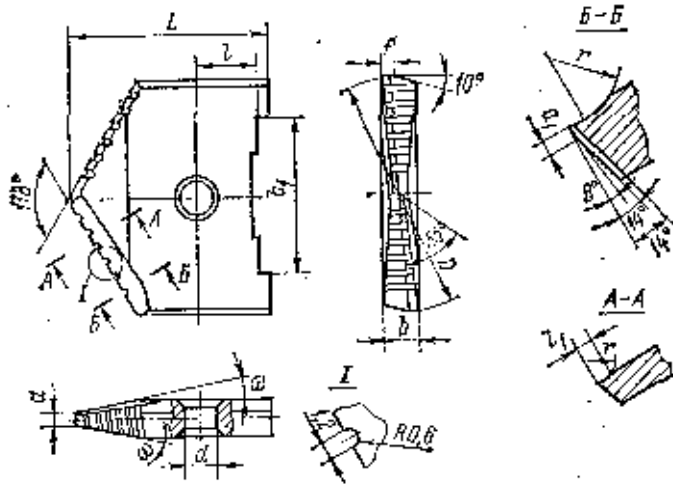


Рис. 94. Ріжуча пластина до перового свердла

Дуже важливо забезпечити утворення ламаної стружки. Для цього на ріжучих кромках також передбачені канавки шириною 1,20 мм, розташовані у шаховому порядку.

Таблиця 49.

Розміри пластин для перових свердел, мм

Діаметр пластини $D$	$b$	$b_1$	$d$	$L$	$l$	$a$	$a_1$
25-31	5	20	7	35,0	10	1,6	0,7
31-39	7	27	8	40,5	12	2,0	0,9
40-50	8	32	10	50,0	17	2,8	1,3
52-63	10	44	12	58,5	21	3,8	1,8
65-80	11	52	14	68,5	22	4,8	2,2
82-102	14	70	18	83,5	29	5,5	2,5
105-130	18	90	22	99,0	32		

До виготовлення пластин і їх переточування пред'являються наступні основні вимоги: 1) пластини повинні мати рівномірну зворотню конусність по стрічках величиною 0,03-0,12 мм на 50 мм довжини; 2) ріжучі кромки

пластин повинні бути симетричні щодо осі приєднувального паза. Допуск осьового биття ріжучих кромek, що перевіряється біля зовнішніх кутових точок, не повинен бути більший 0,06 мм; 3) радіальне биття по стрічках свердла, що допускається, в зборі щодо хвостовика – 0,12-0,16 мм для свердел підвищеної точності і 0,20-0,25 для свердел нормальної точності; 4) параметри шорсткості передніх і задніх поверхонь, а також поверхні стрічок  $R_a=0,63$  і менше.

Збірні перові свердла дозволяють обробляти отвори глибиною до  $2D$  з точністю H12-H14 і  $R_z=40$ .

Для обробки отворів в деталях із сталей марок 45 і 50 таі сірого чавуну з HB 179-229 рекомендуються наступні режими різання:

швидкість $v$ , м/хв:	
по сталі .....	10-15
по чавуну.....	15-20
подача $S$ , мм/об	
по сталі.....	0,2-0,4
по чавуну.....	0,4-0,8

Обробку рекомендується проводити із застосуванням ЗОР – 5%-ого розчину емульсолу у воді з витратою не менше 10 л/хв.

За вказаних умов обробки стійкість свердла повинна бути наступною:

Діапазон діаметрів			
Свердел $D$ , мм.....	25-30	51-50	51-130
Стійкість $T$ , хв:			
по сталі.....	40-50	55-65	80-90
по чавуну.....	80-90	100-110	115-120

## 5.7 Центрувальні комбіновані свердла

Центровочні комбіновані свердла дозволяють одночасно обробляти циліндричну і конічну частину центрових отворів.

Випускаються чотири типи центровочних комбінованих свердел згідно ГОСТу 14952-75: тип *A* (рис. 95, *a*) – для центрових отворів з кутом  $60^\circ$ ; тип *B* (рис. 97, *б*) – для центрових отворів з подвійним кутом конуса ( $60$  і  $120^\circ$ ); тип

С (рис. 95,е) – для центрових отворів з кутом  $75^\circ$ ; тип Р (рис. 95,з) – для центрових отворів з радіусною поверхнею. Основні розміри свердел, що випускаються, приведені в табл. 50.

Ріжуча частина центровочних свердел утворена двома прямими, похилими або гвинтовими канавками і складається з циліндричної та конічної ділянок.

Таблиця 50.

Основні розміри центровальних свердел, мм

Тип свердла	$d$	$D$	$D_1$	$L$	$l$
А	1,0-10,0	3,15-25,0	-	33,5-103,5	1,9-14,2
В		4,0-31,5	2,12-21,20	37,5-128,0	
С	0,8-2,5	3,15-6,30	-	21,0-47,0	1,1-3,1
Р	1,0-10,0	3,15-25,0	-	33,5-103,5	3,0-26,5

Циліндрична ріжуча ділянка має такі ж елементи, як і звичне спіральне свердло: дві ріжучі кромки, розташовані під кутом  $2\phi=118^\circ$ , і поперечну ріжучу кромку. Задні поверхні циліндричної і конічної частин мають кути відповідно  $11$  і  $6^\circ$ .

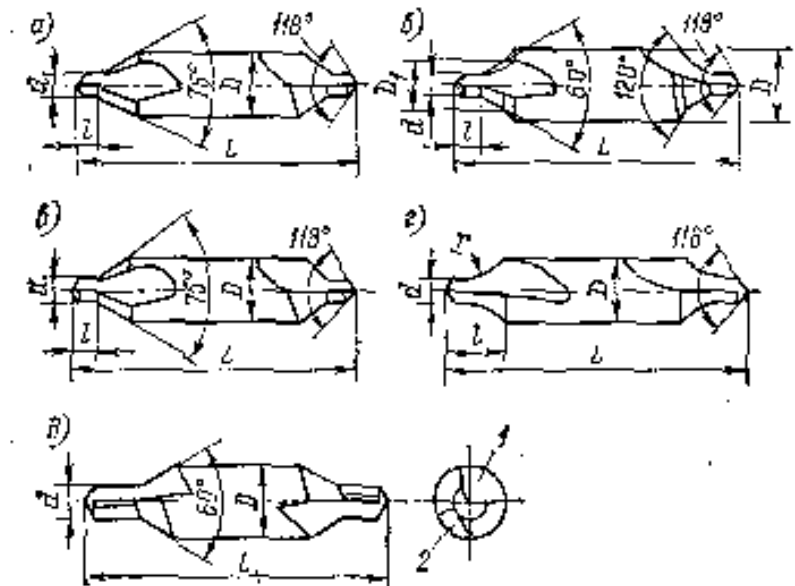


Рис. 95. Центрувальні свердла

Стрічка на циліндричній ділянці відсутня, а його спинка затилюється зі спадом, що забезпечує задній кут по циліндру, рівний  $1-2^\circ$ , і зворотної конусності, рівної  $0,05-0,1$  мм на  $25$  мм довжини. Заточування циліндричної ділянки виробляється по головних ріжучих кромках (по задніх поверхнях), конічної ділянки – по передніх поверхнях. Величина допустимого сточування циліндричної ділянки по довжині збільшується із збільшенням діаметру свердла і складає від  $0,4$  до  $1,4$  мм.

Крім свердел стандартних конструкцій застосовуються свердла вдосконалених конструкцій. На рис. 95,д, показане свердло, особливість якого є розділення потоків стружки від циліндричних і конічних ріжучих ділянок [29]. У відмінності від стандартного в новому свердлі циліндрична ділянка ріжеться кромкою 1, а конічна – кромкою 2. Відвід стружки виконується по відповідних канавках. При такій конструкції не вимагається багаторазового виводу свердла з отвору для видалення стружки. Воно може бути виготовлене із звичайного свердла, для чого необхідно занизити протилежні ріжучі кромки циліндричної і конічної ділянок, виключивши їх з різання.

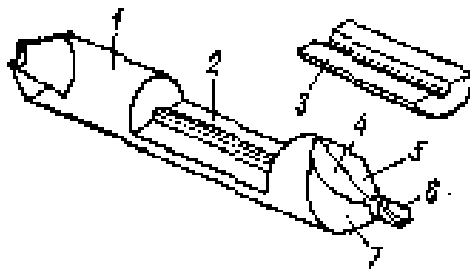


Рис. 96. Центрувальне збірне свердло

На рис. 96 показане збірне центрувальне свердло, що складається з трьох частин: зенківки 1, що має осьовий отвір і виріз свердла 2 та сухаря 3. В зенківці з двох сторін вифрезеровані канавки 4, створюючі ріжучі кромки 5, затиловані по задніх поверхнях 7. Свердло своїм циліндричним хвостовиком встановлено в отвір зенківки так, що його потовщена частина б яка знаходиться із зовнішньої сторони і служить для свердління



циліндричного отвору. Ріжуча кромка зенківки утворює конусну частину центрального отвору. Свердло і зенківка зміцнюються сухарем за допомогою гвинта або кулачка патрона і разом утворюють збірне центрове свердло. Переточка обох інструментів виконується окремо, що значно простіше, ніж переточування цільного свердла. Крім того, зенківка допускає значно більше переточок, а свердло може бути після повного зносу замінено іншим.

### 5.8 Свердла з механічним кріпленням багатогранних твердосплавних пластин

Використання багатогранних непереточуваних твердосплавних пластин для свердел – новий прогресивний напрямок у області обробки різанням. Свердла з механічним кріпленням таких пластин дозволяють обробляти отвори завглибшки до двох діаметрів в суцільному матеріалі на швидкостях, в 5-10 разів перевищуючи швидкості при роботі звичними свердлами з швидкоріжучої сталі і в 3-5 разів перевищуючих швидкість при роботі твердосплавними свердлами. Такі свердла допускають також обробку при значно великих подачах.

Конструкція свердела з механічним кріпленням тригранної пластини показана на рис. 97. Пластини 1 і 2 розташовані в корпусі 4 так, що перекривають всю глибину різання і забезпечують зразкову рівність сил різання, запобігаючи тим самим відвід свердлам.

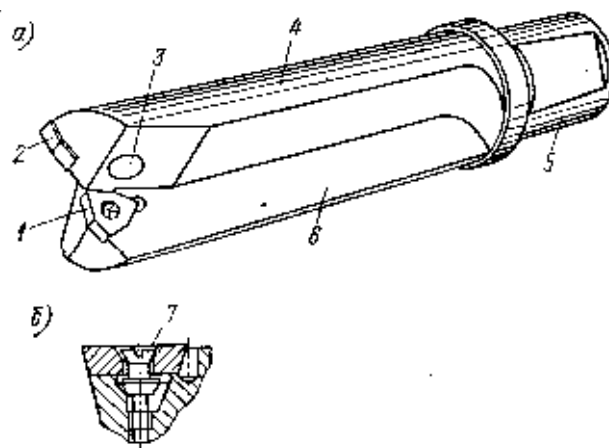


Рис. 97. Свердло з механічним кріпленням тригранної непереточуваної пластини

Закріплення пластин здійснюється спеціальним гвинтом 7, що відхиляється, з конічною головкою і шліцом на торці або звичним гвинтом (див. рис. 55). Твердосплавна пластина завжди має отвір з конічною ділянкою.

У корпусі свердла виконані дві вибірки 5 для виходу стружки і два отвори 3 для подачі ЗОР в зону різання; свердло має циліндричний хвостовик 5 з лискою під затискним гвинтом.

В даний час освоєний випуск свердел діаметром 21; 25; 30; 38; 40 і 50 мм з механічним кріпленням пластин із сплавів марки Т5К10, Т15К6 і ВК8.

Рекомендовані режими різання даними свердлами приведені в табл. 51.

Свердла з механічним кріпленням твердосплавних пластин вимагають інтенсивного охолодження емульсолом (5%) з витратою ЗОР не менше 15-20 л/хв. і тиском до 2 кгс/см<sup>2</sup>. Обробку отворів необхідно виконувати на токарних і свердлильних верстатах з потужністю головного приводу не менше 10-15 кВт.

Таблиця 51.

**Рекомендовані режими різання для свердел з механічним кріпленням багатогранних пластин**

Оброблюваний матеріал	Швидкість різання, м/хв	Подача, мм/об
Сталь:		
Вуглеродна конструкційна.....	100-180	0,06-0,25
Хромомолібденова.....	80-50	0,06-0,2
Хромоалюмінієва.....	70-130	0,06-0,2
Нержавіюща.....	65-120	0,06-0,12
Титанові сплави.....	30-20	0,06-0,12
Чавун.....	70-100	0,06-0,35

## 5.9 Неполадки, що зустрічаються в процесі експлуатації свердел

Свердло, як і інші інструменти, схильні до виникнення різних неполадок в процесі обробки, що є наслідком несприятливих умов в утворенні і відведенні стружки, недостатньої жорсткості і міцності інструменту, важкого підведення ЗОР, ручного заточування свердел і ін.

При свердленні можуть мати місце наступні неполадки: інтенсивний знос по задніх поверхнях, викришування головних і допоміжних ріжучих кромок (стрічок), поломка свердла, розбиття отвору, збільшення осьового зусилля різання, відведення свердла, притиск, налипання оброблюваного матеріалу на ріжучі елементи свердла і інше.

Інтенсивний знос по задніх поверхнях приводить до зниження стійкості свердла. Він може відбутися при недостатній величині задніх кутів, відпуску ріжучої кромки при заточуванні, неправильному призначенні режиму різання (завищених значеннях швидкості і подачі) та складу ЗОР. Для усунення цього недоліку необхідно в першу чергу перевірити відповідність режиму різання, рекомендованого для даного розміру свердла, і оброблюваного матеріалу. Якщо режим різання вибраний правильно, то слід перевірити задні кути свердла і при необхідності переточити його або замінити іншим.

Викришування головних ріжучих кромок. Причинами викришування можуть бути, дуже великий задній кут, надмірний знос свердла, пакетування стружки, робота на завищеній подачі, неякісна заточка по задніх поверхнях. Особливо небезпечне затискання свердла при виводу його із отвору через різке збільшення подачі. Усунути цю причину можна наступними способами: досвердленням отвору на ручній (зниженій) подачі; зменшенням осьового зусилля різання шляхом підгострювання перемички; підвищенням жорсткості системи верстат – пристрій – інструмент – деталь.

Викришування стрічок в основному відбувається через відведення свердла, неспівпадання осей обертання заготовки і свердла (при роботі на токарному верстаті) та ін.

Відведення свердла має місце в наступних випадках: ріжучі кромки заточені несиметрично; нерівномірний знос ріжучих кромок; Осі свердла і заготовки, що обертається, не співпадають.

Налипання частинок оброблюваного металу на стрічки свердла. Найчастіше це відбувається через пониження твердості ріжучих лез (неправильна термічна обробка або припали при шліфуванні і заточуванні), велику ширину стрічок, відсутність або недостатня величина зворотної конусності. При обробці в'язких матеріалів причиною може бути неправильно підібрана ЗОР.

Поломка свердла може відбуватися через раніше описані неполадки, якщо вони своєчасно не усунені, а також при роботі на подачах вище допустимих, особливо при свердлінні глибоких отворів, при невчасних виводах свердла з отвору для видалення стружки і при виході свердла з отвору в результаті його затискання.

До числа неполадок можна віднести також сильне розбивання отворів і низьку шорсткість обробленої поверхні. Причини цих негативних явищ – неправильне заточування свердла, надмірний знос по куточках і стрічках, налипання частинок металу на поверхні стрічок, підвищене биття лез свердла та ін.

Для усунення або скорочення до мінімуму приведених вище неполадок роботу рекомендується виконувати на устаткуванні, що має необхідний діапазон швидкостей обертання шпинделя і подач, достатню потужність електродвигуна і жорсткість. Поверхні посадочних конусів шпинделя бажано періодично перевіряти з метою виявлення і усунення неполадок та забруднень. Виключення або перемикання обертання шпинделя потрібно виконувати тільки при виведеному із отвору свердлі, інакше можливе заклинювання свердла в отворі і поломка (особливо таердосплавного

свердла). Не можна застосовувати затискні патрони, що допускають проворот або осьовий зсув свердла в процесі обробки.

Підвищити зносостійкість свердел і зменшити налипання часток металу на ріжучі елементи можна шляхом хімічно-термічної обробки свердел – рідинного ціанування, тонкошарового хромування, а також нанесенні зносостійкого покриття карбідом або нітридом титану.

## Розділ 6

## ЗЕНКЕРИ І РОЗГОРТКИ

Зенкери і розгортки – це багатолезові розмірні ріжучі інструменти, які призначені для попередньої або остаточної обробки отворів, одержаних на попередніх операціях. Загальними конструктивними елементами зенкерів і розгорток є робоча частина, приєднувальна частина, яка виконується у вигляді або конічного хвостовика, або конічного отвору, і канавки, утворюючі зуби і ріжучі леза. Відрізняються зенкери і розгортки в основному кількістю зубів, геометричними параметрами заточування, точністю зовнішнього діаметру, а також умовами експлуатації.

У промисловості знайшли широке застосування комбіновані зенкери різних конструкцій і призначення: свердла-зенкери, зенкери-розгортки, ступінчасті зенкери і розгортки та ін.

По конструкції та інструментальному матеріалу зенкери і розгортки діляться на цілісні з швидкорізальної сталі, оснащені напайними пластинами з твердого сплаву, та збірні з механічним кріпленням ножів. Останніми роками з'явилися і успішно застосовуються зенкери з механічним кріпленням твердосплавних багатогранних пластин.

Залежно від способу кріплення зенкери і розгортки розділяють на кінцеві, з конічним або циліндричним хвостовиком, та насадні.

### **6.1 Конструкція і розміри зенкерів загального призначення**

За допомогою зенкерів обробляють циліндричні отвори, одержані свердлінням, відливанням, куванням або штампуванням, з метою додання їм правильної геометричної форми, а також необхідної точності розміру і шорсткості поверхні.

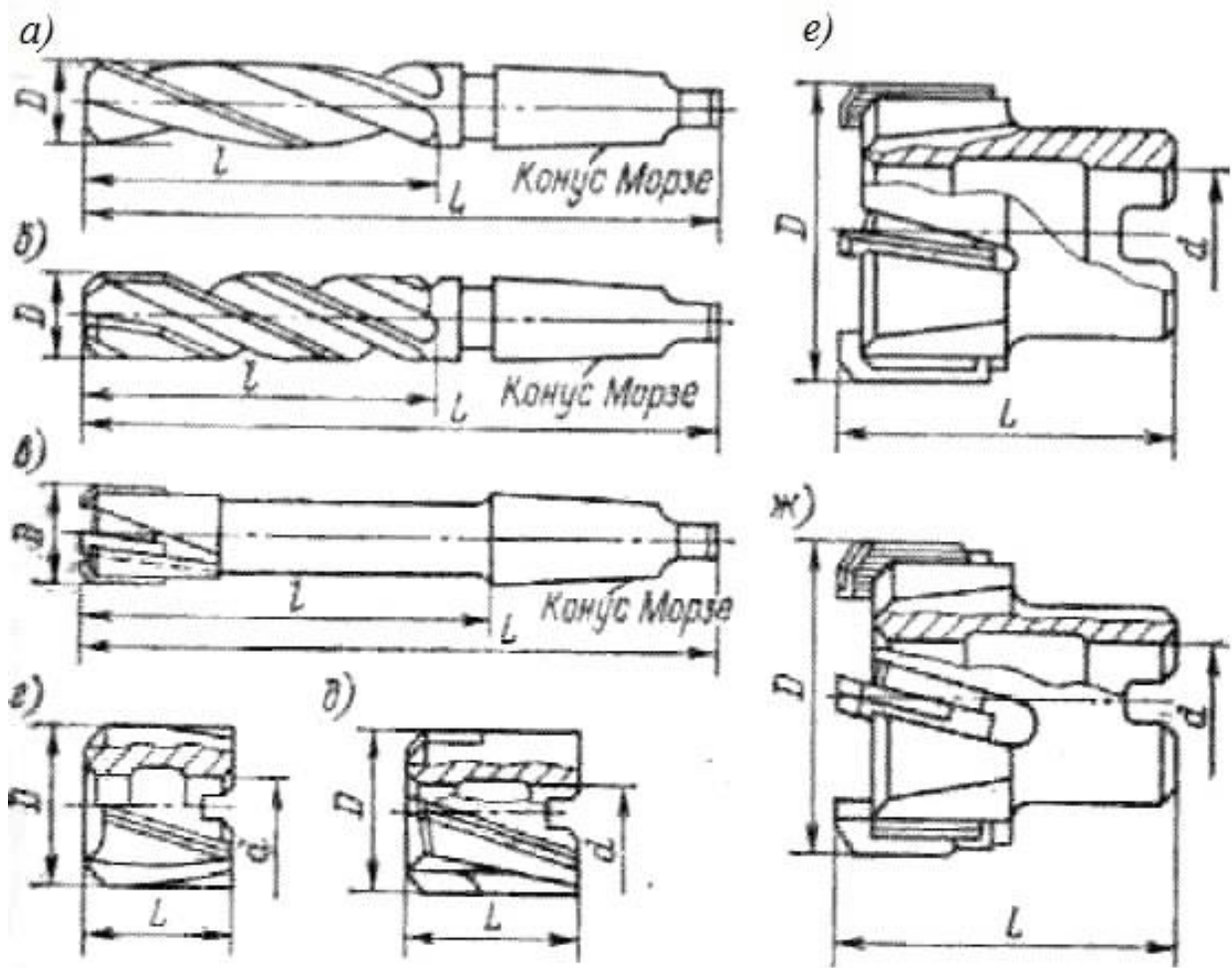


Рис. 98. Основні різновиди суцільних зенкерів

Зенкери використовують переважно для проміжної обробки між свердлінням і розгортанням, а також для остаточної обробки. Для цих випадків передбачаються зенкери з різними виконавчими розмірами, залежно від яких вони відповідно підрозділяються на зенкер № 1 і зенкер № 2 (табл. 52).

Основні типи і розміри стандартних зенкерів, що випускаються централізовано, приведені на рис. 98 і в табл. 53.

Зенкери цілісні з конічним хвостовиком виконуються тризубими, насадні – чотирізубими. Число зубів у збірних зенкерів з конічним хвостовиком діаметром від 30 до 38 мм – 3, від 40 до 50 мм – 4; У збірних насадних зенкерів діаметром від 50 до 55 мм – 4 і від 58 до 100 мм – 6.

Граничні відхилення стандартних зенкерів

Номинальний діаметр зенкерів, мм	Зенкер № 1		Зенкер № 2	
	Відхилення діаметру, мкм			
	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє
Від 10 до 18	-210	-245	+70	+35
Від 10 до 30	-245	-290	+85	+40
Від 30 до 50	-290	-340	+100	+50
Від 50 до 80	-350	-410	+120	+60
Від 80 до 100	-420	-490	+140	+70

Таблиця 53.

Основні розміри стандартних зенкерів

Найменування зенкерів	Розміри, мм			Номер конуса
	<i>D</i>	<i>l</i>		
Зенкери цілісні швидкорізальні з конічним хвостовиком (див. рис. 100, <i>a</i> )	10-13	80-100	-	1
	14-29	95-150	-	2
	29-30	120-175	-	3
	32-40	140-200	-	4
Зенкери, оснащені пластинами з твердого сплаву з конічним хвостовиком (див. рис. 100, <i>b</i> )	14-19	85-125	-	2
	20-27	100-150	-	3
	28-50	120-210	-	4
Зенкери цілісні насадні швидкорізальні і оснащені пластинами з твердого сплаву (див. рис. 100, <i>z</i> і <i>d</i> )	32-34	30/40	13	-
	35-38	34/45	16	-
	40-48	38/50	19	-
	50-55	42/55	22	-
	58-70	48/60	27	-
	72-80	82/65	32	-
Зенкери зі вставними ножами, оснащені пластинами з твердого сплаву з конічним хвостовиком (див. рис. 100, <i>e</i> )	30-50	262-308	-	4
Зенкери насадні зі вставними швидкорізальними ножами і ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву (див. рис. 100, <i>e</i> і <i>ж</i> )	50-55	60/58	22	-
	58-70	65/64	27	-
	72-80	70/69	32	-
	85-100	76/74	40	-

Базування ножів в збірних зенкерах здійснюється рифленнями (розміри рифлень – згідно ГОСТу 2568-71), виконаними на опорних поверхнях ножів і на



стінках пазів, а закріплення – клинами. Після повного зносу зенкерів по зовнішньому діаметру ножі переставляються на 1 зуб вище і знов шліфуються та заточуються до необхідного розміру.

Стандартизовані однотипні зенкери для обробки трьох груп матеріалів: конструкційних вуглецевих і легованих сталей; нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів; легких сплавів. Відрізняються ці зенкери один від одного формою і кутом нахилу канавок, а також геометрією заточування.

Робоча частина цілісних швидкорізальних зенкерів і ножів до збірних зенкерів виготовляється з швидкорізальної сталі згідно ГОСТу 19265-73.

Для твердосплавних зенкерів використовуються пластини з наступних марок твердого сплаву: ВК6, ВК8 ВК6М, ВК60М, ВКЮ0М, ВК8В, Т15К10 Т14К8, Т15К6. Вибір марки твердого сплаву для обробки деталей з різних матеріалів необхідно проводити відповідно до рекомендацій (див. табл. 10).

## 6.2 Геометричні параметри зенкерів

Робоча частина зенкерів (рис. 99) характеризується наступними основними геометричними параметрами: кутом нахилу стружкових канавок або вставних ножів  $\omega$ , переднім кутом  $\gamma$ , заднім кутом  $\alpha$ , головним кутом в плані  $\varphi$  і шириною стрічки  $f$ .

Головний кут в плані  $\varphi$  впливає на товщину  $a$  і ширину  $b$  шару, що зрізається, які становлять зусилля, і умови відведення тепла від кутових точок зубів.

Зенкери звичайно мають правий нахил канавок, що забезпечує хороше відведення стружки з оброблюваного отвору і позитивний передній кут  $\gamma$ . Прийняті наступні значення кутів:

Тип інструменту	$\omega$ , град.
Зенкери з швидкорізальної сталі:	
з конічним хвостовиком .....	20
насадні .....	15
Зенкери, оснащені пластинами з твердого сплаву:	
нахил пластини .....	10
нахил канавки .....	15
Зенкери зі вставними ножами (нахил ножів).....	10

При малих кутах  $\varphi$  зенкер працює з меншою товщиною шару  $a$ , що зрізається, але більшою шириною  $b$ , що позитивно відображається на стійкості інструменту. Проте із збільшенням  $b$  при  $\varphi < 45^\circ$  зенкер має схильність до вібрацій із-за підвищення крутного моменту. У стандартних зенкерах кут  $\varphi = 60^\circ$ .

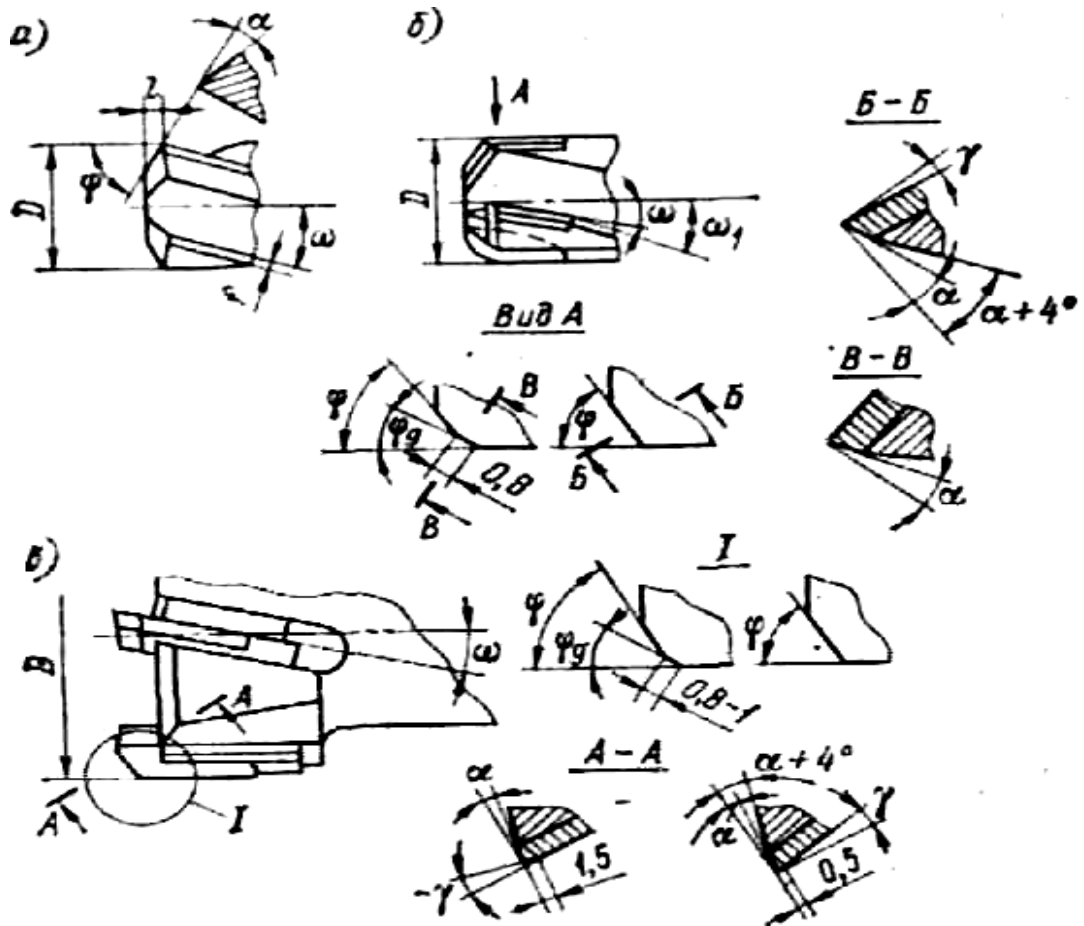


Рис. 99. Робоча частина зенкерів

З метою зміцнення вершини зуба і підвищення стійкості зенкера заточують додаткову ріжучу кромку з кутом  $\varphi_0 = 30^\circ$ .

Додаткову ріжучу кромку рекомендується заточувати на зенкерах,

оснащених титанокобальтовим твердим сплавом, а також при обробці нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів.

У зенкерів, призначених для обробки глухих отворів, ріжуча кромка розташована перпендикулярно осі зенкера (кут  $\varphi=90^\circ$ ).

Передній кут  $\gamma$  за відсутності підгострювання по передній поверхні звичайно не вказується. Він виходить за рахунок нахилу гвинтової канавки і для найбільш віддалених від осі зенкера точок ріжучої кромки може бути визначений по формулі:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi}$$

При куті  $\varphi=60^\circ$  переднього кута  $\gamma$  для прийнятих кутів  $\omega$   $10^\circ$ ,  $15^\circ$  і  $20^\circ$  матиме наступні значення:  $11^\circ 20'$ ;  $15^\circ$  і  $20^\circ$ .

У зенкерів, оснащених твердим сплавом, передній кут виходить шляхом заточування передньої поверхні паралельно головній ріжучій кромці. Для твердих сплавів титанокобальтової групи з метою зміцнення ріжучої кромки рекомендується негативний передній кут  $\gamma=-5^\circ$ , для вольфрамокобальтової групи – позитивний, і становить  $5-8^\circ$ .

Задня поверхня зенкерів плоска. Враховуючи, що зенкери працюють з достатньо великими подачами, оптимальне значення кута  $\alpha$  рівне  $6-10^\circ$  при обробці сталі та чавуну. І передній і задній кути розглядаються в перерізах, перпендикулярних до ріжучої кромки. На допоміжних ріжучих кромках задні кути такі ж, як і на головних.

Стрічка на калібруючій частині зенкерів шліфується по циліндру. Вона служить для напряму зенкера і забезпечує отримання необхідного розміру оброблюваного отвору. Ширина стрічки для інструментів з швидкорізальної сталі приймається в межах від 1,0 до 2,0 мм (великі значення мають зенкери більшого діаметру). Зенкери, оснащені твердим сплавом, виконуються з вужчою стрічкою (0,5-0,9 мм).

Цілісні зенкери з швидкорізальної сталі виконуються із зворотною конусністю, рівною 0,04-0,08 мм для зенкерів діаметром до 18 мм і 0,08-0,10 мм для зенкерів діаметром понад 18 мм. Зворотна конусність для твердосплавних зенкерів діаметром від 14 до 30 мм складає 0,05-0,08 мм, для зенкерів діаметром понад 30 мм – 0,08-0,10 мм.

### 6.3 Режими різання, знос і стійкість зенкерів

Вибір режимів різання при зенкеруванні полягає у визначенні глибини різання, подачі і швидкості різання.

Глибина різання  $t$  визначається як половина припуску по діаметру обробки. Рекомендуються наступні граничні значення припусків  $2t$  залежно від діаметру зенкерів  $D$ , мм:

$D$	$2t$
До 18.....	2,5-3,5
Від 18 до 30.....	4,0-4,5
Від 30 до 50.....	5,5-8,0
Від 50 до 80.....	7,0-10,0
Від 80 до 100.....	8,0-12,0

Подача  $S$  призначається з урахуванням вимог до шорсткості і точності обробки і залежно від міцнісних властивостей матеріалу. Рекомендуються дві групи подач (табл. 54). Подачі групи I призначаються при зенкеруванні отворів без допуску або з допуском по 12-му квалітету, а також при попередньому зенкеруванні отворів для подальшої обробки декількома інструментами. Подачі групи II мають дещо менші значення і призначаються в тих випадках, коли необхідно обробити отвір з допуском по 10-11-му квалітету під подальше тонке розточування або чистове розгортання. При зенкеруванні сталей, що мають  $\sigma_b$  більше 75 кгс/мм<sup>2</sup>, інтервали подач зменшуються; приблизно у 1,3 рази при  $\sigma_b=90-110$  кгс/мм<sup>2</sup> і в 1,5 рази при  $\sigma_b$  110 кгс/мм<sup>2</sup>. Зенкерування глухих

отворів рекомендується проводити з подачею в межах 0,2-0,6 мм/об.

Швидкість різання  $v$  призначається після визначення глибини різання і вибору подачі. Значення швидкостей різання, рекомендовані для обробки сталі та чавуну зенкерами із сталі Р18, приведені табл. 55.

Продуктивність твердосплавних зенкерів значно вища, ніж швидкорізальних. Це досягається за рахунок збільшення швидкості різання. Значення швидкостей різання залежно від глибини різання і подачі приведені табл. 56 і 57.

Таблиця 54

**Подачі, що рекомендуються для обробки наскрізних отворів в заготовках із сталі і чавуну зенкерами з швидкорізальної сталі і оснащених твердим сплавом, мм/об**

Діаметр зенкера $D$ , мм	Сталь $\sigma_b=75$ кгс/мм <sup>2</sup>		Чавун твердістю НВ			
			до 229		понад 229	
	Група подач					
	I	II	I	II	I	II
15	0,50-0,60	0,40-0,45	0,70-0,90	0,55-0,65	0,50-0,65	0,40-0,45
20	0,60-0,70	0,45-0,50	0,90-1,10	0,60-0,70	0,60-0,75	0,50-0,55
30	0,80-1,00	0,60-0,70	1,10-1,30	0,80-0,90	0,80-0,90	0,60-0,70
40	0,90-1,20	0,70-0,80	1,40-1,70	1,00-1,10	1,00-1,10	0,70-0,80
50	1,00-1,30	0,80-0,90	1,60-2,00	1,10-1,30	1,20-1,40	0,85-1,00
60	1,10-1,30	0,85-0,90	1,80-2,20	1,20-1,40	1,30-1,50	0,90-1,10
80 і більше	1,20-1,50	0,90-1,10	2,00-2,40	1,40-1,60	1,40-1,70	1,00-1,20

Таблиця 55.

Швидкість різання  $v$ , м/хв, що рекомендується для обробки сталі і чавуну залежно від діаметру зенкера  $D$ , глибини різання  $t$  і подачі  $S$

$D$ , мм	$t$ , мм	Подача $S$ , мм/об							
		0,30	0,42	0,56	0,75	1,0	1,3	1,7	2,4
Обробка сталі $\sigma_B = 75$ кгс/мм <sup>2</sup>									
15-35	0,5-1,0	29,5	25,5	22,0	19,0	16,4	14,1	12,2	10,5
	1,1-2,0	21,0	22,5	19,3	16,7	14,4	12,4	10,7	9,3
	Св. 2,0	23,5	20,5	17,3	15,0	12,4	11,1	9,6	8,3
36-80	0,5-1,0	27	23	19,9	17,2	14,8	12,8	11,0	9,5
	1,1-2,0	23,5	20,5	17,5	15,1	13,0	11,2	9,7	8,4
	Св. 2	21	18	15,6	13,4	11,6	10,0	8,6	7,5
Обробка чавуну НВ 143-229									
15-35	0,5-1,0	35,0	31,0	27,5	24,5	22,0	14,5	17,3	15,4
	1,1-2,0	33,0	29,0	21,0	23,0	20,5	18,2	16,2	14,2
36-80	1,0-2,0	31,5	28,0	25,0	22,0	19,7	17,5	15,5	13,8
	2,1-3,0	30,0	27,0	24,0	21,0	18,8	16,7	14,8	13,2

Продуктивність твердосплавних зенкерів значно вища, ніж швидкорізальних. Це досягається за рахунок збільшення швидкості різання. Значення швидкостей різання залежно від глибини різання і подачі приведені табл. 56 і 57.

Знос зенкерів відбувається по передній і задній поверхнях та по стрічці. Критерієм затуплення приймається як знос по задній поверхні 0,9-2,0 мм для швидкорізальних зенкерів і 0,4-0,6 мм для твердосплавних зенкерів. При цьому середні періоди стійкості мають такі значення:

Діаметр зенкера, $D$ мм.....	До 20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Період стійкості $T$ мм.....	30	40	50	60	80	100

Таблиця 56

**Швидкість різання  $v$  при обробці отворів в деталях з конструкційної і легованої сталі  $\sigma_B = 71-80$  кгс/мм<sup>2</sup> зенкерами, оснащеними пластинами з твердого сплаву Т15К6, з охолодженням (подача  $S = 0,38-1,2$  мм/об), м/хв**

Глибина різання $t$ , мм	Діаметр зенкера $D$ , мм					
	20	30	40	50	60	80
1,0	50-71	57-81	62-89	67-96	72-103	80-114
1,8	44-63	51-72	55-79	60-86	64-92	71-101
3,3	39-56	45-64	49-70	53-76	57-81	63-90
6,0	34-50	40-57	44-62	47-67	51-72	56-80

Таблиця 57

**Швидкість різання  $v$  при обробці отворів в чавунних заготовках  $HB = 182-200$  зенкерами, оснащеними пластинами з твердого сплаву ВК8 (діаметр зенкера 14-80 мм), м/хв**

Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об							
	0,35	0,46	0,59	0,77	1,00	1,30	1,70	2,20
0,6	175	156	138	123	109	97	86	77
1,3	156	138	123	109	97	86	77	68
2,7	138	123	109	97	86	77	68	61
6,0	123	109	97	86	77	68	61	54
13,0	109	97	86	77	68	61	54	—

#### **6.4 Зенкери для обробки деталей з нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів**

Для обробки деталей з нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів (ГОСТ 21540-76 – ГОСТ 21545-76) застосовуються твердосплавні зенкери. Ця група інструментів включає зенкери: із напайними пластинами з твердого сплаву з конічним хвостовиком діаметром 12-50 мм та насадні діаметром 32-80 мм; збірні з конічним хвостовиком діаметром 30-50 мм та насадні діаметром 50-80 мм; цілісні твердосплавні з циліндровим хвостовиком

діаметром 3-10 мм і з конічним хвостовиком діаметром 7,8-12 мм.

Особливістю даних зенкерів є те, що вони оснащуються пластинами з твердого сплаву (ВК60М, ВКЮ0М і ВК8) і мають відповідні геометричні параметри. Зменшений до  $15^\circ$  кут в плані перехідної ріжучої кромки  $\varphi'$  (позначення на рис. 99) і введений передній кут  $\gamma$  в перерізі, перпендикулярному циліндричній ріжучій кромці. Значення останнього для обробки сталі з  $\sigma_B=55-60$  кгс/мм<sup>2</sup> –  $8^\circ$ , з  $\sigma_B=100$  кгс/мм<sup>2</sup> –  $5^\circ$ .

Застосування цілісних твёрдосплавних зенкерів ефективно для обробки отворів до 12 мм (раніше такі отвори оброблялися цілісними швидкорізальними зенкерами).

Для обробки отворів в деталях з важкооброблюваних матеріалів рекомендуються наступні режими різання. Припуск під зенкерування  $2t$  менший, ніж при обробці конструкційної сталі і чавуну. Його значення залежно від діаметру зенкера  $D$ :

$D$ , мм .....	До 18	18-30	30-50	50-80
$2t$ , мм .....	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-3,5	3,5-5,0

Подачу  $S$  слід вибрати в межах 0,05-0,25 мм/об (менші значення застосовувати для жароміцних сплавів, що деформуються і ливарних, великі – для решти матеріалів).

Швидкість різання  $v$  для обробки жароміцних і нержавіючих сталей – до 20 м/хв, для обробки жароміцних сплавів – до 5 м/хв.

## 6.5 Особливості конструкції зенкерів для обробки легких сплавів

Вимоги до інструментів, призначених для обробки легких сплавів, розповсюджуються і на зенкери. Вони торкаються як форми зубів, так і геометричних параметрів ріжучої частини та враховані в стандартах на зенкери



для обробки легких сплавів (ГОСТ 21579-76 і ГОСТ 21580-76).

Особливостями конструкції даних зенкерів є збільшений до  $30^\circ$  кут нахилу стружкових канавок  $\omega$ , а отже, і передній кут, збільшена глибина канавок і форма, радіусу виконання передньої поверхні. Цим забезпечуються сприятливі умови для відведення стружки, зменшення або виключення її налипання на передню поверхню.

Задній кут також збільшений до  $15^\circ$ . З метою зменшення налипання матеріалу на стрічки ширина їх зменшена до 0,2-0,3 мм, а спинка зуба заточена з кутом  $20^\circ$ .

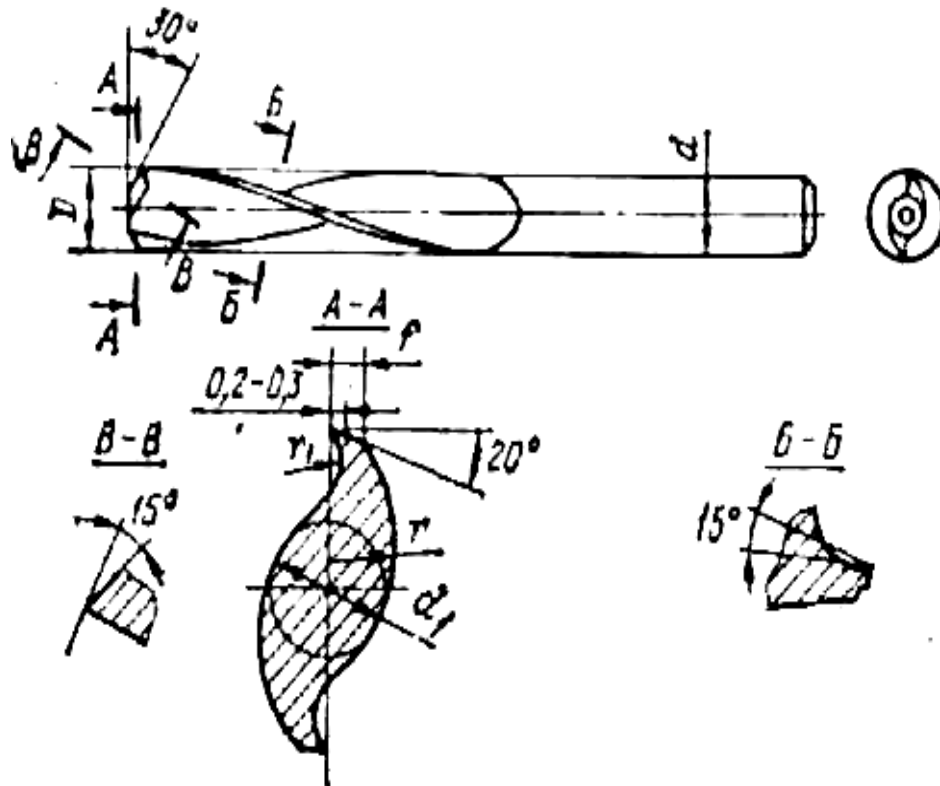


Рис.100. Двозубий зенкер для обробки легких сплавів

Для обробки отворів від 3 до 9 мм передбачені двозубі зенкери з циліндровим хвостовиком, конструкція яких показана на рис. 100.

Основні розміри цих свердел ( $D \times L \times l$ ) наступні:  $3 \times 61 \times 33$ ;  $3,5 \times 70 \times 395$ ;  $4,0 \times 75 \times 43$ ;  $4,5 \times 80 \times 47$ ;  $5,0 \times 86 \times 52$ ;  $6,0 \times 93 \times 57$ ;  $7,0 \times 109 \times 69$ ;  $8,0 \times 117 \times 75$ ;  $9,0 \times 125 \times 81$ .

Зенкери (рис. 101) для обробки опорних поверхонь під кріпильні гвинти згідно ГОСТу 15601-70 (рис. 101,а і б) виконуються із змінною цапфою, розміри якої вибираються залежно від діаметру основного отвору. Зенкування з циліндровим хвостовиком випускаються діаметром 15; 18; 20; 22 і 24 мм, зенкування з конічним хвостовиком – 15; 18; 20; 22; 24; 26; 30; 32; 33; 34; 36 і 40 мм.

Зенкери, показані на рис. 101,в і г, призначені для обробки центрових отворів та опорних поверхонь під гвинти з конічною головкою. Вони виконуються з кутом конуса 60, 90 і 120°. Діаметри  $D$  зенкерів з циліндровим хвостовиком – 8; 10; 12; 16; 20 і 25 мм, з конічним – 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 і 80 мм.

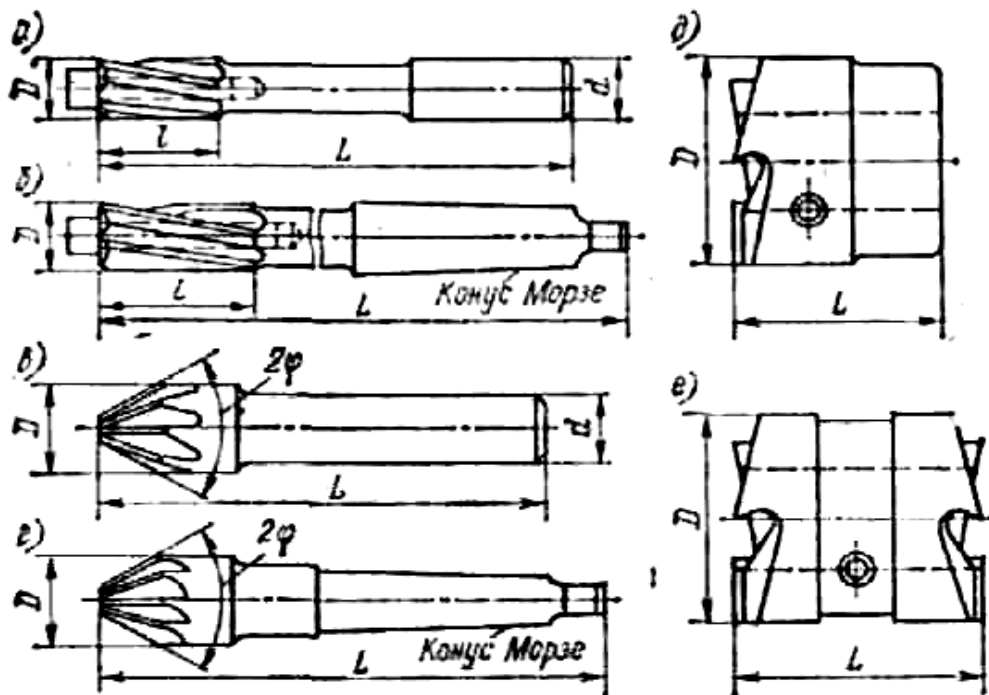


Рис. 101. Основні різновиди зенкерів

Для підрізування торців в литих корпусних деталях застосовують зворотні односторонні і двосторонні зенкери з швидкоріжучої сталі та оснащені пластинами з твердого сплаву (рис. 101,д і е). Діаметри зенкерів, що випускаються: 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100 мм.

Окрім описаних вище в промисловості застосовують і інші конструкції зенкерів, особливо в тих випадках, коли використання стандартних зенкерів неможливе.

Для притуплення гострих кромок в отворах із зовнішньої і внутрішньої сторони фірма Madison (ФРН) пропонує зенкери, показані на рис. 102. Робоча частина зенкерів двосторонньої дії (див. рис. 102,*а*) розрізає пазом 5 на дві частини, утворюючи дві пружні пелюстки, на яких виконані західна частина 1 і зуби 3 з ріжучими кромками 2 і 4. Жорсткість пелюсток можна регулювати, переміщаючи кільце 6 по циліндричній частині зенкера і закріплюючи його в певному положенні гвинтом 7, який своїм конічним кінцем заходить в паз 5 і тим самим створює точку затискання пелюсток. Чим ближче до передньої частини закріплене кільце, тим вища жорсткість пелюсток.

На рис. 102,*б*, показаний зенкер для притуплення гострих кромок тільки на внутрішньому торці отвору (зворотною подачею). Він має сферичну 8 і циліндричну 9 західні частини та ріжучі кромки 10.

Схема роботи зенкера з рис. 102,*а*, показана на рис. 103. У позиції I проводиться притуплення гострих кромок на зовнішньому торці отвору. При подальшому переміщенні зенкера (позиція II) її пелюстки стискаються і вільно проходять в отворі. Зворотним ходом (позиція III) проводиться зняття грата на внутрішньому торці отвору. Продовжуючи зворотний рух, пелюстки, як і у позиції II, стиснуться, а зенкер вийде з отвору.

Швидкість обертання зенкера така ж, як і при свердлінні, подача вибирається в межах від 0,2 до 0,5 мм/об. Більше значення подачі відповідає більшому діаметру зенкера.

Для обробки фаски на зовнішньому торці і притуплення гострої кромки на внутрішньому торці пропонується зенкер, представлений на рис. 104. Ріжучі кромки 2 притупляють гострі кромки, а ріжучі кромки 3 проводять обробку фаски. Західна частина 1 має сферичну форму.

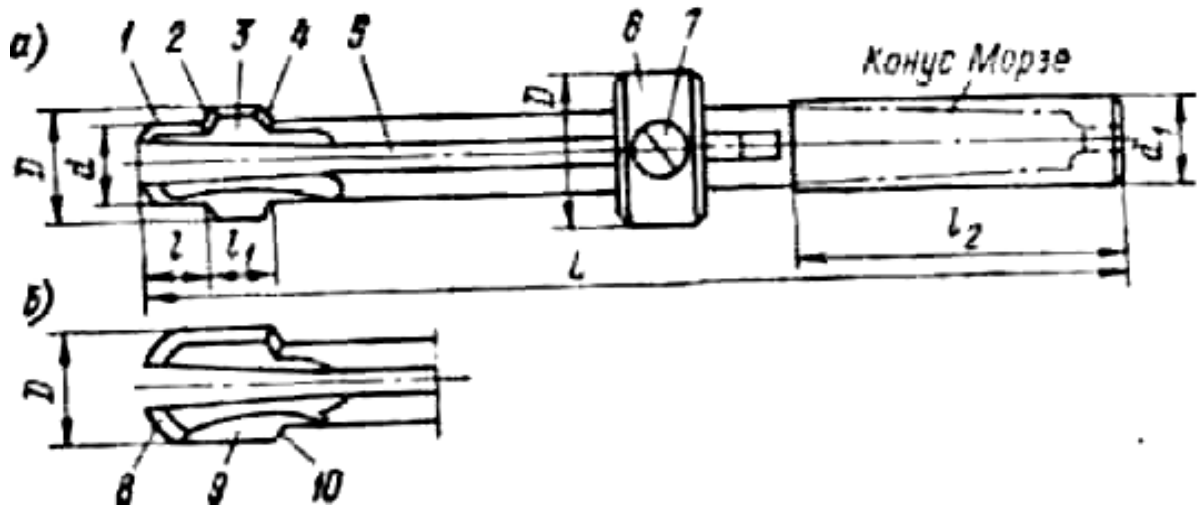


Рис. 102. Зенкери для притуплення гострої кромки в отворах фірми Madison

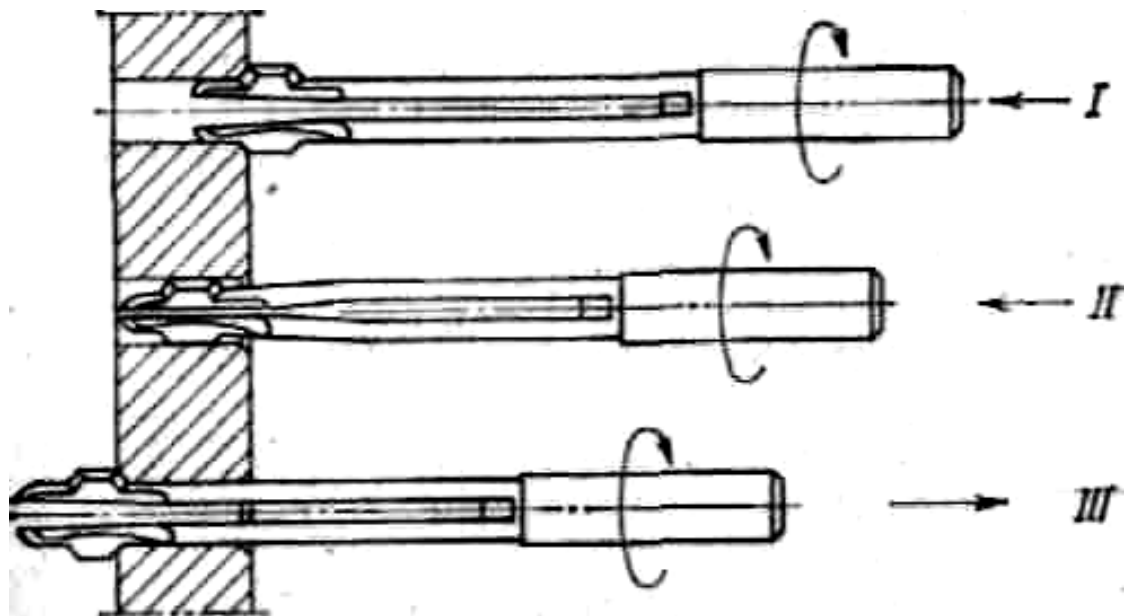


Рис. 103. Схема роботи зенкера

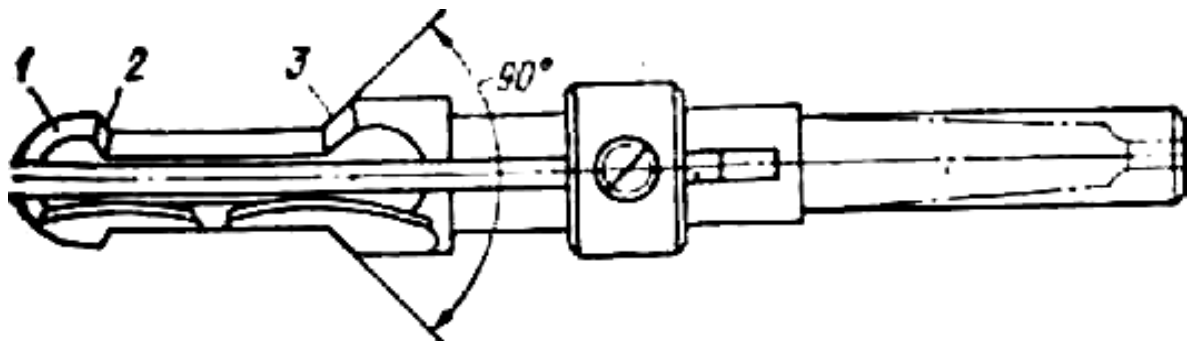


Рис. 104. Зенкер для притуплення гострої кромки з внутрішньої сторони отвору

Ріжучі частини зенкерів виконуються з швидкоріжучої сталі у вигляді приварених пластин, пелюстки і хвостовик – з пружинної сталі. Схема заточування зенкерів показана на рис. 105.

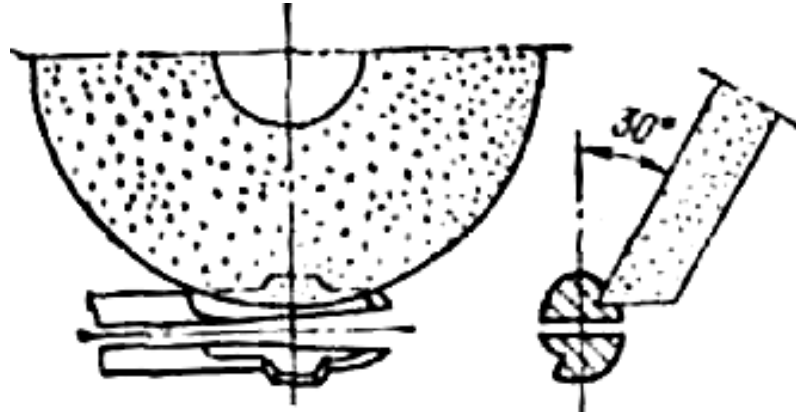


Рис. 105. Схема заточування зенкерів для притуплення гострої кромки

У табл. 58 приведені основні розміри зенкерів (по рис. 102) діаметром від 6 до 30 мм, що випускаються фірмою Madison.

Таблиця 58

**Основні розміри зенкерів для притуплення гострих кромок в отворах, мм**

Номинальний діаметр зенкера $d$	Діаметр отвору	$D$	$d_1$	$L$	$l$	$l_1$	$l_2$
6,0	6,0-6,4	8,5	6,0	110	5	5	
7,0	7,0-7,4	9,5	7,0				
8,0	8,0-8,4	10,5	8,0			6,5	
9,0	9,0-9,4	12,0	9,0	150	6,5	8	40
10,0	10,0-10,4	13,0	10,0				
11,0	11,0-11,4	15,0	11,0				
12,0	12,0-12,9	16,0	12	200	7	10	60
14,0	14,0-14,9	18,0					
15,0	15,0-15,9	20,0					
16,0	16,0-16,9	21,0					
17,0	17,0-17,9	22	Конус Морзе № 2	250	8	12	—
18,0	18,0-18,9	24					
20,0	20,0-20,9	26					
22,0	22,0-22,9	28					
24,0	24,0-24,9	30					

На рис. 106 показана конструкція зенкера з різцевою вставкою, що відкидається, для підрізування торців зворотною подачею, яку доцільно застосовувати в тих випадках, коли технічно неможливе або важке використання зворотних зенкерів згідно МН729-60.

В оправі 1 є вибірка 2 і виконані співвісний різбовий отвір для гвинта-центру 5 та центровий отвір 7, між якими встановлена рухомо ріжуча вставка 8 з припаяною твердосплавною пластиною 9. З боку лівого торця вставка зв'язана своїм центровим отвором 6 з конусом гвинта-центру, з боку правого торця – своїм зовнішнім конусом з центровим отвором деталі. Натягнення між зв'язаними поверхнями регулюється гвинтом 7 так, щоб вставка легко поверталася під дією власної ваги. Після регулювання гвинт стопориться за допомогою сухаря 4 і гвинта 3.

Профіль і розміри перерізу вибірки 2 в деталі вибрані такими, що при повороті вставки вліво вона, зайнявши положення 10, не виступає за габарити перерізу оправы. У такому положенні оправа, встановлена в піноль верстата, вводиться в отвір деталі до тих пір, поки вставка не вийде за зворотний торець отвору. Після цього включають праве обертання пінолі, і вставка під дією власної ваги і сил інерції повертається вправо, поки не впреться в площину 11. Потім включають зворотну подачу шпинделя і проводять обробку. При включенні ж лівого обертання пінолі вставка займає положення 10 і не заважає виводу оправы з отвору.

В процесі обробки зенкер центрується по отвору в деталі, тому діаметр  $d$  циліндричної частини деталі повинен мати невеликий зазор по відношенню до діаметра отвору.

Переточування ріжучої вставки по задніх поверхнях на торці і по периферії проводять окремо від деталі на заточному верстаті.

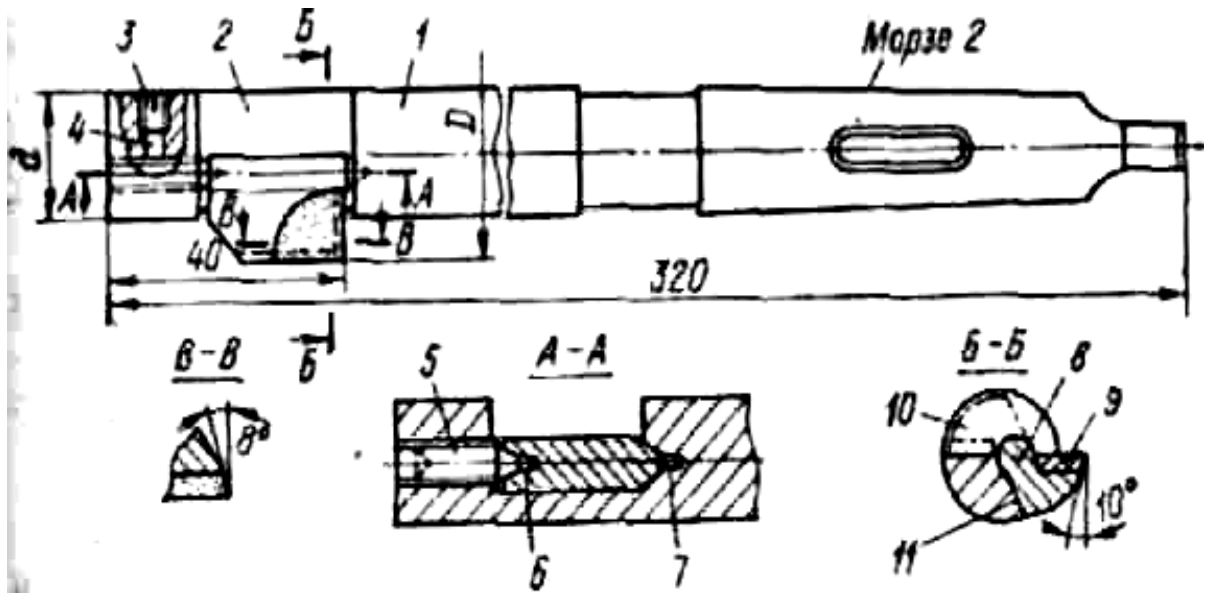


Рис. 106 Конструкція зенкера з різцевою вставкою

## 6.6 Конструкція і розміри розгорток

Розгортка – це інструмент, за допомогою якого можна обробляти точні циліндричні або конічні отвори з високим ступенем шорсткості на верстатах токарної, свердлильної і розточувальної груп або вручну. Нерідко розгортка є єдиним інструментом для обробки вказаних отворів.

Циліндричні розгортки. Циліндричні розгортки дозволяють обробляти отвори 6-11-го квалітетів точності з параметром шорсткості  $R_a=0,8-1,6$  мкм. Застосовуються розгортки після попередньої обробки отворів зенкером, розточувальним різцем або свердлом.

Випускаються розгортки чистові для обробки отворів з допусками по К7, Н7, Н8 і Н9 (у централізованому порядку) і по К6 Js6, Н6 G6, P7 N7, M7 Js7, G7, F8, F9, E9 D9, Н10 і Н11 (на вимогу споживача) та розгортки з припуском під доведення номерів 1-6, які можна перешліфувати під необхідну посадку і точність отвору. Крім того, використовуються чорнові розгортки для обробки отворів під подальше чистове розгортання.

Дуже важливим параметром циліндричних розгорток є їх виконавчий

діаметр, який згідно ГОСТу 7722-70 задається у вигляді граничних відхилень від номінального розміру (табл. 59).

Стандартизовані і випускаються централізовано розгортки загального призначення, а також розгортки для обробки деталей з нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів і розгортки для обробки легких сплавів.

Таблиця 59.

Допуски на діаметр чорнових розгортки					
Номінальний діаметр, мм	Відхилення, мкм		Номінальний діаметр, мм	Відхилення, мкм	
	верхнє	нижнє		верхнє	нижнє
Від 1 до 3	-25	-34	От 18 до 30	-60	-74
Від 3 до 6	-30	-40	От 30 до 50	-70	-87
Від 6 до 10	-40	-50	От 50 до 80	-80	-105
Від 10 до 18	-50	-62	От 80 до -100	-90	-120

Основні різновиди і типи розгортки з швидкорізальної сталі, які оснащені твердосплавними пластинами показані на рис. 107.

Ручні розгортки виготовляють з інструментальної сталі 9ХС. Стандартом передбачені два виконання ручних розгортки: виконання 1 – розгортки з прямими канавками діаметром від 1 до 40 мм, виконання 2 – розгортки з гвинтовими канавками діаметром від 6 до 40 мм. Особливістю розгортки є довга робоча частина, що забезпечує їх хороший напрям і центрування в процесі обробки.

Машинні розгортки з швидкорізальної сталі випускаються цілісними з циліндричним хвостовиком діаметром 2-16 мм, з конічним хвостовиком діаметром 5,5-50 мм і насадними діаметром 25-50 мм. Основні розміри даних розгортки (позначених на рис. 109), що випускаються централізовано, наступні.

Розгортки машинні цілісні з циліндричним хвостовиком згідно ГОСТу 1672-80 ( $D \times l \times l_1 \times L$ ), мм: 3,0×10×22×60; 3,2×10×22×60; 3,5×18×31×70;



4,0×19×32×75; 4,5×21×83×80; 5,0×23×34×86; 5,5×26×86×93; 6,0×26×36×93;  
7,0×31×40×109; 8,0×83×42×П7; 9,0×34×44×125.

Розгортки машинні цілісні з конічним хвостовиком згідно ГОСТу 1672-80 ( $D \times l \times L$ ), мм: 10×38×168; 10×16×140; 11×41×175; 11×16×140; 12×44×182; 12×18×150; 13×44×182; 13×18×150; 14×47×189; 14×18×160; 15×50×204; 15×18×160; 16×52×210; 16×18×160; 18×56×214; 18×20×180; 20×60×228; 20×20×190; 22×64×287; 22×20×260; 24×68×269; 24×20×200; 25×60×268; 25×22×220; 28×71×277; 28×22×240; 30×73×284; 30×25×240; 32×77×317; 32×25×240. Розгортки діаметром 10-15 мм мають хвостовик з конусом Морзе 1, 16-22 мм – з конусом Морзе 2 і 24-32 мм – з конусом Морзе 3.

Розгортки машинні цілісні насадні згідно ГОСТу 1672-80 ( $D \times d \times L$ ), мм: (32, 34, 35) ×16×50; (36, 37, 38, 40, 42) ×19×56; (44, 45, 46, 47, 48, 50) ×22×63.

Розгортки зі вставними ножами з швидкорізальної сталі згідно ГОСТу 883-80 діаметром 32-50 мм виконуються з конічним хвостовиком, а діаметром 40-100 мм – насадними. Ці розгортки економічніші, ніж цілісні, оскільки ріжуча їх частина виконана з тонких, механічно закріплених ножів і можлива перестановка ножів в радіальному напрямі, що збільшує термін служби розгортки. Централізовано випускаються збірні розгортки наступних розмірів.

Розгортки зі вставними ножами з конічним хвостовиком ( $D \times l \times L$ ), мм: 32×38×(292, 317); 34×38×(296, 32); 35×38×(296, 321); (36, 37)×42×325; (38, 40)×329×42; (42, 45) ×42×386; (47, 48, 50) ×45×344. Розгортки мають хвостовик з конусом Морзе 4.

Розгортки насадні зі вставними ножами з швидкоріжучої сталі ( $D \times d \times L$ ), мм: (52, 55)×19×71; (58, 60, 62, 63, 65)×22×71; (68, 70, 72, 75)×27×80; (77, 80)×32×80; (85, 90, 95)×40×90.

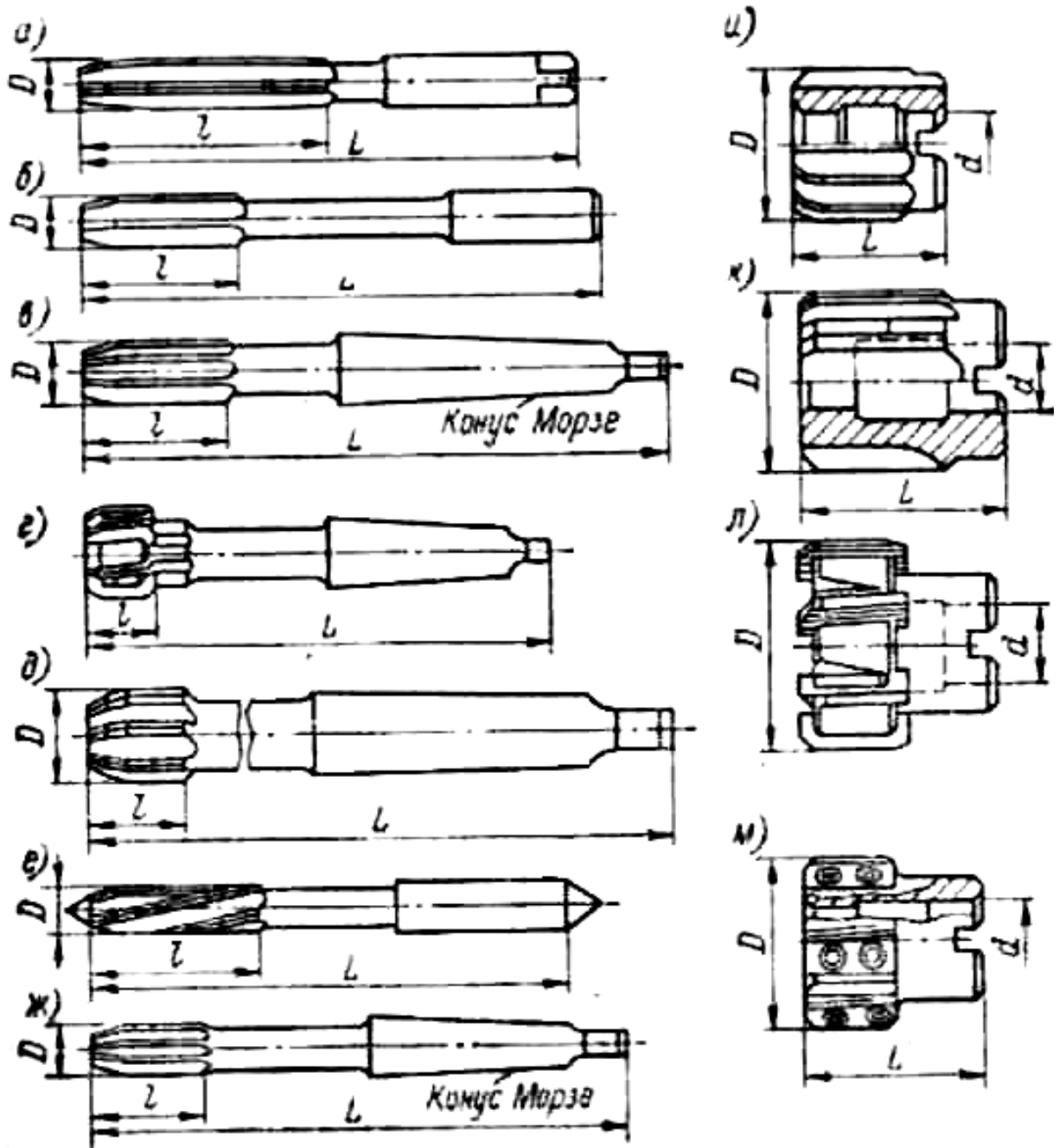


Рис. 107. Основні різновиди розгорток

Машинні розгортки, оснащені пластинами з твердого сплаву, діаметром від 10 до 82 мм згідно ГОСТу 11175-80 виготовляються з конічним хвостовиком, діаметром 32-55 мм – насадними, а діаметром 52-300 згідно ГОСТу 11176-71 – насадними з прикрученими ножами.

Основні розміри твердосплавних розгорток такі ж, як і відповідних

розгорток з швидкорізальної сталі.

Випускаються також цілісні твердосплавні розгортки діаметром від 6 до 12 мм згідно ГОСТу 16080-70 і ГОСТу 16087-70. Основне призначення цих розгорток – обробка отворів в деталях із загартованих сталей, жароміцних і нержавіючих сталей та сплавів. Вони виготовляються з твердого сплаву марок ВК6, ВК8, ВК6М і ВК10М. Цілісні твердосплавні розгортки з циліндричним хвостовиком виготовляють діаметром від 3 до 10 мм, з довжиною робочої частини  $l=12-20$  мм і загальною довжиною  $L=60-100$  мм.

### 6.7 Форма і геометричні параметри ріжучої частини розгорток

Робоча частина розгорток характеризується формою і довжиною ріжучої частини  $l_1$ , кутом в плані  $\varphi$ , переднім кутом

$\gamma$  і заднім кутом  $\alpha$ , головними кутами, шириною стрічки на калібруючій частині  $f$ , числом зубів, кутом їх нахилу до осі  $\omega$  і взаємним розташуванням.

Відомі декілька форм заточування ріжучої частини, які застосовуються залежно від характеру і точності оброблюваного отвору матеріалу деталі. Найбільш поширена і універсальна форма має кут в плані  $\varphi=45^\circ$  (рис. 108,а). Таку форму заточування застосовують при обробці наскрізних і глухих отворів 8-9-го квалітетів в деталях з в'язких і крихких матеріалів. Форму заточування з кутом  $\varphi<45^\circ$ , показану на рис. 108,б, застосовують для обробки наскрізних отворів 7-9-го квалітетів точності і підвищеного ступеня шорсткості. Завдяки меншому осьовому зусиллю така форма заточування використовується на ручних розгортках. Кут  $\varphi$  приймається залежно від оброблюваного матеріалу. Для обробки в'язких матеріалів рекомендується  $\varphi=15^\circ$ , крихких –  $\varphi=5^\circ$ . На ручних розгортках  $\varphi=1-2^\circ$ .

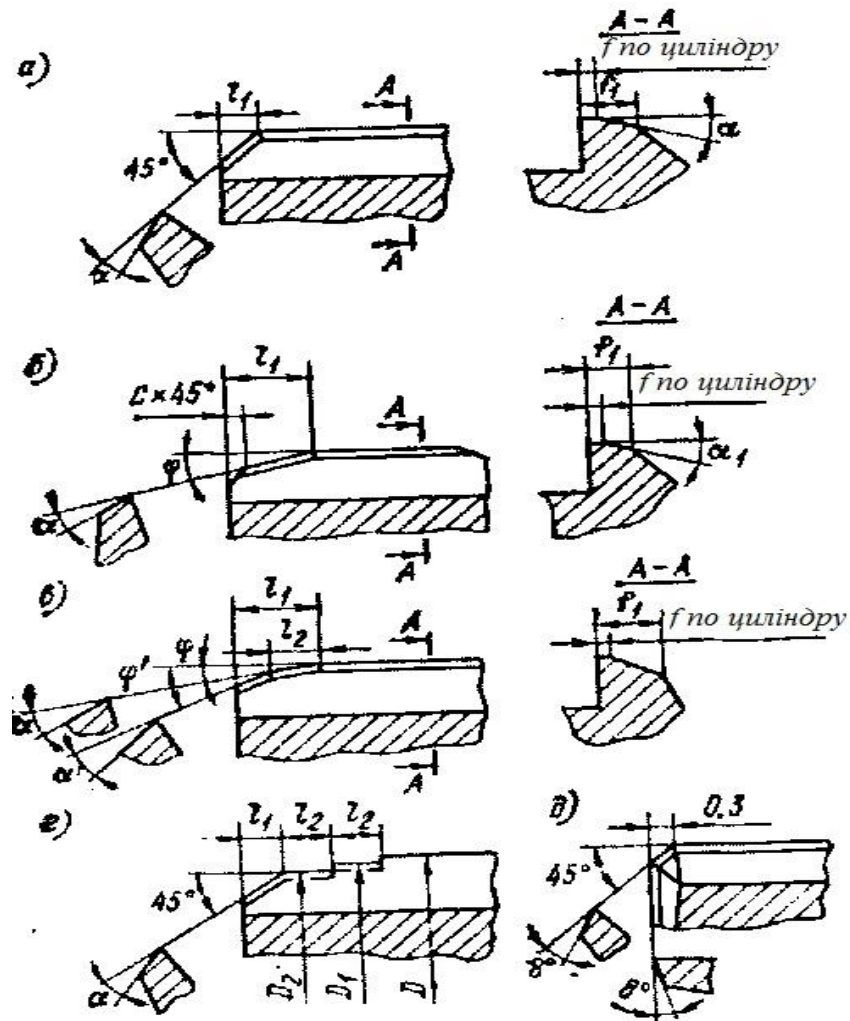


Рис. 108. Геометричні параметри розгортки

Нижче приведені значення параметрів ріжучої частини швидкорізальних і твердосплавних розгортки:

## Швидкорізальні розгортки

Діаметр $D$ , мм .....	3-6	6-9	9-28	28-50
Довжина огорожної частини $l$ , мм:				
$\varphi = 5^\circ$ .....	2,0	2,0	4,5	6,5
$\varphi = 15^\circ$ .....	1,0	1,0	2,5	3,5
Довжина фаски, мм.....	1,0	1,0	1,0-1,5	2,0
Ширина стрічки, мм.....	0,1	0,15	0,2-0,3	0,3-0,35
Задні кути, град:				
$\alpha$ .....	10		8	
$\alpha$ .....	15		10	

Твердосплавні розгортки			
Діаметр $D$ , мм .....	10-15	16-30	32-50
Довжина огорожної частини, мм:			
$\varphi=15^\circ$ .....	2,5	2,5	3,5
$\varphi=5^\circ$ .....	4,5	4,5	6,5
Довжина фаски $Z$ , мм .....	1	2	
Ширина стрічки $l$ , мм.....	0,15-0,25	0,2-0,4	
Задні кути, град:			
$\alpha$ .....	15	10	
$\alpha_1$ .....	25	20	

Форма ріжучої частини, показана на рис. 108,в, застосовується для обробки отворів 6-9-го квалітетів точності і вище та рекомендована як основна для твердосплавних розгорток при обробці важкооброблюваних матеріалів. Особливість її полягає в тому, що перехідна ріжуча кромка завдовжки  $l_2$  виконується з кутами  $\varphi=1-3^\circ$  і, отже, знімає тонкий шар металу, а основний припуск знімає ріжуча кромка з великим кутом ( $\varphi' > \varphi$ ). Довжина перехідної ріжучої кромки  $l_2$  приймається в межах 1-1,5 мм.

При обробці в'язких сталей і легких сплавів застосовують розгортки з кільцевим заточуванням (рис. 108,з). Діаметри ступенів приймаються рівними  $D_1 = D - 0,2$  мм  $D_2 = D - (0,4-0,5)$  мм.

У тому випадку, коли необхідно обробляти глухий отвір, застосовують розгортки із заточуванням торцевих ріжучих кромок (рис. 108,д).

## 6.8 Конічні розгортки

Конічні розгортки призначені для попередньої і остаточної обробки конічних отворів з конусністю 1:50, 1:30, 1:20, 1:16 і конусами Морзе. Основні типи конічних розгорток показані на рис. 109.

Особливість конічних розгорток – відсутність калібруючої частини. Головними ріжучими кромками є конуси по всій довжині зубів. Вони заточуються по передній і задній гранях. Вздовж ріжучих кромок по конусу залишається вузька стрічка шириною не більше 0,05 мм. Така стрічка дозволяє

точно витримувати конусну поверхню і підвищує ступінь шорсткості обробленої поверхні. Звичайно передній кут  $\gamma=5^\circ$ , задній  $\alpha=10^\circ$ .

Розгортки для отворів під конічні штифти з конусністю 1:50 виготовляються тільки чистовими, інші – чорновими і чистовими. На ріжучих кромках чорнових розгортки з метою розділення стружки нанесені канавки у вигляді прямокутної різьби.

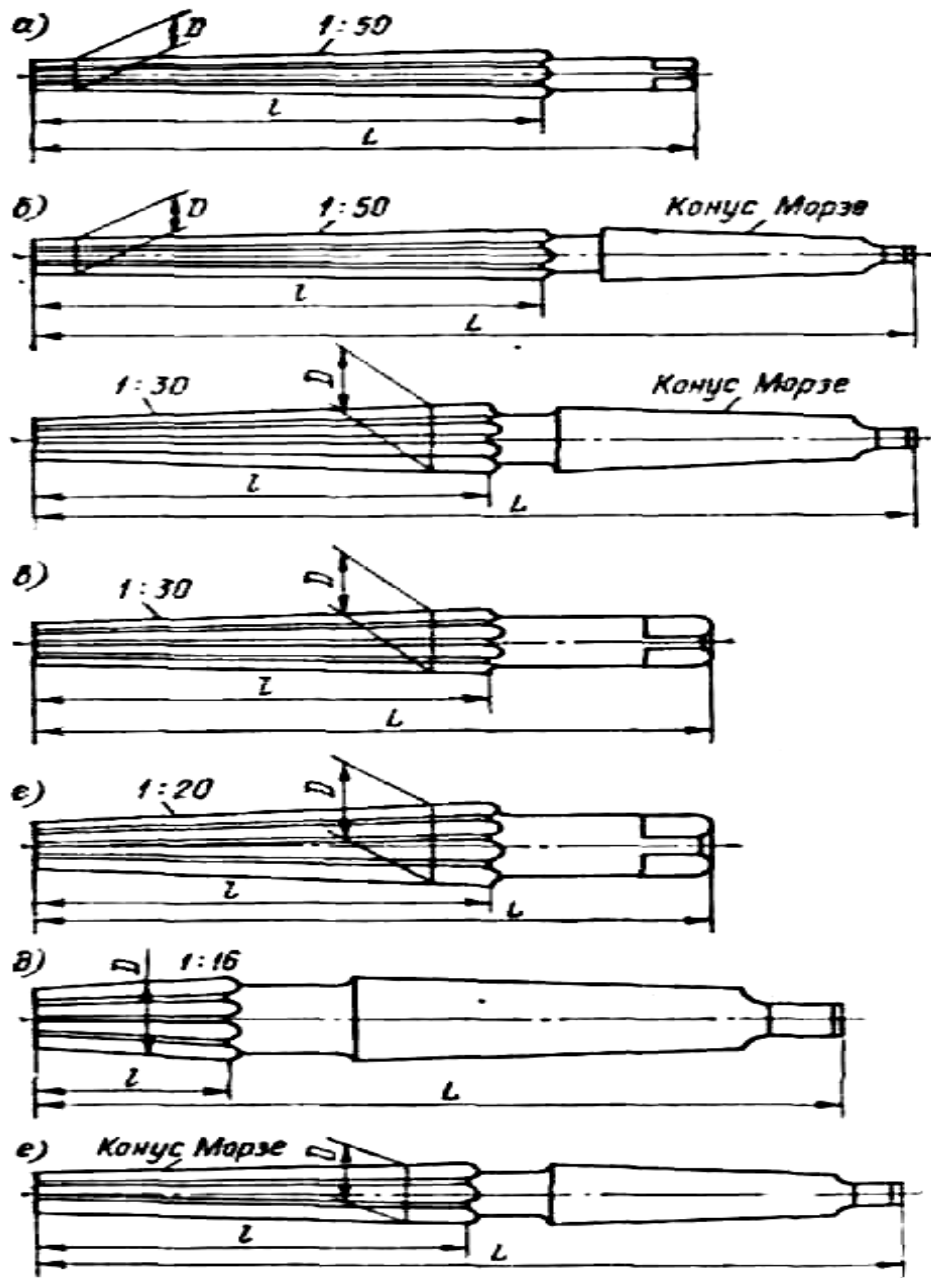


Рис. 109. Конічні розгортки

## 6.9 Режими різання, знос і стійкість розгортки

Параметрами режиму різання при розгортанні є припуск на діаметр, швидкість різання і подача. Вони призначаються залежно від точності і шорсткості оброблюваного отвору і матеріалу деталі.

Рекомендації по виборі режимів різання для циліндричних розгортки приведені табл. 60 і 61.

Таблиця 60.

**Режими різання, рекомендовані для обробки сталі і чавуну розгортками з швидкорізальної сталі**

Діаметр розгортки $D$ , мм		Квалітет точності отворів			
		6, 7, 8		9, 10 і 11	
		$v$ , м/хв	$2t$ , мм	$v$ , м/хв	$2t$ , мм
До 3	0,20-0,25	2-3	0,05-0,07	9-10	0,08
3,2-10	0,25-0,30		0,06-0,08	8-9	0,10
11-20	0,45-0,75		0,07-0,08	6-8	0,15
21-30	0,75-1,00		0,07-0,10	4-6	0,20
32-50	0,75-1,00		0,08-0,12		0,25
52-80	1,10-1,80		0,10-0,15		0,30
85-100	1,80-2,10				

При розгортанні конічних отворів застосовуються наступні режими різання: швидкість різання  $v=4-6$  м/хв для обробки сталі  $v=5-8$  м/хв для обробки чавуну; подача вибирається залежно від характеру обробки і діаметру розгортки.

Для попередньої обробки отворів діаметром від 10 до 30 мм в деталях із сталі  $S=0,1-0,4$  мм/об, з чавуну  $S=0,15-0,35$  мм/об; для остаточної обробки відповідно  $S=0,08-0,18$  мм/об і  $S=0,10-0,25$  мм/об.

Знос розгортки приводить до погіршення шорсткості та втрати точності оброблюваного отвору.

Орієнтовна величина допустимого зносу при задній поверхні для швидкоріжучих розгортки складає 0,5-0,6 мм. Для розгортки, оснащених твердим сплавом, критерію зносу приймається як знос стрічки, рівний 0,5-0,8 мм.

При обробці важкооброблюваних матеріалів допустимий знос слід приймати в межах 0,2-0,3 мм. Особливо уважно необхідно стежити за зносом цілісних твердосплавних розгортки. Він не повинен бути більший 0,1-0,25 мм.

Таблиця 61.

**Режими різання, що рекомендуються для обробки отворів розгортками, оснащеними твердим сплавом**

Діаметр розгортки $D$ , мм	$v$ , м/хв		$S$ , мм/об	$2t$ , мм
	Сталь	Чавун		
10-20	10-12	12-15	0,8-1,2	0,1
21-40			1,0-1,3	
42-60	8-10	10-12	1,0-1,5	0,15
62-100			1,5-2,0	
Св. 100	6-8	8-10		0,20

Стійкість розгортки при роботі на рекомендованих режимах різання залежно від діаметру розгортки в середньому повинна мати наступні значення:

Діаметр розгортки, мм	10-20	20-60	60-100
Стійкість при обробці, хв:			
сталі.....	30-40	60-80	80-100
чавуну.....	50-60	100-120	120-140

Розгортання необхідно проводити із застосуванням ЗОР. Як ЗОР рекомендуються: 10%-вий розчин емульсолу типу Укринол-1, а також масляних рідин ОСМ-3, МР-1 і ін.

В тому випадку, якщо на верстаті відсутнє підведення ЗОР (координатно-розточувальні верстати), її необхідно наносити пензликом. Звичайно для цієї мети застосовують олеїнову кислоту, сульфифренол, гас, тощо. Застосування ЗОР покращує шорсткість поверхні обробки і підвищує стійкість розгортки.



## 6.10 Регульовані розгортки

Серйозним недоліком цілісних розгорток з швидкорізальної сталі, оснащених пластинами з твердого сплаву є їх порівняно низький термін служби, що пов'язано із зменшенням діаметру розгортки в результаті зносу стрічки. У промисловості застосовуються розгортки, в яких можна регулювати діаметр і тим самим подовжувати термін їх служби, а також точніше настроювати на необхідний розмір оброблюваного отвору.

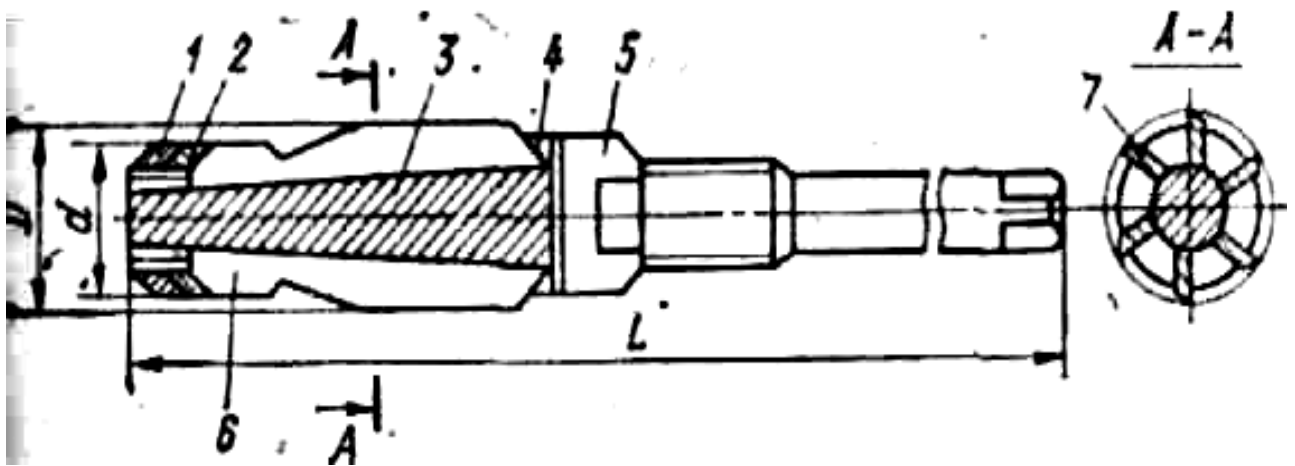


Рис. 110. Розгортка з ножами, що зміщуються

У конструкції ручної розгортки, показаної на рис. 110, регулювання розміру проводиться шляхом осевого переміщення ріжучих ножів 7 по дну пазів корпусу 3, виконаних з нахилом 1:25. Опорна поверхня ножів має той же нахил.

Переміщення ножів здійснюється двома гайками 1 і 5 та шайбами 2 і 4, які своїми конусними поверхнями замикають ножі, притискаючи їх до дна пазів. Для збільшення розміру гайку 5 відгвинчують, а гайку 1 загвинчують, тобто переміщують ножі вправо, а для зменшення розміру операції проводять в зворотному порядку. Величина регулювання ножів по діаметру складає від 3 до 4,5 мм залежно від номінального діаметру розгортки.

Ножі в передній частині мають направляючу ділянку 6, створюючи

циліндричну поверхню, діаметр якої менший діаметру розгортки на величину припуску на обробку, що запобігає можливості розгортання отвору з припуском більшим за рекомендований, оскільки в такий отвір розгортку просто не завести. Розгортки виготовляють з переднім кутом  $\gamma=0^\circ$ .

Випускаються розгортки наступних діаметрів (за рахунок регулювання), мм: 15,25-17,25; 17,25-19,00; 19,00-21,00; 21,00-23,00, 23,00-26,00; 26,00-29,50; 29,50-33,50; 33,50-38,00. Довжина розгорток від 170 до 310 мм.

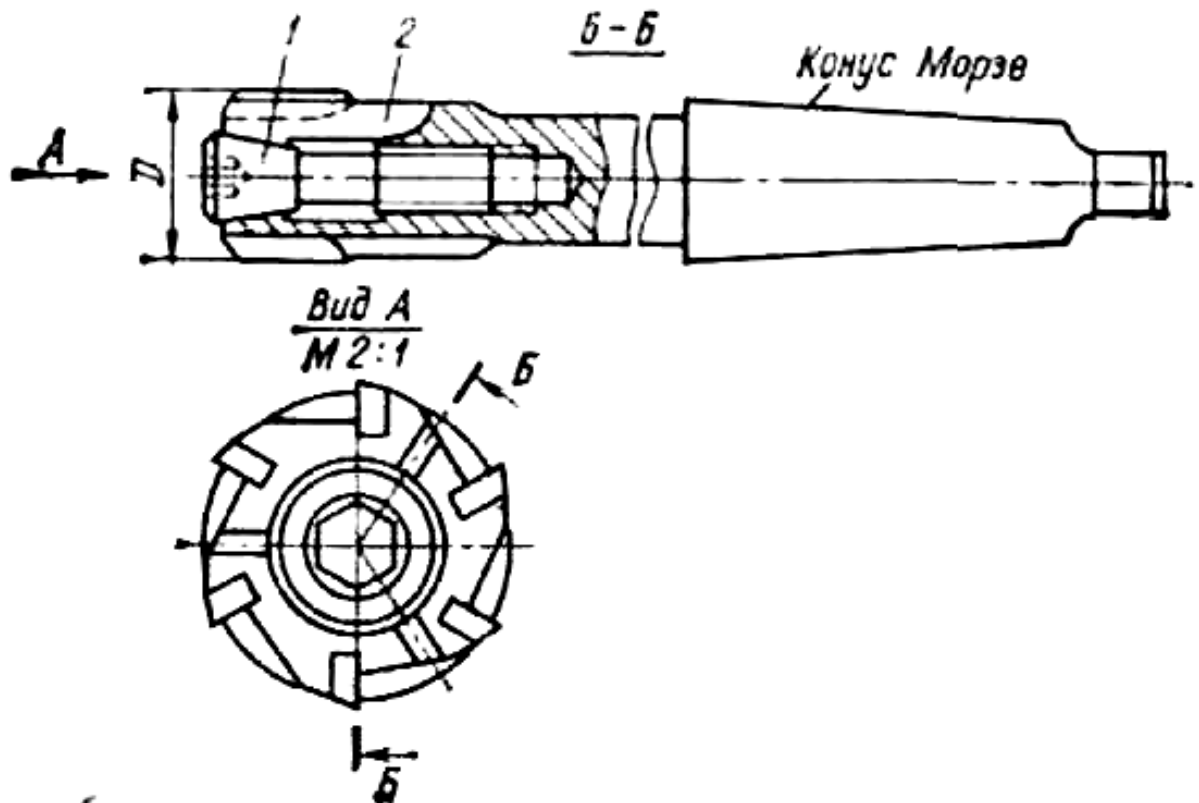


Рис. 111. Цілісна регульована розгортка

Машинні регульовані розгортки виконуються з розрізаною робочою частиною і з цілісною.

Конструкції розгорток з розрізаною пружною робочою частиною, оснащеною твердим сплавом, показані на рис. 111. Регулювання діаметру може здійснюватися спеціальним гвинтом *1* з конічною ділянкою, що взаємодіє з конічним отвором в корпусі *2*. Подовжні прорізи в стружкових канавках полегшують деформацію робочої частини. Такі розгортки забезпечують

регулювання зовнішнього діаметру (без переточування) в межах 0,05-0,1 мм. Збільшенню меж регулювання перешкоджає утворення зворотної конусності на калібруючій частині вище за допустимі межі, що знижує точність і погіршує шорсткість оброблюваних отворів.

Регульовані розгортки з розрізаною робочою частиною виготовляють діаметром від 10 до 40 мм. Вони дають можливість обробки отворів з точністю 7-9-го квалітетів (Н7, Н8 і Н9).

Регульовані розгортки з цілісною робочою частиною володіють більшою жорсткістю, ніж розгортки з розрізаною робочою частиною, і забезпечують постійність циліндричності або зворотної конусності калібруючої частини при регулюванні. При правильному виконанні елементів розгортки, що деформуються, мають достатню пружність і дозволяють регулювати діаметр в межах 0,1-0,3 мм.

Досвід використання даних розгорток показав їх високу ефективність при роботі на токарних і свердлильних верстатах, а також на автоматичних лініях. Наприклад, при обробці отвору діаметром 15,8 і завдовжки 26 мм в сталевій деталі з межею міцності  $\sigma_s=50$  кгс/мм<sup>2</sup> стійкість твердосплавної регульованої розгортки була в 3-4 рази вища, ніж швидкорізальної.

Для обробки отворів діаметром 55Н7, 60Н7, 65Н7 на горизонтально-розточувальних верстатах успішно застосовуються насадні цілісні регульовані розгортки (рис. 112).

Розгортка складається з державки 4, двох регулювальних гайок 1 і 3, робочої частини, власне розгортки 2 та штифта 5. Державка має хвостовик з конусом Морзе і дві різьбові ділянки та конусну посадочну частину конусністю 1:30. Така ж конусність в отворі робочої частини. У корпусі робочої частини виконані отвори 6, створюючи пружні перемички 7. Штифт 5 фіксує робочу частину в кутовому положенні і запобігає провертанню її в процесі обробки.

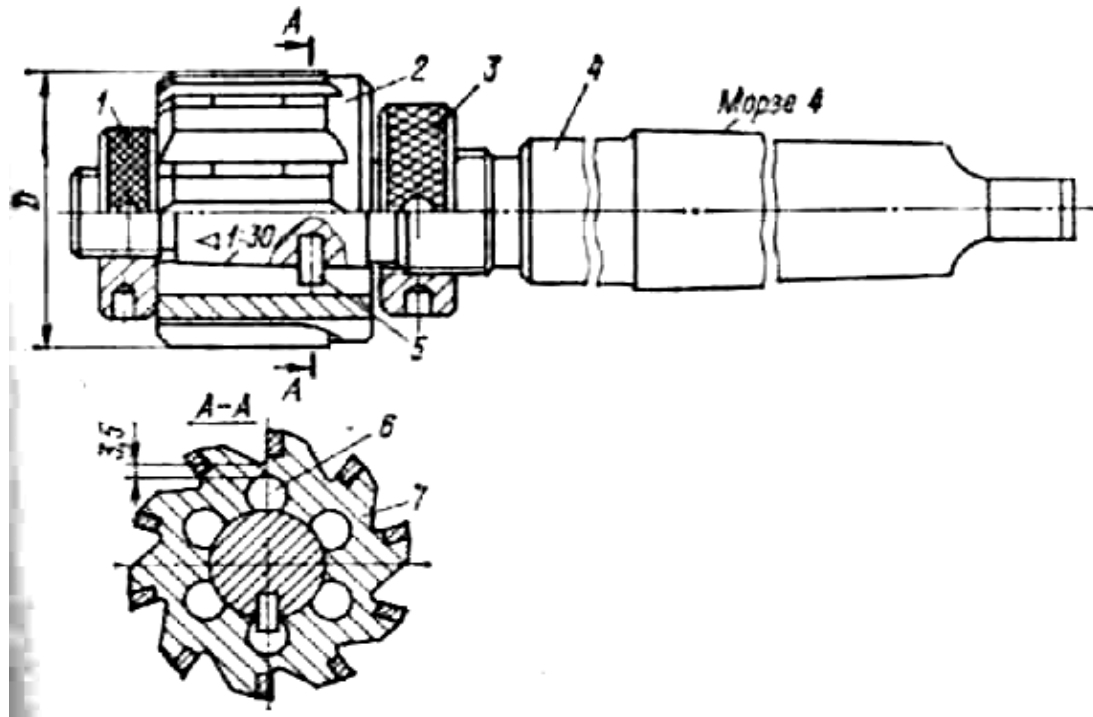


Рис 112. Насадна регульована розгортка

### 6.11 Основні причини неполадок при роботі зенкерами і розгортками

В процесі обробки отворів зенкерами і розгортками можуть виникати наступні неполадки: викришування ріжучих кромки або поломка інструменту, низька стійкість інструменту, відведення його в процесі обробки, незадовільні шорсткість і точність оброблюваного отвору, заклинювання інструменту в кондукторній втулці та ін.

Викришування ріжучих кромки може відбуватися внаслідок неправильної установки інструменту або деталі на верстаті (перенесення або неспівпадання їх осей), завищеного припуску на обробку і забивання стружкою канавок зенкера чи розгортки. При обробці в'язких нержавіючих сталей можливо заклинювання інструменту в отворі, причиною якого може бути неправильне заточування зубів (малі задні кути або дуже широка стрічка).

Причинами низької стійкості можуть бути робота на завищених режимах

різання, невідповідність марки інструментального матеріалу фізико-механічним властивостям оброблюваного матеріалу, підвищене биття зубів, пригари на ріжучих кромках при заточуванні, а також недостатнє охолодження інструменту.

Відведення зенкера відбувається із-за неспівпадання його осі з віссю отвору або неправильної установки деталі (вісь отвору не паралельна осі інструменту).

Причинами порушення точності оброблюваного отвору при зенкеруванні можуть бути неспівпадання осей інструменту і оброблюваного отвору та утворення наросту внаслідок неправильного призначення режиму різання.

При розгортанні окрім згаданих причин порушення точності обробки може бути викликане великим биттям шпинделя, налипанням частинок оброблюваного матеріалу на ріжучі кромки, а також завищеним розміром розгортки по діаметру.

Незадовільна шорсткість поверхні обробки виходить при неякісному заточуванні інструменту, грубій попередній обробці отвору, підвищеному наростуутворенню, недостатньому попаданні ЗОР в зону різання або неправильному виборі марки ЗОР, а також забиванні стружкою канавок інструменту.

Перш ніж приступити до виконання тієї або іншої операції, необхідно переконатися у відсутності вище перелічених причин виникнення неполадок, а якщо вони є, своєчасно усунути їх.

## МІТЧИКИ І ПЛАШКИ

### Розділ 7

Одним з різновидів різьбонарізного інструменту є мітчики і плашки. Виготовляються вони з інструментальних і швидкорізальних сталей. Мітчики можуть бути оснащені ріжучою частиною з твердого сплаву.

Конструкція і розміри цих інструментів, що випускаються централізовано, стандартизована. У промисловості застосовуються також інші, створені новаторами конструкції мітчиків і плашок, що забезпечують ефективне нарізання різьби в конкретних виробничих умовах.

#### 7.1 Мітчики, загальні відомості

Мітчик призначений для нарізування внутрішньої різьби і є гвинтом, забезпеченим однією або декількома подовжніми канавками, створюючими ріжучі кромки та передні поверхні на його зубах.

Загальними конструктивними елементами мітчиків (рис. 113) є: підборна частина (ріжуча частина) 1, що калібрує частину 2 і хвостовик 3 з квадратним кінцем 4. Різьбові ділянки 5, що знаходяться між канавками 6, називають зубами, або пір'ям, мітчика. Зуби ріжучої частини по зовнішній задній поверхні заточуються під кутом  $\alpha$ .

Мітчики з шліфованою різьбою заточуються також за профілем різьби. Передня поверхня зубів ріжучої і калібруючої частин заточується під кутом  $\gamma$ .

Ріжуча частина характеризується довжиною  $l_1$  і кутом  $\varphi$ . В процесі роботи вона знімає основний припуск, який розподіляється між зубами і декількома витками. Схема нарізання різьби мітчиком показана на рис. 114. За один оборот мітчика кожним зубом зрізається шар товщиною  $a$ , який визначається за формулою:

$$a = \frac{P \operatorname{tg} \varphi}{z}$$

де  $z$  – число зубів мітчика, а  $P$  – крок різьби яку нарізаємо.

З приведеної формули видно, що товщина шару, який зрізається, залежить від кута  $\varphi$ , кроку різьби  $P$  і числа зубів мітчика  $z$ .

Калібруюча частина служить для остаточного формування профілю різьби, її зачистки і напрямку мітчика.

Крім того, при переточуваннях по підборному конусу перші зуби калібруючої частини переходять в підбір, тобто є резервними.

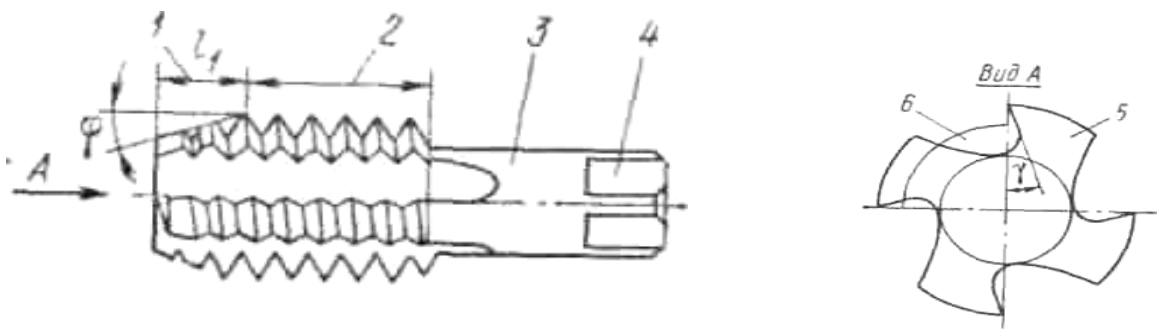


Рис. 113. Конструктивні елементи мітчика

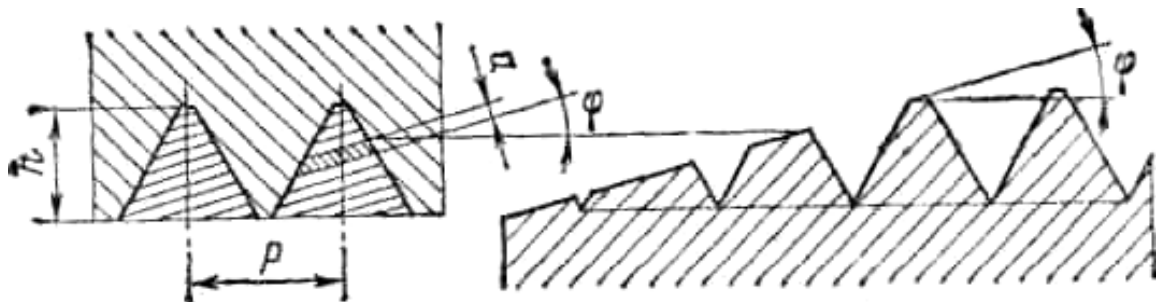


Рис. 114. Схема нарізання різьби

Стружкові канавки можуть бути прямими, розташованими паралельно осі мітчика, і гвинтовими, з кутом нахилу  $\omega$  до осі мітчика. Мітчики з гвинтовими канавками мають велику жорсткість поперечного перерізу і забезпечують кращий (направлений) вихід стружки, що важливо при нарізці різьби в глухих отворах.

Хвостовик мітчиків – циліндричний, закінчується квадратом, що служить для передачі крутного моменту.

Відповідно з ГОСТ 16925-71 встановлено шість ступенів точності мітчиків залежно від посадок і точності нарізання різьби.

Для нарізання різьби ковзаючих посадок 4Н, 5Н, 6Н і 7Н застосовують мітчики ступенів точності відповідно Н2, Н2, Н3 і Н4. Різьба із зазором посадок 6G і 7G нарізається мітчиками ступенів точності G1 і G2 відповідно. Допуски на різьби передбачені ГОСТом 16925-71.

Радіальне биття елементів робочої частини і хвостовика регламентується ГОСТом 3449-71. Воно не залежить від ступеня точності мітчика і повинне бути не більше 0,02-0,03 мм для машинно-ручних мітчиків і 0,03-0,05 мм для гайкових мітчиків.

Шорсткість профілю різьби, передніх і задніх поверхонь для шліфованих різьб –  $R_a=0,63$  мкм, для не шліфованих різьб –  $R_a=1,25$  мкм.

## 7.2 Вибір конструкції і геометричних параметрів мітчиків

Правильний вибір конструкції і геометричних параметрів мітчиків має дуже важливе значення для високопродуктивного нарізання різьби. Річ у тім, що мітчики працюють у важких умовах різання. Причини тут наступні:

1. Всі ріжучі леза підборної частини (їх число дорівнює кількості канавок на число ниток в підборній частині) знімають стружку одночасно, тому виникає значний крутний момент.

2. Контакт інструменту з деталлю здійснюється не тільки по головних задніх, але і по допоміжних поверхнях.

3. У ряді випадків, при надмірному зростанні зусиль різання, має місце недостатня міцність, як окремих зубів, так і мітчика в цілому.

4. Відведення стружки із зони різання, особливо при нарізанні глухих різьб, важке, що часто приводить до пакетування стружки і поломок інструменту.

5. Виникнення значних пружних деформацій при обробці в'язких матеріалів викликає заклинювання мітчика в отворі.

6. В процесі різання на обробленій поверхні виникає зміцнений шар



(відбувається наклепування), який знижує стійкість мітчика і збільшує крутний момент.

Всі ці труднощі необхідно враховувати, вибираючи ту або іншу конструкцію інструменту, особливо коли оброблюваний матеріал має високі межі міцності та в'язкості і коли нарізається глуха різьба.

Слід зазначити ще одне негативне явище, що відбувається при нарізанні глухих різьб і що часто є причиною пошкодження ріжучих кромки зубів мітчика, – затискання стружки під потиличною поверхнею зубів. Це відбувається тому, що в кінці нарізання зубів перед кожним лезом залишається не відокремлене від основного металу набрякле коріння стружки (рис. 115,*а*), яке при вивертанні мітчика потрапляє під потиличну поверхню леза та заклинюється, внаслідок чого може відбутися сколювання ріжучої кромки під кутом  $\eta$ , приблизно рівним задньому куту (рис. 115,*б*).

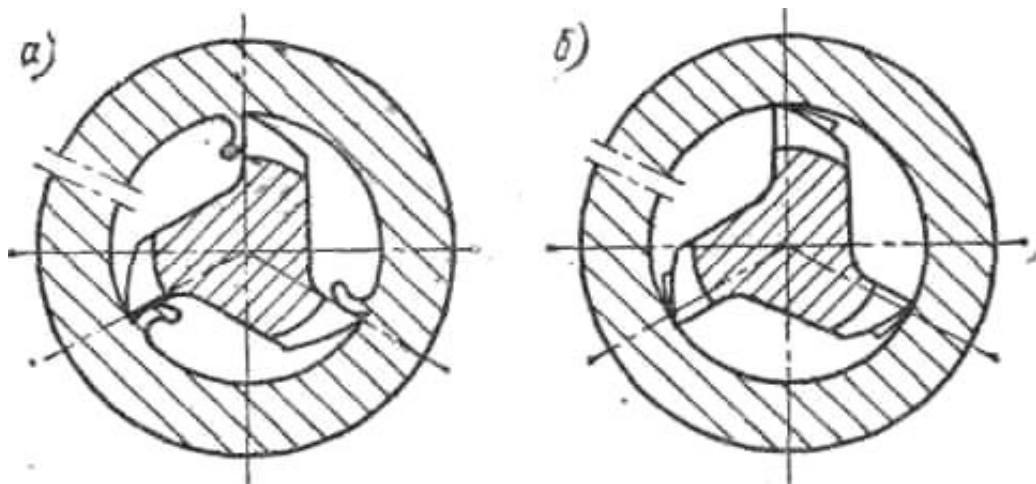


Рис. 115. Схема заклинювання мітчика при його вивертанні

У практиці зустрічається безліч варіантів і умов обробки, різьбових отворів (наскрізні, глухі), що відрізняються характером, довжиною (короткі, довгі) та точністю різьби, оброблюваним матеріалом, типом устаткування і технологічним оснащення. Тому вибір конструктивних і геометричних параметрів необхідно проводити індивідуально для кожного конкретного варіанту обробки, враховуючи, що на процес і умови різання впливають розміри підборної частини, кількість, форма, розміри і напрям стружкових

канавок, передній і задній кути. Комплектність мітчиків і розподіл навантаження між ними, наявність зворотної конусності на калібруючій частині та профіль різьби інструменту.

Підборна частина. З наведеної раніше формули видно, що кут підборної частини  $\varphi$  впливає на подачу  $S_z$ . Отже, для збільшення стійкості мітчиків бажано працювати з меншим кутом  $\varphi$ . Проте в області тонких знімачів при обробці в'язких матеріалів нержавіючих і жароміцних сталей типу 1X18H9T і ХН77Т10Р надмірне зменшення кута  $\varphi$  різко знижує стійкість із-за збільшення ступеня наклепування. Наприклад, при нарізанні різьби М14×1,5 в сталі ХН77Т10Р мітчиком з  $\varphi=5^\circ$  ( $a=0,043$  мм) стійкість в 4,5 рази вища, ніж з  $\varphi=2^\circ30'$  ( $a=0,022$  мм), і в 45 разів вища, ніж з  $\varphi=1^\circ30'$  ( $a=0,013$  мм) [24].

Мінімально допустимим значенням товщини зрізу прийнято вважати  $a=0,02$  мм для швидкорізальних мітчиків і  $a=0,03-0,04$  мм для твердосплавних [29]. Максимальне значення  $a=0,15$  мм для обробки вуглецевих конструкційних сталей і чавуну.

Допустимі максимальні значення  $a$  для важкооброблюваних сталей і сплавів приведені в табл.62.

Таблиця 62.

**Максимальна товщина шару, що зрізається,  $a$  при нарізанні різьби у важкооброблюваних матеріалах.**

Матеріал деталі		$a$ , мм
№ групи	$\sigma_B$ , кгс/мм <sup>2</sup>	
I I II	100	0,06
	100	0,04
III	60-100	0,06
IV	70-100	0,05
V i VI	80-100	0,04
VII	100	0,05
	100	0,04
VIII	210	0,03

Звичайно кут  $\varphi$  вибирається таким, щоб товщина шару, що зрізається, (а) не виходила за вказані вище граничні значення. Для наскрізних різьб цей кут приймається рівним 4-7°, для глухих – 12-13°. Гайкові мітчики виготовляють з кутом  $\varphi=3^\circ$ . Комплектні мітчики мають наступні кути  $\varphi$ : 4-7° чорнових мітчиків і 18-23° чистових мітчиків.

При обробці корозійностійких і жароміцних сталей рекомендовані значення  $\varphi=7^\circ 30'$ , а важкооброблюваних матеріалів –  $\varphi=2-2^\circ 30'$  [22].

Комплектність мітчиків. При нарізанні різьби в наскрізних коротких отворах завглибшки до  $1,5P$  немає необхідності роботи двома мітчиками, оскільки є можливість збільшити довжину підборної частини і тим самим розподілити припуск на більше число ріжучих лез. Проте для нарізання точних різьб, а також різьб великої довжини, особливо у важкооброблюваних матеріалах, застосовують комплект мітчиків з двох штук (чорнового і чистового), а при кроці різьби 3 мм і більше – з трьох штук.

При нарізці різьби в глухих отворах одинарні мітчики застосовують до кроку різьби 2,5 мм. Різьба з кроком 3 мм і більше нарізається комплектом з двох або трьох мітчиків.

Кількість мітчиків в комплекті при обробці важкооброблюваних матеріалів може досягати п'яти. Вона залежить від кроку різьби і від міцнісних властивостей матеріалу (табл. 63).

Передній кут  $\gamma$ . Застосування позитивного переднього кута сприяє зменшенню пластичної деформації шару, що зрізається, і зусиль, що діють на зуби, але знижує міцність ріжучої кромки. Тому значення цього кута для різних матеріалів має широкий діапазон: від  $-3^\circ$  до  $+25^\circ$ . На вибір переднього кута впливає також характер різьбового отвору. Якщо нарізається глуха різьба, то необхідно враховувати можливість затискання стружки під потиличною поверхнею мітчика. Міцність перерізу ріжучої кромки, сприймаючого зусилля затискання  $Q'$ , збільшується із зменшенням переднього кута, як це видно з схеми (рис. 116).

При позитивному передньому куті ширина  $b$  навантаженого перетину ріжучого леза мала (рис. 116,а), при нульовому передньому куті (рис. 116,б) вона більша ( $b_1 > b$ ). А якщо передній кут негативний і по абсолютному значенню рівний задньому (рис. 116,в), то сила  $Q$  направлена паралельно передній поверхні і міцність леза найвища, оскільки воно випробовує стискуючі напруги.

Таблиця 63

## Кількість мітчиків в комплекті при обробці важкооброблюваних матеріалів

Матеріал деталі		Крок різьби $P$ , мм	К-ть мітчиків в комплекті	Матеріал деталі		Крок різьби $P$ , мм	К-ть мітчиків в комплекті
№ групи	$\sigma_B$ кгс/мм <sup>2</sup>			№ групи	$\sigma_B$ кгс/мм <sup>2</sup>		
I і II	<100	0,25-0,40	1	VII	<100	0,25-0,50	1
		0,50-1,50	2			0,70-1,50	2
		1,75-2,50	3			1,75-2,50	3
	>100	0,25-0,40	2			100-150	0,25-0,80
0,70-1,25	3	1,00-1,50	3				
1,50-2,50	4	1,75-2,50	4				
III	60-100	0,25-0,70	1	VIII	170	0,25-0,50	2-3
0,80-1,5		2	0,70-1,25			3	
1,75-2,5		3	1,50-2,50			4	
IV	80—100	0,25-1,25	2			170	0,25-0,40
V і VI		80-130	0,70-1,75	3	0,50-1,25		3
	2,00-2,50		4	1,50-1,75	4		
						2,00-2,50	5

Враховуючи ці обставини, твердосплавні мітчики для глухих отворів виконують з негативним переднім кутом  $\gamma=(4-6^\circ)$ , тим самим запобігаючи викривуванню ріжучої кромки.

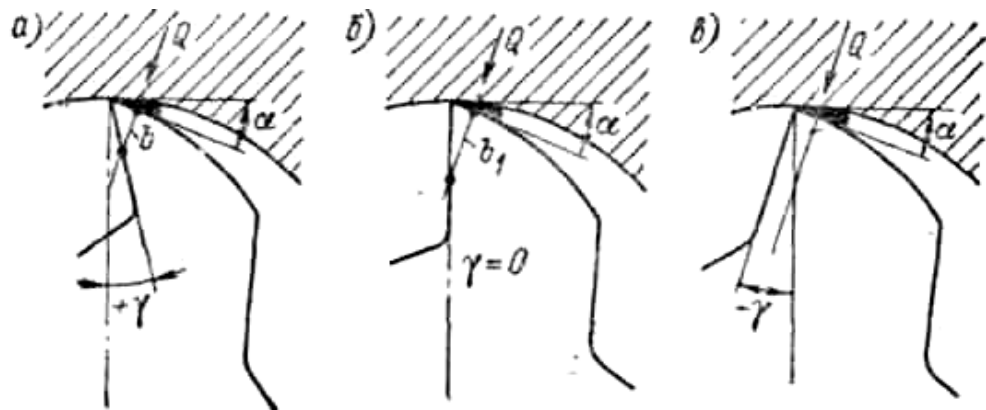


Рис. 116. Схема дії заклинюючого зусилля при різних передніх кутах мітчика

Задній кут  $\alpha$  і задня поверхня. Призначення заднього кута, як і у всіх інструментів – зменшити ділянку контакту задньої поверхні з обробленою поверхнею деталі і сили тертя та забезпечити можливість роботи мітчика до настання певного значення зносу по задній поверхні.

У мітчиків, що працюють на звичайній схемі об'єму припуску (див. рис. 114), задній кут створюється затилуванням зубів по огорожному конусу. Звичайно задній кут для конструкційних вуглецевих сталей приймається рівним  $10-12^\circ$ , для важкооброблюваних матеріалів –  $6-8^\circ$ . При обробці глухих отворів,  $\alpha$  призначається дещо меншим ( $5-6^\circ$ ).

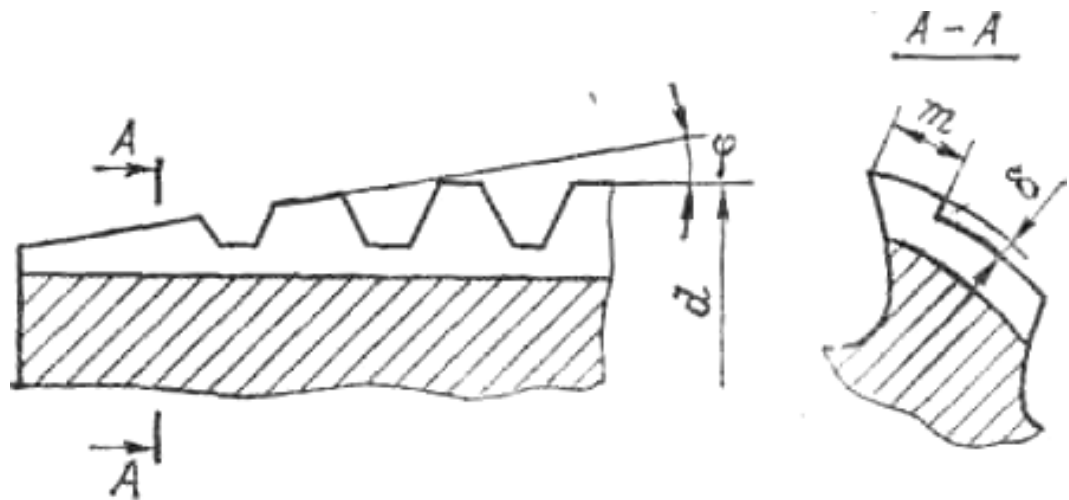


Рис. 117 Схема комбінованого заточування мітчика

Встановлено [24], що при звичайній формі затилування (Архімедова спіраль) задній кут  $\alpha=5-6^\circ$  мітчиків для глухих різьб не може гарантувати стабільної їх роботи із-за попадання коріння стружки під потиличну поверхню.

З метою усунення цього недоліку рекомендують комбіноване заточування задньої поверхні підборної частини. Суть її полягає в тому, що на ділянці  $m$  (рис. 117) проводиться затилування, а решта частини задньої поверхні виконується по радіусу.

Величина перевищення затилованої частини над радіусом встановлюється такою, щоб спинка пера не стикалася з обробленою поверхнею навіть після декількох переточувань зубів. Це можливо, якщо:

$$\sigma = \sigma_{\min} + \sigma_{\text{ізн}}$$

де  $\sigma_{\min}$  – мінімально допустимий зазор;

$\sigma_{\text{ізн}}$  – зазор для компенсації радіального зносу зубів.

Таке виконання задньої поверхні забезпечує при вивертанні мітчика з глухого отвору відрив або зрізає кромкою спинки зуба недорізаного кореня стружки і, отже, запобігає викришуванню ріжучих кромek. Термін служби мітчиків з подвійною задньою поверхнею в 3 і більше разів вищий за звичайний. Значення  $\sigma$  приймаються від 0,06 до 0,1 мм відповідно для кроку різьби від 0,75 до 3 мм.

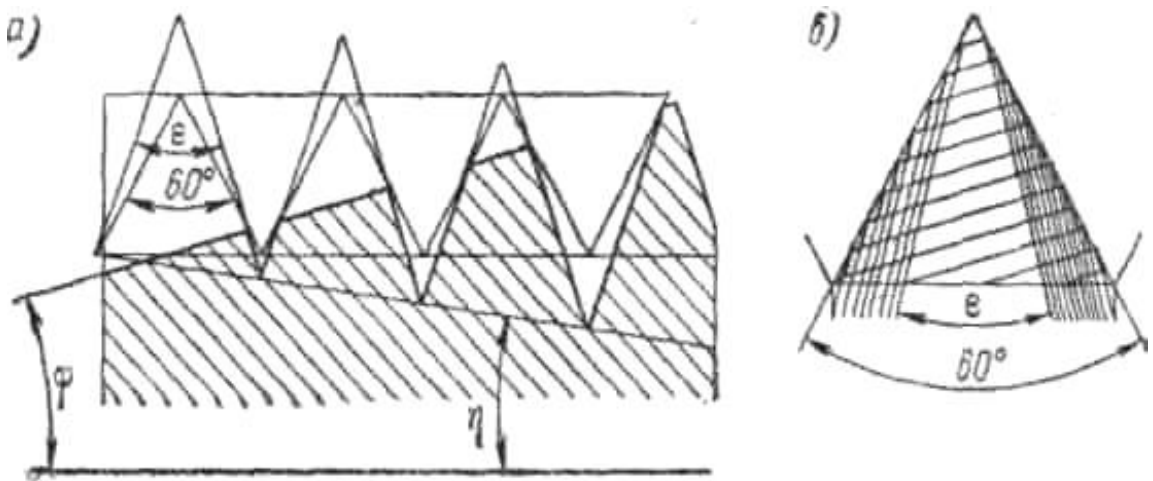


Рис. 118. Схема роботи коригованого мітчика

У промисловості застосовуються в основному мітчики, затиловані по середньому і внутрішньому діаметру. По зовнішньому діаметру затилуються тільки зуби підборної частини. Величина затилування визначається по зміні ширини зуба і складає від 0,015 до 0,02 мм, внаслідок чого на бічних поверхнях профілю утворюються задні кути, рівні 15-20°.

Коригування профілю. Кориговані мітчики застосовують в основному для нарізання різьби в жароміцних і важкооброблюваних сталях, де дуже значні пружні деформації і відбувається заклинювання зубів.

Коригований профіль різьби мітчика від некоригованого (нормального) відрізняється тим, що його кут приблизно на 4° менший профілю нарізуваної різьби (рис. 118,а). Такий профіль виходить шляхом його шліфовки із зворотною конусністю під кутом  $\eta$  до осі мітчика. Схема різання мітчиками з

коригованим профілем підборної частини показана на рис. 118,б. Контакт ріжучих лез з матеріалом заготовки відбувається по головних ріжучих кромках, а по бічних поверхнях – лише на ділянках, рівних товщині шару, що зрізається.

Переваги коригованих мітчиків полягають у відсутності налипань оброблюваного матеріалу на бічних поверхнях профілю різьби, в зниженні на 30% крутного моменту, і підвищенні стійкості. Наприклад, при нарізанні різьби М14х1,5 коригованими мітчиками їх стійкість в 1,8 разів вища, ніж некоригованих.

Кориговані мітчики не можна застосовувати для глухих отворів.

### 7.3 Різновиди і призначення мітчиків

У промисловості застосовується безліч різновидів мітчиків, які відрізняються формою канавок, спеціальною геометрією, профілем різьби, довжиною підборної частини тощо.

Ручні мітчики. Особливістю цих мітчиків є комплектне виконання. У комплекті два мітчики: чорновий і чистовий. Кут підборної частини  $\varphi$  для чистових мітчиків 17-19°, для чорнових 6-7°. Ріжуча частина затилована під кутом  $\alpha=6^\circ$ .

Серійно випускаються мітчики діаметром від 1,0 до 27,0 мм з метричною різьбою і діаметром від 9,727 до 47,805 мм з трубною різьбою. Матеріал мітчиків – інструментальна вуглецева сталь УНА і У12А.

Гайкові мітчики згідно ГОСТу 1604-71. Ріжуча частина цих мітчиків довша, ніж в ручних, що дозволяє одержувати різьбу одним мітчиком. Довжина підборної частини залежить від кроку різьби  $P$  і приблизно рівна  $12P$ . Крім того, дані мітчики мають подовжений хвостовик, на якому може знаходитися певна кількість гайок після нарізання в них різьби (відпадає необхідність виймати мітчик з патрона для звільнення його від кожної

нарізаної гайки). Ріжучий конус у цих мітчиків виконаний з кутом  $\varphi=3^\circ$ . Передній кут  $\gamma=10^\circ$ , задній кут  $\alpha=8^\circ$ .

В автоматичних різьбонарізних пристроях застосовують гайкові мітчики із зігнутим хвостовиком згідно ГОСТу 6951-71. Гайкові мітчики виготовляються з діаметром різьби від М3 до М30.

Машинно-ручні мітчики згідно ГОСТу 3266-71. Це найбільш поширений тип, що охоплює весь діапазон нарізуваних мітчиками метричних і трубних різьб (від 1,0 до 52,0 мм). Мітчики випускаються праві і ліві, одинарні і комплектні (з 2 штук і 3 штук в комплекті). В одинарних для наскрізних отворів довжина підборної частини  $l=6P$ , для глухих  $l_1=3P$ . Профіль різьби машинно-ручних мітчиків шліфований. Мітчики виготовляють з швидкоріжучої сталі.

Кут ріжучого конуса залежить від кроку різьби і змінюється від 6 до  $22^\circ$ . Передній кут  $\gamma=10^\circ$ , задній кут на підборній частині  $\alpha=4^\circ$ .

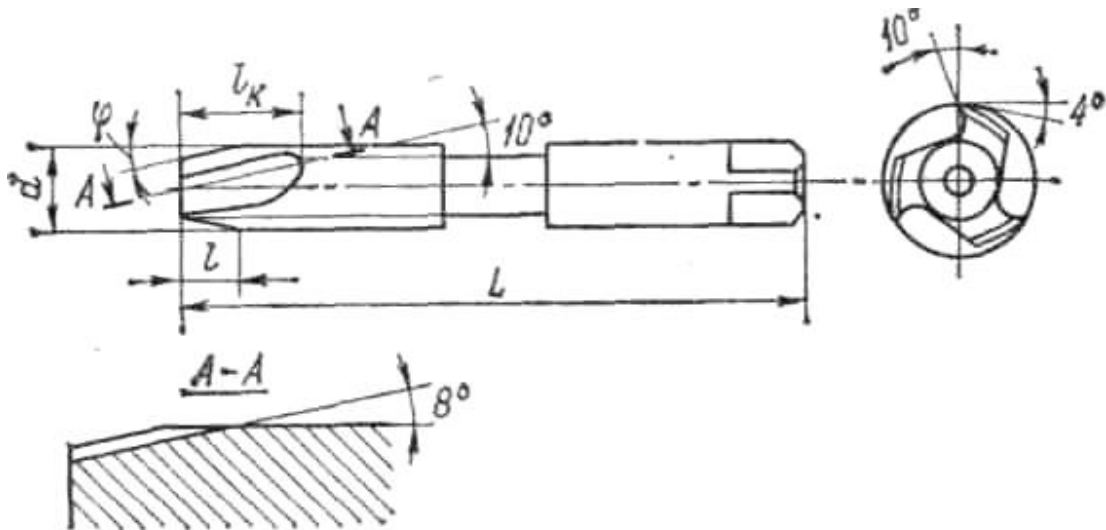


Рис. 119. Мітчик з укороченими стружковими канавками

Мітчики з гвинтовими канавками згідно ГОСТу 17933-72. Вони виготовляються діаметром від 4 до 12 мм. Рекомендуються для отримання різьби в глухих і глибоких наскрізних отворах деталей з конструкційних і вуглецевих сталей та важкооброблюваних сталей і сплавів. Особливо доцільно застосовувати при нарізанні різьби в переривчастих отворах. Кут нахилу зубів  $\omega$  для мітчиків діаметром від 3 до 6 мм рівний  $10^\circ$ , а діаметром



понад 6 мм – 30°. Мітчики виготовляються з переднім кутом 10° і заднім 4° на ріжучому конусі.

Мітчики з укороченими канавками згідно ГОСТу 17931-72. Особливість цих мітчиків полягає в тому, що стружкові канавки виконані не на всій нарізаній частині мітчика, а лише на підборній частині під кутом 8° до осі мітчика, з лівим нахилом (рис. 119).

Таблиця 64

Значення  $l_k$  для безстружкових мітчиків

Крок різьби, Р, мм	$l_k$ , мм	Крок різьби, Р, мм	$l_k$ , мм
0,2	2,4	0,7	8,4
0,25	3,0	0,75	9,0
0,30	3,6	0,8	9,6
0,35	4,2	1,0	12,0
0,40	4,8	1,25	15,0
0,45	5,4	1,50	18,0
0,5	6,0	1,75	21,0
0,6	7,2	-	-

Мітчики з шаховим розташуванням ниток. У тих випадках, коли при нарізанні різьби відбувається заклинювання мітчика в отворі, наприклад в деталях з важкооброблюваних матеріалів, застосовують мітчики, у яких на кожному зубі (пері) через крок нитки видалені, причому на наступному пері не видалені нитки розташовують навпроти видалених на попередньому пері, тобто у шаховому порядку. Видалення ниток на трьох- і чотирьохзубих мітчиках схематично показано на рис. 120.

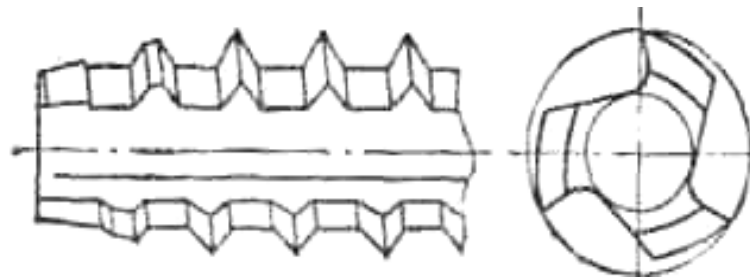


Рис. 120. Мітчик з шахматним розташуванням ниток

У мітчиків для наскрізних отворів нитки зрізаються на всій робочій частині, а для глухих – тільки на калібруючій частині.

Виготовляються гайкові і машинно-ручні мітчики з шаховим розташуванням зубів відповідно згідно ГОСТу 17929-72 і ГОСТу 17927-72, а також мітчики для обробки легких сплавів згідно ГОСТу 17928-72. За відсутності стандартних мітчиків з шаховим розташуванням зубів їх можна виготовити із звичайного мітчика, та зрізати на заточному верстаті відповідні нитки.

На рис. 121 показаний мітчик великого діаметру з числом канавок 6, у якого через зуб видалені всі калібруючі нитки, що дозволило значно зменшити крутний момент і підвищити якість різьби. Спиральне виконання канавок і широка канавка, що утворюється в результаті видалення зубів, сприяють кращому відведенню стружки і тим самим запобігають заклинюванню стружки. Ці мітчики призначені для нарізання різьби у важкооброблюваних матеріалах.

Твердосплавні мітчики. При обробці високоміцних і загартованих сталей (з  $\sigma_b=180-210$  кгс/мм<sup>2</sup> або *HRC* 48-53), а також чавунів і алюмінієвих сплавів з підвищеним вмістом кремнію застосування мітчиків з швидкорізальної сталі утруднене або неможливе. Виготовлення цілісних твердосплавних мітчиків розміром до М16 і оснащених пластинами з твердого сплаву для метричної різьби від М14 до М39.

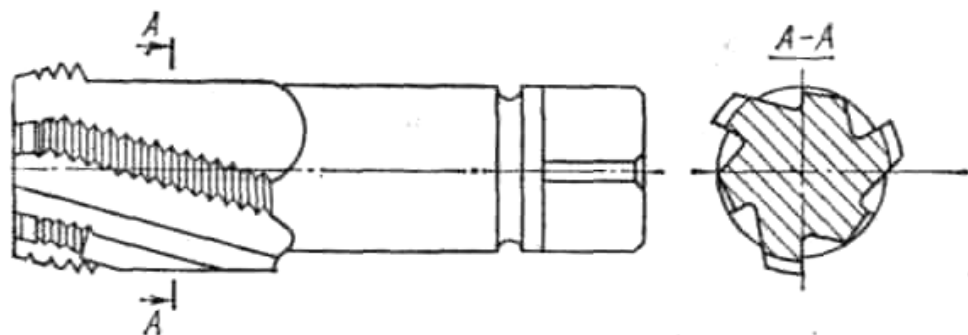


Рис. 121. Мітчик із знятою через зуб калібруючою частиною

Для нарізання різьби в деталях з важкооброблюваних матеріалів I-III груп (див. табл. 6) рекомендуються мітчики з твердих сплавів ВК10М і

ВК6М. Стійкість мітчиків з цих сплавів майже в 10 разів перевищує стійкість мітчиків з швидкорізальних сталей.

В процесі експлуатації твердосплавних мітчиків малого діаметру необхідно забезпечувати співвісність мітчика і отвору, оскільки щонайменший перекіс може викликати поломку інструменту.

#### 7.4 Режими різання, знос і стійкість мітчиків

Нарізання різьби мітчиками характеризується двома параметрами режиму різання: товщиною шару  $a$ , що зрізається одним зубом, і швидкістю різання  $v$ .

Таблиця 65

**Швидкість різання  $v$  (м/хв) і частота обертання  $n$  (об/хв), що рекомендується при нарізанні різьби мітчиками з шліфованим профілем**

Діаметр різьби $D$ , мм	Крок різьби $P$ , мм	Оброблюваний матеріал					
		сталь вуглецева $\sigma_B$ 50-80 кгс/см <sup>2</sup>		чавун сірий, НВ 156-229		алюмінієвий сплав	
		$V$	$n$	$V$	$n$	$V$	$n$
4	0,50	7,3	580	2,5	415	-	-
	0,70	5,4	430	3,9	310	-	-
6	0,75	8,3	440	5,9	310	14,5	770
	1,00	6,4	340	4,6	240	12,6	660
8	0,75	11,8	470	8,4	335	24,6	977
	1,25	7,4	295	5,3	210	22,1	882
10	1,00	11,8	375	8,4	270	41,2	1310
	1,50	8,2	260	5,8	186	33,6	1070
12	1,00	14,5	385	10,5	280	47,8	1267
	1,75	8,9	235	6,3	167	36,0	956
16	1,5	14,5	290	10,5	205	35,5	628
	2,0	11,1	220	7,9	157	30,5	540
20	1,5	19,0	300	13,4	210	38,6	615
	2,5	12,0	191	8,5	135	33,6	534
24	1,5	23,5	310	16,7	220	44,3	584
	3,0	12,6	167	8,9	118	38,3	509
30	2,0	23,5	250	11,7	125	45,5	484
	3,5	14,3	152	10,2	108	-	-
36	3,0	20,5	180	14,6	129	-	-
	4,0	15,8	140	11,3	100	-	-
42	3,0	24,5	186	17,5	133	-	-
	4,0	17,1	129	12,2	93	-	-
45	3,0	26,5	186	19,00	135	-	-
	4,5	18,5	131	13,2	93	-	-

Товщина шару, що зрізається, для вибраного типу мітчика залежить від кута підборної частини  $\varphi$  і кількості зубів. В процесі експлуатації мітчика вона практично не змінюється.

Швидкість різання  $v$  залежить від матеріалу, деталі, діаметру і кроку нарізуваної різьби. При обробці чавуну швидкість різання нижча, ніж при обробці конструкційної вуглецевої сталі (табл. 65). Різьба в деталях з алюмінієвих сплавів нарізається на вищих швидкостях різання. Із збільшенням діаметру різьби швидкість різання зростає.

У табл. 66 дані значення швидкостей різання для обробки важкооброблюваних матеріалів. Як видно з даних таблиці, на швидкість різання істотний вплив робить міцність матеріалу.

Таблиця 66.

**Швидкості різання (м/хв), що рекомендується при нарізанні різьби в наскрізних отворах деталей з важкооброблюваних матеріалів мітчиками з швидкорізальної сталі.**

Матеріал деталі		Діаметр різьблення		
№ групи	$\sigma_b$ , кгс/мм <sup>2</sup>	M4-M6	M3-M12	M14-M20
I	<90	5,0—6,0	7,0-8,0	9,0-11,0
II	<120	2,5-4,0	5,0-6,0	6,0-10,0
III	60-120	1,8-2,5	3,5-4,5	4,5-7,0
IV	80-100	1,3-1,5	2,5-3,0	3,0-5,0
V	80-100	1,0-1,5	2,0-2,5	2,5-4,0
	110-130	0,5-0,8	1,2-1,5	1,2-2,0
VI	80-100	0,5	1,0-1,5	1,0-1,8
VII	60	1,5-2,5	3,5-4,0	4,0-6,0
	80—100	0,8-1,5	2,0-2,5	2,5-4,0
	120-140	0,5-0,8	1,2-1,5	1,5-3,0
VIII	150-170	0,3-0,5	1,0-1,5	1,5-2,5

Примітки. 1. Номери груп матеріалів прийняті табл. 6. 2. При нарізанні різьби в наскрізних отворах одним мітчиком, а також в глухих отворах швидкості різання, вказані в таблиці, знижуються в 2 рази.

Застосування твердосплавних мітчиків замість швидкорізальних для нарізання різьби в сталях і сплавах V, VI і VIII груп дозволяє підвищити швидкість різання в 4-6 разів.

Мітчики працюють з невеликою товщиною зрізу, і тому лімітуючим є знос по задніх поверхнях зубів підборної частини. Знос зубів калібруючої частини за наявності зворотної конусності по зовнішньому діаметру практично не впливає на ріжучі властивості мітчиків.

За критерій затуплення мітчика береться величина зносу по куточках  $h_0$ , вище за яку порушується нормальна робота – відбувається погіршення чистоти нарізання різьби, налипання частинок металу на зношені ділянки мітчика, появу характерного скрипу.

При обробці вуглецевої конструкційної сталі мітчиками з  $\varphi=7^\circ$  значення  $h_0$  наступні:

Діаметр різьби.....	М6	М8	М10	М12	М16	М20
Знос, що допускається, мм . . .	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8

При обробці важкооброблюваних сталей і сплавів допустимий знос  $h_0$  рекомендується приймати в межах від 0,1 до 0,3 мм для діаметрів різьби від 4 до 20 мм.

Стійкість мітчиків залежить від діаметру і кроку нарізуваної різьби (при постійній швидкості різання) і коливається від 8,5 до 35 хв для мітчиків з основним різьбленням діаметром від М6 до М22. При цьому кількість нарізаних отворів складає 500-830. Мітчики з дрібною різьбою мають стійкість вищу. Так, при кроці  $P=0,5$  мм стійкість складає 15-85 хв, що відповідає кількості нарізаних отворів 875-1580.

## 7.5 Заточування мітчиків

Заточування мітчиків після затуплення можна проводити як по задніх, так і по передніх поверхнях.

Заточування по задніх поверхнях забезпечує більшу кількість переточувань мітчика, чим заточування по передніх поверхнях. Проте для такого заточування необхідно мати спеціальне пристосування до універсально-заточного верстата.

На практиці мітчики звичайно заточують по передніх поверхнях торцем абразивного круга чашкової форми.

Заточування зубів по передній поверхні рекомендується проводити за два проходи: чорновий і чистовий.

Режими заточування: швидкість абразивного круга 20-25 м/с; повздовжня подача для чорнових проходів 3-5 м/хв, для чистових – 1-2 м/хв; поперечна подача 0,05-0,10 мм/дв. хід для чорнових проходів, і 0,01-0,02 мм/дв. хід для чистових проходів.

Заточування твердосплавних мітчиків необхідно проводити алмазними кругами АСО 80/63 100 Б1 100% при швидкості 25 м/с, повздовжній подачі 1,0-1,5 м/хв і поперечній подачі 0,015-0,02 мм/дв. хід.

Як ЗОР рекомендується масло «Індустріальне-12», що подається в зону заточування в кількості 10-12 л/хв.

## 7.6 Безстружкові мітчики

При обробці в'язких матеріалів (легких і кольорових металів, низько вуглецевих, конструкційних, легованих і нержавіючих сталей, титанових сплавів) там, де нарізання різьби звичайними мітчиками утруднене, знаходять все більш широке застосування безстружкові мітчики. Вони не мають стружкових канавок і ріжучих елементів і тому не нарізають, а видавлюють різьбу в заздалегідь просвердленому отворі.

Безстружкові мітчики мають ріжучу і калібруючу частини (рис. 122), причому на обох частинах нарізаний повний профіль різьби. Поперечний перетин мітчика є трьох- або чотиригранник, сторони якого мають овальну форму, а кути заокруглюють.

Формування різьби в отворі заготівки здійснюється ріжучою частиною мітчика. Поступово впроваджуючись в заготівку, різьбові виступи (витки) витісняють метал в западини різьби мітчика до повного або часткового їх заповнення. При повному заповненні вершини профілю обробленої різьби приймають форму западини різьби мітчика, а при неповному – вершини виходять нерівними, на них утворюється «кратер». Допустима глибина кратера – не більша  $0,1P$ , де  $P$  – крок різьби.

Застосовуються три різновиди безстружкових мітчиків для витискання метричної різьби всіх ступенів точності діаметром від 1,0 до 36,0 мм: машинно-ручні згідно ГОСТу 18839-73, гайкові прямі згідно ГОСТу 18840-73 і гайкові із зігнутих хвостовиком згідно ГОСТу 18841-73.

Машинно-ручні мітчики діаметром до 10 мм мають тригранний переріз, а діаметром понад 10 мм – квадратний. Приєднувальні розміри довжини цих мітчиків такі ж, як у різьбонарізних мітчиків згідно ГОСТу 6357-79.

Гайкові безстружкові мітчики відрізняються великою довжиною підборної частини і загальною довжиною.

При обробці кольорових металів і сплавів, а також низьковуглецевих сталей рекомендується застосовувати безстружкові мітчики із сталей ХВГС, 9ХС і Р6М5 – при обробці високоміцних, жароміцних сталей і титанових сплавів – із сталей Р18 і Р6М5 із зміцненням сульфоціанування або карбонітрування.

Для забезпечення високої якості і точності різьби, що одержується безстружковим мітчиком, необхідно правильно вибрати діаметр отвору заготівки під обробку, швидкість різьбовидавлювання і склад ЗОР.

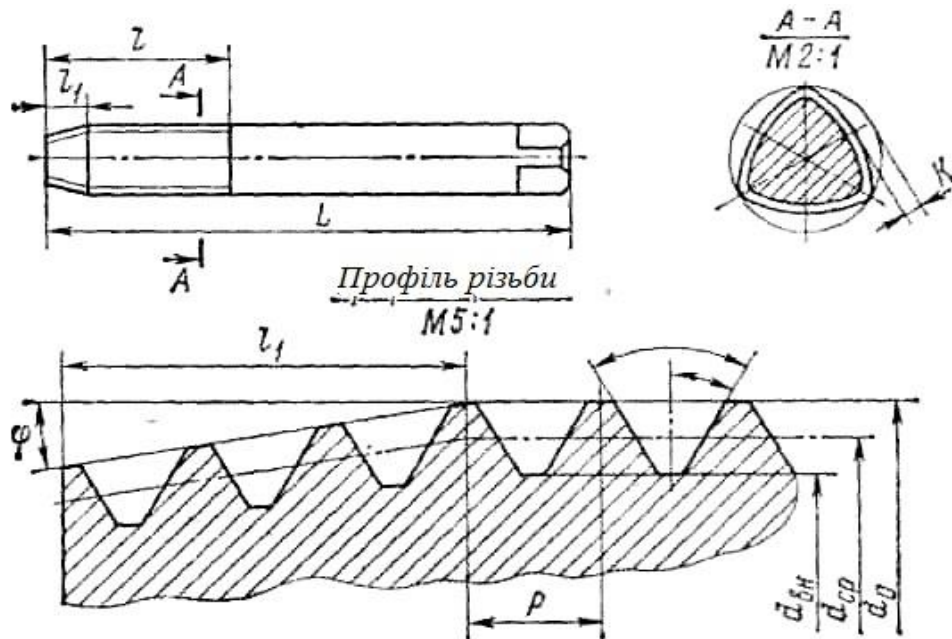


Рис. 122. Безстружковий мітчик

Діаметр отвору заготовки під обробку  $d_3$  повинен бути менший зовнішнього діаметру різьби на величину  $\sigma$ , яка вибирається залежно від кроку різьби. Значення  $\sigma$  і допусків на діаметр  $d_3$  приведені табл. 67.

Таблиця 67.

Значення  $\sigma$  і допусків на діаметр отворів під обробку  $d_3$ , мм

Крок різьби	$\sigma$	Допуск на $d_3$ , (+)	
		Ступінь точності різьби	
	6H і 7H	6H	7H
0,35	0,170	0,020	0,023
0,50	0,250	0,036	0,040
0,70	0,360	0,042	0,058
1,00	0,520	0,059	0,075
1,25	0,660	0,063	0,089
1,50	0,800	0,071	0,098
2,00	1,080	0,090	0,133

Швидкість різьбовидавлювання вибирається залежно від матеріалу заготовки. Для м'якших матеріалів швидкість вища, ніж для твердих. Згідно ГОСТу 18844-73 рекомендуються наступні швидкості різьбовидавлювання:



Оброблюваний матеріал	Швидкість різьбовидавлювання, м/хв
Алюміній і його сплави .....	22-30
Мідь.....	15-22
Латунь .....	10-15
Сталь низько вуглецева.....	8-10

При обробці нержавіючих і жароміцних сталей 2Х13, 12Х18Н10Т та інших, рекомендована швидкість різьбовидавлювання 6 м/хв і менше.

Правильний вибір ЗОР може значно понизити крутний момент, і поліпшити якість різьби. З рекомендованих ГОСТ 18844-73 ЗОР при обробці сталі краще використовувати олеїнову кислоту. Застосування її замість сульфофрезолу майже в 1,5 рази зменшує крутний момент видавлювання.

Для різьбовидавлювання рекомендуються наступні склади ЗОР:

Оброблюваний матеріал	Найменування (марка) ЗОР
Алюміній і його сплави.....	V32-K (ТУ 31-1-01-88-70) олеїнова кислота, сульфофрезол
Мідь.....	V32-K (ТУ 31-1-01-88-70); сульфофрезол
Латунь.....	V296 (ТУ 31-1-01-88-70); сульфофрезол
Сталь.....	V35, V32-K; (ТУ 31-1-01-88-70); олеїнова кислота; сульфофрезол

## 7.7 Плашки. Конструкція і розміри

Плашка, як і мітчик, є розмірним багатолезовим інструментом, але призначена для нарізання зовнішніх різьб. Вона є гайкою (рис. 123), в якій за допомогою отвору 2 утворені зуби 3. Корпус 1 плашки забезпечений елементами для її базування і закріплення в патроні. Конічні отвори 5 служать для закріплення плашки відповідними гвинтами плашкотримача. Їх осі зміщені на величину 3 від ліній, що проходять під кутом 45° до вертикальної осі, це дозволяє вибирати зазори при закріпленні.

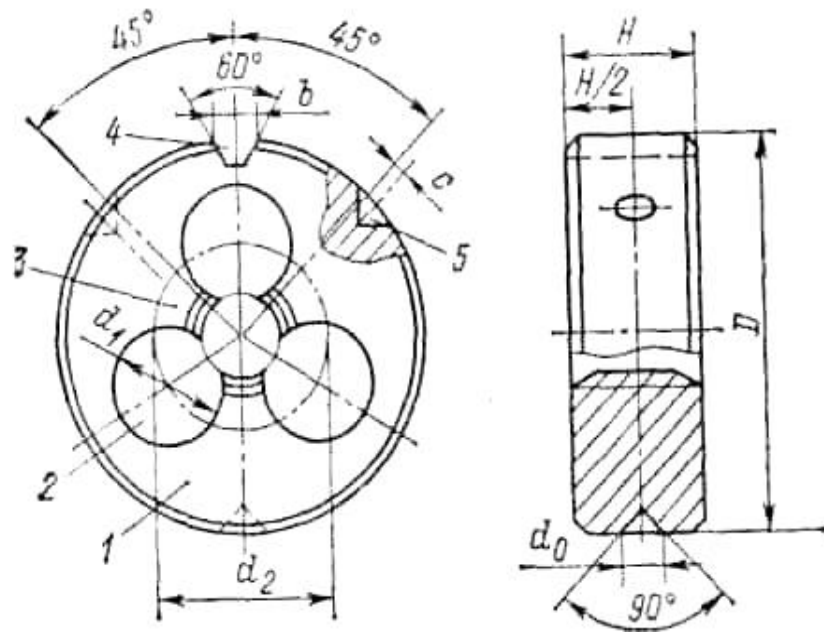


Рис. 123. Конструкція плашки

У плашок з діаметром різьби до 3 мм ці отвори відсутні. Плашки з діаметром різьби до 6 мм мають три кріпильні отвори, а з діаметром різьби 8 мм і вище – 4. Призматичний паз 4 орієнтує плашку при її установці в плашкотримачеві. Крім того, він полегшує розрізання плашки з метою забезпечення можливості регулювання діаметру нарізуваної різьби.

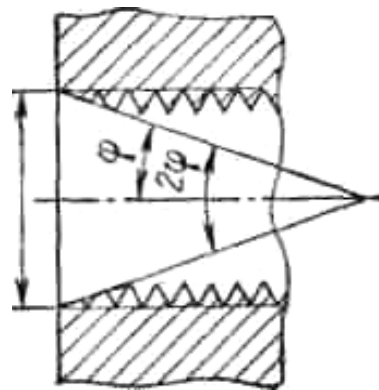


Рис. 124. Забірна частина плашки

На зубах є ріжучі і калібруючі нитки. Ріжуча частина виконана таким чином, що зрізає нитки під кутом  $\varphi$  (рис. 124) з утворенням заднього кута

$\alpha = 6-8^\circ$ . Кут підборної частини приймається рівним: для метричної різьби діаметром до 2,5 мм –  $30^\circ$ , діаметром понад 2,5 мм –  $25^\circ$  і  $20^\circ$  відповідно для різьби з великим і дрібним кроком.

Ріжуча частина у плашок виконується з двох сторін, що подовжує термін служби інструменту. Профілі ріжучої і калібруючої частин не затиловані.

Передній кут в площині, перпендикулярної осі плашки  $\gamma$  приймається рівним  $30^\circ$  для плашок з діаметром різьби до 6 мм і  $25^\circ$  для плашок більшого діаметру.

Плашки виготовляються з інструментальної сталі марок ХВСГ, 9ХС або з швидкорізальних сталей.

Виконавчі розміри різьби калібруючої гайки плашок і їх точність приймаються такими, щоб забезпечити нарізання метричних різьб ступенів точності 6Г і 8Л та трубних різьб класів А і Б.

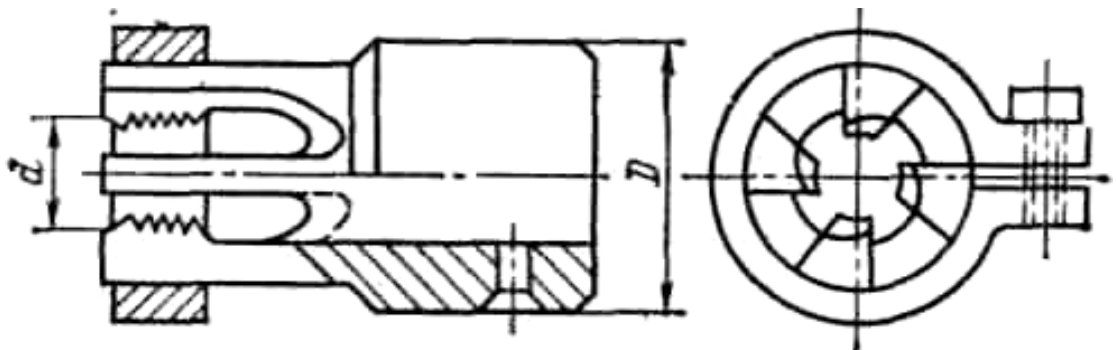


Рис. 125. Трубчаста плашка

Виготовляються плашки для метричних різьб від М1 до М76 і трубних циліндричних різьб від 7 до 16 мм, конструкції, розміри і технічні вимоги передбачені ГОСТом 9740-71.

У гідравлічних та пневматичних системах широко застосовуються конічні різьбові з'єднання. Для нарізання зовнішньої конічної різьби використовують плашки згідно ГОСТу 6228-71.

Розмір  $h$  від торця до отворів під затискні гвинти уніфікований (не дивлячись на велику висоту  $H$ ) з аналогічним розміром плашок згідно ГОСТу 9740-71, що забезпечує можливість використання одних і тих же патронів.

Окрім стандартних на підприємствах застосовуються плашки інших різновидів.

У приладобудуванні застосовують трубчасті плашки (рис. 125), що дозволяють регулювати середній розмір оброблюваної різьби за допомогою розрізного кільця.

### 7.8 Режими різання і стійкість плашок

Конструкція плашок не дозволяє змінювати в широких межах подачу на зуб, яка, як і у мітчиків, визначається залежно від кута підбірної частини і кількості зубів. При нарізанні різьби плашками з метою поліпшення якості різьби і підвищення стійкості необхідно працювати з меншими кутами підбірної частини.

Так, наприклад, якщо кут  $\varphi$  з  $30^\circ$  зменшити до  $25^\circ$ , стійкість плашки може бути збільшена на 20-25%. Тому плашки з кутом  $\varphi=45^\circ$  рекомендується застосовувати тільки для калібрування або дорізування вже нарізаної різьби.

Швидкість різання  $v$  рекомендується вибирати по нормативах залежно від оброблюваного матеріалу, діаметру і кроку різьби. Вона вища для плашок більшого діаметру і з меншим кроком нарізаної різьби. При обробці вуглецевої і легованої конструкційної сталі швидкість різання вибирається в межах 2,3-9,2 м/хв, а при обробці алюмінієвих сплавів і латуні досягає 30-40 м/хв (табл. 68).

Таблиця 68.

Рекомендовані швидкість різання  $v$  (м/хв) і частота обертання  $n$  (об/хв) при роботі круглими плашками

Діаметр різьби $D$ , мм	Крок різьби $P$ , мм	Оброблюваний матеріал					
		сталь конструкційна вуглецева $\sigma_B = 70$ кгс/мм <sup>2</sup>		алюмінієвий сплав		латунь	
		$V$	$n$	$V$	$n$	$V$	$n$
4	0,50	3,45	275	15,3	1220	7,6	603
	0,70	2,30	183	10,2	814		
6	0,75	3,45	275	15,3	810	8,1	430
	1,00	2,45	130	10,8	573		
8	0,75	4,9	195	21,5	855	8,8	350
	1,25	2,65	105	11,7	465		
10	1,00	4,25	143	20,0	673	9,2	293
	1,50	2,75	87	12,3	392		
12	1,00	5,65	150	25,0	663	9,6	254
	1,75	2,85	76	12,8	340		
16	1,50	4,9	97	21,5	428	11,5	229
	2,00	3,45	69	15,3	301		
20	1,50	6,40	102	28,0	445	15,0	238
	2,50	3,45	55	20,0	318		
24	1,5	7,90	105	35,0	465	11,5	153
	3,00	3,45	46	15,3	203		

При обробці вуглецевих сталей, що мають межу міцності меншу, ніж у сталі, вказаної в табл. 68, а також для високолегованих сталей швидкість різання рекомендується знижувати на 30-50%.

### 7.9 Змащувально-охолоджуючі рідини, вживані при нарізанні різьби мітчиками і плашками

Ефективне нарізання різьби мітчиками і плашками неможливе без застосування ЗОР. При роботі насухо, наприклад на деталях з сірого чавуну, знос мітчиків по задній поверхні майже в 3 рази вищий, ніж із застосуванням ЗОР, на 50-80 мкм більший, чим відхилення середнього діаметру різьби від

діаметру мітчика і майже в 10 разів більша висота одержуваних мікронерівностей оброблених поверхонь (без ЗОР  $R_z=40-80$  мкм, а із застосуванням ЗОР  $R_z=4-7$  мкм). Крім того, при нарізанні різьби без ЗОР на інструмент діє подвоєний крутний момент.

Застосування для обробки чавунів як ЗОР гас дає якнайкращі результати по стійкості, шорсткості і крутному моменту. Гас володіє хорошим миючим ефектом. Недоліками гасу є його займистість і випаровуваність, що погіршує умови і знижує безпеку праці.

Для обробки чавуну застосовуються також керосино-масляні ЗОР у складі сульфофрезол – гас – масло і ін. Деякі нові масляні ЗОР роблять однаковий з гасом вплив на стійкість: ОСМ-3, сульфофрезол, МР-1, МР-2. Якнайкращою з них є ЗОР ОСМ-3, яка у ряді випадків навіть підвищує стійкість інструменту. Можна використовувати також водоемульсивні рідини. Так, застосування емульсії Укринол-1 (3%) замість гасу трохи зменшує стійкість (у 1,2 рази), але сприяє оздоровленню умов праці і знижує пожежонебезпеку.

При обробці різьби в сталевих деталях масляні ЗОР, як правило, володіють вищими технологічними властивостями, чим ЗОР на водній основі. В той же час нові водоемульсивні рідини, наприклад 3-8%-ва емульсія Укринол-1, забезпечують приблизно однакову з сульфофрезолом стійкість мітчиків. Вищу стійкість мітчиків і плашок забезпечує застосування ЗОР МР-3А, ОСМ-3 при обробці всіх марок сталей.

Для підвищення ефективності ЗОР, особливо при обробці важкооброблюваних матеріалів, застосовують різні добавки: стеарин, олеїнову кислоту, скіпідар і ін. Так, наприклад, для обробки нержавіючих і жароміцних сталей та сплавів рекомендують наступні склади ЗОР: 1) сульфофрезол – 65%, гас – 20%, олеїнова кислота – 70%, стеарин – 15% та інше.

При нарізанні різьби в алюмінієвих сплавах і кольорових металах рекомендується застосовувати масляні рідини сульфофрезол і ОСМ-3, а

також Укринол-1 (20%) – для обробки алюмінієвих сплавів, що деформуються. Як добавка при використанні мінерального масла слід застосовувати касторову олію в кількості 30%.

### 7.10 Можливі неполадки при експлуатації мітчиків і плашок

Мітчики і плашки є розмірними інструментами, тому в процесі експлуатації можуть виникати порушення точності і шорсткості нарізуваної різьби. Крім того, можуть мати місце такі неполадки, як низька стійкість, налипання оброблюваного матеріалу на поверхню мітчика, викришування зубів і ін.

Розбивання різьби. Одна з причин розбивання різьби полягає в неправильному закріпленні інструменту на верстаті: наявність перекосів і биття при жорсткому закріпленні в патроні; биття патрона і затискної втулки; дефекти виготовлення втулки; неспіввісність отвору і мітчика. Причиною може бути також велике зусилля поворотної пружини у висувних патронах.

Якщо ж приведені вище причини відсутні, то необхідно перевірити: правильність виготовлення мітчика або плашки; биття робочої і хвостової частини; наявність зворотної конусності; погрішність кроку і довжину підбірної частини (причиною розбивання може бути надмірно коротка ріжуча частина).

Конусність різьби. Цей недолік викликають в основному ті ж причини, що і розбивання, а також відведення мітчика із-за різних передніх кутів заточування на його зубах.

Туга різьба виходить при заниженому  $d_{cp}$  мітчика (завищеному  $d_{cp}$  для плашок) або завищеному відхиленні по куту профілю, надмірному зносі ріжучих і перших калібруючих зубів. Крім того, причинами тугої різьби можуть бути великі передні кути, низька швидкість різання і неправильно підібрана ЗОР.

Незадовільна шорсткість різьби. Погіршення шорсткості можуть викликати наступні причини: надмірне биття зубів при затиску; одностороннє навантаження на інструмент із-за неправильної наладки; коротка ріжуча частина; завали по задніх поверхнях у ріжучих кромках, надмірний знос зубів і ін.

Низька стійкість. Якщо вибрані оптимальні значення швидкості різання і довжини підбірної частини (тобто товщина шару, що зрізається, знаходиться в допустимих межах), то причинами низької стійкості можуть бути незадовільна термічна обробка (зневуглецьований шар, занижена твердість і наявність припалів), а також неякісна шліфовка різьби і заточування зубів.

Викришування зубів і поломка мітчика. Викришування зубів може відбутися із-за великих значень переднього і заднього кутів, відсутність затилування за профілем, завищеної твердості зубів, а також затискання стружки під потиличною поверхнею зубів підбірної частини.



**Розділ 8****8.1 Вимоги, що висуваються до інструментальних матеріалів**

Лезо інструменту підлягає інтенсивному впливу значних силових навантажень і температур, а також хімічній взаємодії з оброблюваним матеріалом. З урахуванням необхідності опору контактних ділянок ріжучого інструмента зношуванню, мікро- і макроруйнуванню до властивостей інструментальних матеріалів висувається низка спеціальних вимог. Основні з них наступні:

**1. Висока твердість.** Твердість інструментального матеріалу повинна бути вище твердості оброблюваного в 1,4 – 1,7 рази для врізання леза в заготовку.

**2. Висока міцність.** Якщо висока твердість не забезпечується необхідною міцністю, матеріал стає крихким і це призводить до викришування ріжучих кромки інструмента або його поломки. Крім того, інструментальний матеріал повинен мати достатній рівень ударної в'язкості і опиратися появі тріщин (тобто мати високу тріщиностійкість).

**3. Висока теплостійкість,** тобто спроможність матеріалу зберігати високу твердість і міцність при високих температурах різання. Для швидкоріжучих сталей теплостійкість ще називають червоностійкістю. Підвищення теплостійкості інструментального матеріалу дозволяє йому працювати з великими швидкостями різання (табл. 69).

**4. Висока зносостійкість** при підвищеній температурі.

**5. Низька фізико-хімічна активність інструментального матеріалу по відношенню до оброблюваного.**

**6. Висока технологічність** – властивість, яка забезпечує оптимальні умови виготовлення інструментів. Наприклад, для інструментальних сталей

такими умовами є: гарна оброблюваність різанням і тиском; сприятливі особливості термічної обробки (мала чутливість до перегріву, гарна закалюваність і прокалюваність, мінімальні деформації і утворення тріщин при закалюванні і т.п.); гарна здатність до шліфування після термічної обробки.

Т а б л и ц я 69

**Зв'язок між теплостійкістю і допустимою швидкістю різання для різних інструментальних матеріалів**

Матеріал	Критична температура теплостійкості, °С	Допустима швидкість при різанні сталі 45, м/хв
Вуглецева інструментальна сталь	200 – 250	10 – 15
Легована інструментальна сталь	350 – 510	15 – 30
Швидкоріжуча сталь	600 – 650	40 – 60
Тверді сплави:		
група ВК	900 – 930	120 – 200
група ТК і ТТК	1000 – 1030	150 – 250
титанові (без вольфрамові)	800 – 830	100 – 300
з покриттям	1000 – 1100	200 – 300
Ріжуча кераміка	1200 – 1230	400 – 600

В промисловості для лезового інструмента використовують 5 груп інструментальних матеріалів: інструментальні сталі (вуглецеві, леговані і швидкоріжучі), металокерамічні тверді сплави, ріжуча (мінеральна) кераміка або мінералокерамічні сплави та надтверді матеріали (НТМ).

Чим вище твердість матеріалу, тим нижче його міцність. Тому набір цих основних властивостей і визначає область і умови раціонального використання інструментального матеріалу для ріжучого інструмента. Наприклад, інструмент з дуже твердих, але крихких СТМ на основі алмаза і кубічного нітриду бора або з мінералокераміки використовують для обробки заготовок на високих і надвисоких швидкостях різання, але при достатньо обмежених перерізах зрізуваного шару.

## 8.2 Інструментальні сталі

**Вуглецеві і леговані інструментальні сталі** використовуються для виготовлення ручного та деревообробного інструменту. Вуглецеві сталі марок У7, У7А ... У13, У13А крім заліза містять 0,2 – 0,4% марганцю. Мають невелику теплостійкість, оскільки при порівняно невисоких температурах (200–250 °С) твердість цих сталей різко зменшується. Норми твердості та область використання вуглецевих інструментальних сталей наведені в табл. 70.

Т а б л и ц я 70

**Норма твердості вуглецевих інструментальних сталей**

Марка сталі	Твердість НВ у відпаленому стані, не більше	Область використання
У10, У10А	197	Малорозмірний різальний інструмент, свердла, мітчики, розгортки, плашки, фрези
У11, У11А, У12, У12А	207	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, фрези

Примітка: До групи високоякісних відносяться марки сталі з літерою А.

Леговані інструментальні сталі по своєму хімічному складу відрізняються від вуглецевих підвищеним вмістом кремнію, марганцю або наявністю легуючих елементів: хрому, нікелю, вольфраму, ванадію, кобальту, молібдену. Низьколеговані сталі марок 9ХФ, 11ХФ, 13Х, В2Ф, ХВ4, ХВСГ, ХВГ, 9ХС та ін. мають теплостійкість до 350 – 400 °С. Норми твердості та область використання легованих інструментальних сталей наведені в табл. 71.

Т а б л и ц я 71

**Норма твердості легованих інструментальних сталей**

Марка сталі	Твердість НВ у відпаленому стані, не більше	Область використання
ПХФ(ПФ)	229	Мітчики та інші інструменти діаметром до 10 мм
ХВЧ(ХВ5)	255	Різці та фрези при обробці твердих металів з невисокими швидкостями різання
Х	229	Різці
9ХС	241	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, фрези
ХВГ	255	Протяжки, довгі мітчики
ХВСГ	255	Круглі плашки, розгортки тощо

**Швидкоріжучі сталі** поділяються на сталі нормальної продуктивності (марок P18, P12, P9, P6M5 та ін.) і сталі підвищеної продуктивності (марок P6M5Ф3, P12Ф3, P9K5, P6M5K5 та ін.). У порівнянні з інструментами з вуглецевих і легованих інструментальних сталей інструменти із швидкоріжучих сталей мають більш високі теплостійкість (600-700 °С) і зносостійкість. Це дозволяє в 2,5-3 рази збільшувати швидкість різання у порівнянні з інструментами з вуглецевих або легованих сталей. Норми твердості та область використання основних марок швидкоріжучих сталей наведені в табл. 72.

Т а б л и ц я 72.

**Норма твердості швидкоріжучих сталей**

Марки сталі	Твердість після відпалу НВ, не більше	Область використання
P18	255	Для всіх видів ріжучих інструментів при обробці конструкційних матеріалів
P12	255	Те ж, що і для сталі P18
P9	255	Для інструментів простої форми при обробці конструкційних матеріалів
P6M5	255	Те ж, що і для сталі P18
P6M5Ф3	269	Для чистових і напівчистових інструментів при обробці конструкційних сталей
P12Ф3	269	Для чистових інструментів при обробці в'язкої і аустенітної сталі та матеріалів, що мають абразивні властивості
P18K5Ф2	285	Для чорнових і напівчистових інструментів при обробці високоміцних, корозійностійких і жароміцних сталей та сплавів
P9K5	269	Для інструментів при обробці корозійностійких сталей і жароміцних сплавів, а також сталей підвищеної твердості
P6M5K5	269	Для чорнових і напівчистових інструментів при обробці легованих, а також корозійностійких сталей
P9K10	269	Те ж, що і для сталі P9K5
P9M4K8	285	Для інструментів при обробці високоміцних, жароміцних і корозійностійких сталей і сплавів
P10K5Ф5	285	Для інструментів при обробці матеріалів, що мають абразивні властивості

При обробці різанням використовують порошкові швидкоріжучі сталі P6M5Ф3-МП, P12Ф2-МП, P6M5K5-МГ1 та ін. При використанні порошкової

металургії дисперсність карбідів в сталях виросла в 15-20 разів при приблизно рівномірному розподіленні їх в об'ємі металу, що сприяло підвищенню властивостей і зменшенню їх анізотропій. Перевага порошкових сталей проявляється у підвищенні порошкових швидкорізальних сталей, стійкість інструмента підвищується в 1,5-2,0 рази, а в великогабаритних інструментів діаметром понад 80 мм - до 3-4 разів у порівнянні з аналогічним інструментом із сталі традиційного способу виробництва.

Найбільш раціонально порошкові сталі використовувати при обробці важкооброблюваних складнолегованих матеріалів і матеріалів, які мають підвищену твердість ( $HRC > 30$ ), а також для виготовлення великогабаритних інструментів діаметром понад 80 мм.

Особливе місце серед інструментальних матеріалів, які виготовляються методом порошкової металургії, займають карбідні сталі, до складу яких входить легувана матриця і переважно карбіди титану з масовою часткою 20-70 %. Карбідні сталі мають високі твердість (до 86-88 HRA) і зносостійкість. Область їх використання - деякі види кінцевого інструмента, протяжки. При обробці важкооброблюваних матеріалів рекомендуються дисперсійно твердіючі швидкоріжучі сплави з температурою обробки до 725 °C при задовільних механічних властивостях.

Розроблені безвольфрамові швидкоріжучі сталі 9ХС МЗФЗАГСТ та (Х, МЗФ2ГСТ). За різальними властивостями вони відповідають сталі Р6М5, що і визначає область їх використання.

За формою та розмірами інструментальні сталі виготовляються:

- ковані круглого і квадратного перерізів з діаметром і розміром сторони квадрата відповідно від 40 до 200 мм;
- гарячекатані круглого перерізу діаметром від 5 до 25 мм;
- гарячекатані квадратного перерізу з розміром сторони квадрата від 5 до 260 мм;
- смугами гарячекатані та ковані з розмірами перерізу від 3x12 до 80x300 мм;

- калібровані круглого перерізу діаметром від 3 до 100 мм.

Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної, кованої та каліброваної швидкорізальної сталі не повинна перевищувати на сторону 0,5 мм плюс 1 % від діаметра круга, сторони квадрата, товщини смуги. Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної та кованої легуваних сталей не повинна перевищувати 0,35-1,3 мм для діаметра від 4 до 100 мм, а у каліброваних - 1,5 % від діаметра, за винятком сталі, легуваної кремнієм, для якої знеуглецьований шар не повинен перевищувати 2 % від діаметра. Глибина знеуглецьованого шару гарячекатаної та кованої вуглецевої сталі діаметром від 6 до 60 мм не повинна перевищувати 0,30-0,05 мм, а для діаметрів понад 60 мм - 1,5 % від величини діаметра.

Леговані інструментальні сталі добре обробляються різанням, мають велику прогартовуваність, меншу чутливість до перегрівання, ніж вуглецеві сталі. Важлива властивість при практичному використанні швидкорізальних сталей - висока пластичність в інтервалі температур 900-200°C. Для оцінки пластичності зразки із швидкоріжучої сталі підлягають статичному крученню. За критерій пластичності приймається число закручень, яке витримує зразок.

### 8.3 Тверді сплави

Для обробки матеріалів різанням використовують тверді сплави чотирьох основних груп: вольфрамокобальтові, титановольфрамкові, титанотанталовольфрамкові та безвольфрамкові.

**Вольфрамокобальтові сплави** (сплави групи ВК) складаються з карбіду вольфраму і кобальту. В позначеннях марок твердих сплавів групи ВК цифра вказує відсотковий зміст кобальту. Наприклад, до складу сплаву ВК6 входить 6 % кобальту і 94 % карбіду вольфраму. Для виготовлення різального інструменту використовують сплави ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6-М, ВК6-ОМ, ВК8, ВК10, ВК10-М, ВК10-ОМ. В позначенні марок

дрібнозернистого твердого сплаву ставиться літера М, особливо дрібнозернистих сплавів (основна маса зерен карбіду вольфраму має розмір менше 1 мкм) - літери ОМ, а сплавів з добавкою карбідів хрому - літера Х. При збільшенні в сплавах вмісту кобальту межа міцності при згині зростає від 1176 МПа у сплаві ВКЗ до 1470 МПа у сплаві ВКЮ-ОМ. В той же час твердість НРА зменшується від 89,3 до 88,5, тому сплав ВКЗ з мінімальним вмістом кобальту, як найбільш зносостійкий, але найменш міцний, рекомендується для чистової обробки, а сплави ВК8, ВК10М і ВКЮ-ОМ - для чорнової обробки. Сплави групи ВК рекомендуються переважно для обробки чавунів, кольорових металів, склопластиків.

**Двокарбідні тверді сплави групи ТК** складаються з карбідів вольфраму, титану і кобальтової зв'язки (WC - TiC - Co). В позначеннях марок твердих сплавів групи ТК цифра після літери Т вказує відсотковий вміст карбідів титану, а після літери К - відсотковий вміст кобальту. Наприклад, сплав Т15К6 вміщує 18 % карбідів титану, 6 % кобальту і 79 % карбідів вольфраму. Для виготовлення різального інструмента використовують сплави Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5КЮ, Т5К12. Найбільш міцними і в'язкими сплавами з цієї групи є сплави, до складу яких входить найменша кількість карбідів титану. З підвищенням вмісту останніх міцність та в'язкість сплавів знижується, але зростає їх твердість, теплостійкість та стійкість до зношування. Тому сплав Т30К4 використовують для чистового точіння з малими навантаженнями на інструмент. Сплави Т5К10 і Т5К12 характеризуються найбільшою міцністю та в'язкістю і використовуються для роботи у важких умовах ударних навантажень при нерівномірному перерізі зрізу і переривчастому різанні. Сплави групи ТК рекомендуються головним чином для обробки сталей.

**Тверді сплави групи ТТК** з вмістом танталу складаються з трьох основних фаз: твердого розчину карбідів титану, вольфраму і танталу, а також карбіду вольфраму і розчину на основі кобальту. В позначеннях марок цих твердих сплавів цифри після літер ТТ вказують на сумарний відсотковий

вміст карбідів титану і танталу, а після літери К - відсотковий вміст кобальту. Наявність в складі сплавів цієї групи карбідів танталу обумовило значне підвищення їх міцності та в'язкості при деякому зменшенні стійкості.

Для виготовлення ріжучого інструмента, використовують сплави ТТ7К12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9. Вони рекомендуються для важких умов різання з великими коливаннями перерізу зрізу, а також для переривчастого різання. Найбільш міцним є сплав ТТ7К12. Сплав ТТ7К12 має хороший опір до перепадів температур і утворення тріщин. Він рекомендується для обробки сталі в найбільш несприятливих умовах. Сплав ТТ20К9 характеризується підвищеним опором до теплових і механічних циклових навантажень і рекомендується для фрезерування глибоких пазів в сталевих заготовках.

Зі всіх існуючих твердих сплавів сплави ВК при однаковому вмісті кобальту мають більш високі ударну в'язкість та межу міцності при згині, при пониженій стійкості цих сплавів до окислення та корозії. Разом з тим, вони можуть при обробці різанням скріплюватися зі стружкою. Область використання різних марок твердих сплавів наведено в табл. 73.

**Безвольфрамкові тверді сплави** на основі карбідів і карбонітридів титану з нікелемолібденовим з'єднувальним матеріалом відрізняються високою стійкістю до припалу, малим коефіцієнтом тертя, пониженою схильністю до адгезії, але меншою міцністю, схильністю до утворення тріщин при напаяванні. Вони показують хороші результати при напівчистовій обробці конструкційних сталей, міді, нікелю. Для виготовлення різального інструмента використовують сплави КНТ16 та ТН20.

Всі марки твердих сплавів розподілені за міжнародною класифікацією (ISO) на групи К, М та Р. Сплави групи К призначені для обробки чавуну і кольорових металів, що дають стружку надлому, сплави групи М - для важкооброблюваних матеріалів, сплави групи Р - для обробки сталей.

Приблизна відповідність вітчизняних і закордонних марок твердих



сплавів класифікації ISO наведена в табл. 73.

Розроблені та отримали розповсюдження сплави серії MC. Стійкість різального інструмента із сплавів MC у порівнянні зі сплавами групи BK і TK в 1,5 рази вища. Замінені сплавами серії MC сплави групи BK і TK наведені в табл. 74.

Таблиця 73.

## Відповідність марок твердих сплавів класифікації ISO

Група використання за ISO			Марки сплавів іноземних фірм за ГОСТом				
Основна	Підгрупа	ГОСТ	США	Фірма "Коромант" (Швеція)	Фірма "Вальтер" (ФРН)	Фірма "Хертель" (ФРН)	Фірма "Сумітомо" (Японія)
1	2	3	4	5	6	7	8
P	P01	T30K4	C8	F02; SIP	-	-	STIOR; ACIO; AC815
	P10	T15K6	C70	SIP; SI OT; GC415; GC015	-	-	STIOR; AC815
	P15	-	-	-	WT-1	-	-
	P20	T14K8	C7	S2; GC120	WPM	P2F	AC720; ST20E
	P25	TT20K9	C60	GC1025; SM; SMA	WPM	P2F	-
	P30	T5K10	C6	SM30; S30T	WPM; WP40	P2F; GX	AC835; ST30E
	P40	T5K10	C50	S6	WP40	GX	ST40E; A835
	P50	TT7K12	C5	R4	-	GX	-
M	M10	TT8K6	-	RIP; H13A	WM15; WT2	KMI	-
	M20	ГТ10К8Б	-	GCC415; GC015; SH; П13 А	WM15; WT2	KMI	-
	M40	TT7K12	-	R4	-	-	-
K	K01	BK3; BK3M	C4	H05	-	-	HI; H2; AC10
	K05	BK6-M	-	-	-	KMI	-
	K10	BK6-OM	C3	HIP; GC310	WK10; WT2	KMI; K20	G10E; AC10
	K20	BK6	C2	SMA; HBA; H20	WKM; WT2	-	G10E; A30
	K30	BK8; BK8M	CN	H20; HBA	WK40	-	-
	R40	BK15	-	-	WK40	-	-

Примітка: Марки сплаву відносяться до основної підгрупи застосування. Вони можуть бути використані і в сусідніх підгрупах.

Одним з шляхів підвищення експлуатаційних характеристик твердих сплавів є нанесення на різальну частину інструмента тонких зносостійких покриттів на основі нітриду титану, карбіду титану, нітриду молібдену, окислу алюмінію. Товщина шару покриття коливається від 0,005 до 0,2 мм. Досліди показують, що тонкі зносостійкі покриття призводять до значного збільшення стійкості інструмента. Тверді сплави випускаються у вигляді непереточуваних багатогранних і переточуваних пластинок різної форми, тврдосплавних заготовок для монолітного малорозмірного інструменту, а також у вигляді порошків. Області використання різних марок твердих сплавів наведені в табл. 75.

Т а б л и ц я 74

**Марки твердого сплаву серії MC**

Марки твердого сплаву			
Серії MC	За ГОСТом	Серії MC	За ГОСТом
MC301	BK3	MC131	T5K10
MC313	BK6	MC146	T5K12
MC318	BK6	MC121	T14K8
MC312	BK6M	MC111	T15K6
MC306	BK6-OM	MC101	T30K4
MC212	BK6-OM	MC1460	TT7K2ГТ
MC321	BK8	MC221	TT10K8Б
MC347	BK8	MC2210	TT10K8БГТ
MC241	BK8	MC137	TT20K9

Т а б л и ц я 75

**Області використання твердих сплавів**

Позначення	Оброблюваний матеріал. Тип стружки, що знімається	Вид обробки. Умови використання
Група різання Р		
P01	Сталь. Зливна стружка	Чистове точіння, розточування, розгортання (високі точності обробки та якість поверхні виробу)
P10	Сталь. Зливна стружка	Точіння, в тому числі по копіру, нарізання різі, фрезерування, розсвердлювання, розточування
P20	Сталь, ковкий чавун та кольорові метали. Зливна стружка	Точіння, в тому числі по копіру, фрезерування, стругання
P25	Сталь нелегована, низько- і середньолегована	Фрезерування, в тому числі глибоких пазів, інші види обробки, при яких у сплаві повинен бути високий опір тепловим і механічним навантаженням

## Продовження таблиці 75

P30	Сталь, ковкий чавун. Зливна стружка	Чорнове точіння, фрезерування, стругання. Робота в несприятливих умовах
P40	Лита сталь. Зливна стружка і стружка надлому	Чорнове точіння, стругання. Робота в особливо несприятливих умовах
P50	Сталь із середньою або низькою міцністю, з добавленням піску і раковин. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, стругання, довбання з особливо високими вимогами до міцності твердого сплаву у зв'язку з несприятливими умовами роботи. Для інструментів складної форми.
Група різання М		
M10	Сталь, в тому числі аустенітна, жароміцна, важкооброблювана, сплави, сірий, ковкий і легований чавун. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування
M20	Сталь, в тому числі жароміцна, важкооброблювана, сплави, сірий та ковкий чавуни. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування
M30	Аустенітна сталь, жароміцні, важкооброблювані сталі і сплави, сірий і ковкий чавуни. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання. Робота в несприятливих умовах.
M40	Низьковуглецева сталь з низькою міцністю, автоматна сталь та інші матеріали і сплави. Зливна стружка і стружка надлому	Точіння, фасонне точіння, відрізання переважно на верстатах-автоматах
Група різання К		
K01	Сірий чавун, переважно високої твердості, алюмінієві сплави з великим вмістом кремнію, загартована сталь, абразивні пластмаси, кераміка, скло. Стружка надлому	Чистове точіння, розточування, фрезерування, шабрування
K05	Леговані чавуни, загартовані сталі, корозійностійкі сталі та сплави. Стружка надлому	Чистове і напівчистове точіння, розточування, розвертання, нарізання різі

K10	Сірий і ковкий чавуни, переважно підвищеної твердості, загартована сталь, алюмінієві та мідні сплави,- пластмаси, кераміка	Точіння,розточування, шабрування, фрезерування, свердління
K20	Сірий чавун, кольорові метали, абразивна пресована деревина, пластмаси. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, розточування, стругання, свердління
K30	Сірий чавун низької твердості та міцності, сталь низької міцності, деревина, кольорові метали, пластмаси, щільна деревина. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання, свердління. Робота в несприятливих умовах*. Допустимі великі передні кути заточування інструмента
K40	Кольорові метали, деревина, пластмаси. Стружка надлому	Точіння, фрезерування, стругання. Допустимі великі передні кути заточування інструмента

\* Робота зі змінною глибиною різання, з переривчатою подачею, з ударами, вібраціями, з наявністю ливарної кірки і абразивними включеннями в оброблюваному матеріалі.

Примітки:

1. Зносостійкість сплаву при різанні і допустима швидкість різання зменшується в напрямку від групи використання P01, M10 і K01 до групи використання P50, M40 і K40, а міцність і допустимий переріз зрізання збільшується з тією ж закономірністю.

2. Колір маркування залежить від групи різання: P - синій; M - жовтий; K-червоний.

## 8.4 Ріжуча кераміка

Для обробки матеріалів різанням використовують оксидну кераміку, до складу якої входить 90 %  $Al_2O_3$ , легованих добавок карбідів хрому, титану, вольфраму, молібдену та складних карбідів цих металів. Це підвищує межу міцності кераміки на згинання, але дещо зменшує її теплостійкість і зносостійкість.

Суттєвим недоліком кераміки є її висока крихкість, низька ударна в'язкість та поганий опір до циклічних змін теплового навантаження та ударних механічних навантажень. Основні марки ріжучої кераміки наведені в табл. 76.

**Основні марки ріжучої кераміки**

Група кераміки	Марка	Колір пластин	Межа міцності при згині, МПа	Твердість HRA
Оксидна	ЦМ332	білий	300-350	91
	ВОІЗ	білий	400-450	92
	ВШ75	чорно-сірий	400-600	93
Оксидно-карбідна і оксинітридна	ВЗ	чорний	650	93
	ВОК60	чорний	650	93
	ВОК71	чорний	650	93
	Кортиніт	темно-коричневий	640	92
На основі нітриду кремнію	Силиніт-Р	коричневий	500-700	94-96

Ріжучу кераміку виготовляють у вигляді пластинок тригранної, квадратної, ромбоподібної та круглої форм. Ріжуча кераміка рекомендується для чистової та напівчистової обробки. Вона використовується при обробці різцями і торцевими фрезами. Область використання різних марок різальної кераміки наведені в табл. 77.

**Області використання ріжучої кераміки**

Оброблюваний матеріал	Твердість	Запропонована марка кераміки
Сталі конструкційні вуглецеві та леговані	HRB 160-200 HB 200-260 HRC 42-57	ВО-13, ВШ-75, силиніт-Р ВС-13, ВОК-71, ВШ-75, силиніт-Р ВОК-60, В-3, кортиніт
Чавун сірий	HB 200	ВО-13, ВШ-75 ВОК-71 кортиніт
Ковкий	HRC 63	В-3, кортиніт
Сталі корозійностійкі	HRC 50	ВОК-71
Кольорові метали на основі міді	HB 60-120	В-3, кортиніт

Висока теплостійкість ріжучої кераміки дозволяє використовувати їх при високих швидкостях різання, які перевищують швидкості різання твердосплавним інструментом.

### 8.5 Надтверді матеріали (НТМ)

Надтверді матеріали, що використовуються для лезового інструмента є, щільними модифікаціями вуглецю або нітриду бору. НТМ на основі алмазу (полікристали алмазу) отримують в результаті фазового переходу графіту в алмаз. До перших відносяться карбонад (АСПК) і баласт (АСБ). Спіканням алмазних зерен отримують полікристали САБН, СКМ та ін.

На основі щільних модифікацій кубічного нітриду бору створені надтверді інструментальні матеріали, що називаються композити. До них відносяться композит 01 — ельбор-Р, композит 02 - белбор, композит 03 - ісміт, композит 05, композит 09 (ПТНБ), композит 10 - гексаніт Р, кіборит і ніборит. Надтверді інструментальні матеріали поставляються у вигляді циліндричних заготовок, а також у вигляді багатогранних або круглих пластин. Основні розміри циліндричних заготовок із НТМ лезового різального інструменту наведені в табл. 78, а області використання різних НТМ для лезового інструмента - в табл. 79.

Таблиця 78

Основні розміри циліндричних заготовок із НТМ

Матеріал	Діаметр, мм	Висота, мм
Композит 01 (ельбор Р)	3,5-4,6	3,5-4,0
Композит 02 (белбор)	3,5-4,2	3,5-5,0
Композит 03	2,5	3,5
Композит 05 група I	6,5-7,5	7,0-8,0
Композит 05 група II	9,5-10	7,0-8,0
Композит 09 (ПТНБ)	1,8-8,0	3,5-4,2
Композит 10 (гексаніт Р)	3,0-6,5	3,0-5,0
Полікристали алмазу:		
АСПК2	3,5	4,0
АСБ1	3,6-5,8	3,0-5,6
АСБ2	3,6-5,0	3,0-5,4
АСБ6	5,0-6,0	1,8-6,0

**Область використання інструментальних НТМ**

Матеріал	Область використання
К01 (ельборР) К02 (белбор) К03 (ісміт)	Чистова обробка без удару деталей із загартованих сталей з HRC 40-63, чавунів
Композит 05	Чистова і напівчистова обробка деталей із загартованих сталей HRC 41-50, чавунів та інших матеріалів, що дають стружку надлому
Композит 09 (ГІТНБ) К10 (гексаніт Р)	Чистова і напівчистова обробка деталей з переривчастою поверхнею із загартованих сталей HRC 58-60, чавунів, твердих сплавів
Полікристали алмазу (АСП) АСГК	Обробка титанових, алюмінієвих сплавів, склопластиків, мінералокераміки, пластифікованого твердого сплаву, мідних сплавів

**8.6 Сталі для виготовлення корпусів інструментів**

У складеного інструмента корпуси і елементи кріплення виготовляються з конструкційних сталей марок: 45, 50, 60, 40Х, 45Х, У7, У8, 9ХС та ін. Найбільше розповсюдження отримала сталь 45, з якої виготовляють державки різців, хвостовики свердел, зенкерів, розверток, мітчиків, корпуси збиральних фрез, розточувальні оправки.

Для виготовлення корпусів інструментів, які працюють у важких умовах, використовують сталь 40Х. Вона після загартування в маслі та відпуску забезпечує зберігання точності пазів, в які вставляються ножі. У тому випадку, коли окремі частини корпусу інструмента працюють на зношування, вибір марки сталі визначається необхідністю забезпечення отримання високої твердості в можливих місцях тертя. До таких інструментів відносяться, наприклад, твердосплавні свердла, зенкери, в яких напрямні стрічки в процесі роботи стикаються з поверхнею обробленого отвору і швидко зношуються. Для корпусів подібних інструментів використовують вуглецеву інструментальну сталь, а також леговану інструментальну сталь 9ХС. Корпуси алмазних кругів можуть виготовлятися з алюмінієвих сплавів, а також алюмінобакелітового прес-порошку і кераміки.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Вайнтрауб М. А. Засоби контролю процесів механообробки надточних деталей: монографія / Г. С. Тимчик, В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб, Т.Р. Ключко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 516 с.
2. Васин С.А., Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание металлов: термодинамический подход к системе взаимосвязей при резании: Учебн. для техн. ВУЗов. – М.: Издательство МГТУ им. Н.З. Баумана, 2001. – 448 с.
3. Внуков Ю.М. Зношування і стійкість різальних лезових інструментів: Навч. посібник. / Внуков Ю.М., Залога В.О. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 243 с.
4. Грицай І.Є., Кукляк М.Л. Різання металів. Теорія різання. Навч. посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. – 132 с.
5. Залога, В.О. Прогнозування деформаційної складової сил тертя на контактних поверхнях різального інструменту/ В.О. Залога, Д.В. Криворучко, О.О. Залога // Вісник ЖДТУ. Серія Технічні науки.- 2009, №3 (50). — С. 38 – 45.
6. Кожевников Д.В., Кирсанов С.В. Резание металлов. – М.: Машиностроение, 2007. – 303 с.
7. Кроль О.С., Зарубицький Є.У., Кисильов В.М. Теорія різання металів у прикладах і задачах: Навчальний посібник. – Київ: НМК ВО, 1992. – 132 с.
8. Лакирев С.Г. Обработка отверстий: [справочник] / С.Г. Лакирев – М.: Машиностроение, 2004. – 208 с.
9. Основи теорії різання матеріалів. Підручник для ВНЗ / Залога В.О., Доброскок В.Л., Внуков Ю.М., Мазур М.П. – «Новий світ 2000», 2010. – 317 с.
10. Основы теории резания материалов: учебник / Мазур В.П., Внуков Ю.Н., Грабченко А.И. и др. – 2-е изд. перераб. и дополн. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.



11. Пентюк Б. М, Іскович-Лотоцкий Р.Д., Штурма АЛ. Прогресивні конструкції та використання ротаційних інструментів. Навч. посібник. Вінниця: ВДТУ. 2001 – 70 с.
12. Режущий инструмент: Проектирование. Производство. Эксплуатация: Учеб. пособие / В.И. Шагун. – Минск: НПООО «Пион», 2002. – 496 с.
13. Розенберг Ю.А. Резание материалов. Учебник для техн. ВУЗов. – Курган: Изд-во ОАО Полиграфический, 2007. – 294с.
14. Стискін Г.М. Інструменти для механічної обробки матеріалів / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.А. Мелещик – Л.: Оріяна-Нова, 2002. – 240 с.
15. Стискін Г.М. Технологічні основи програмування обробки деталей на верстатах з числовим програмним керуванням / Г.М. Стискін, М.П. Ревнівцев, М.М. Берізко, В.Д. Гаєвський, - Л.: Оріяна-Нова, 2002. –208 с.
16. Теорія різання: Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 250 с.
17. Технологія верстатних робіт: навч. пос. для проф.-техн. навч. закладів / М.А. Вайнтрауб, В.Й. Засельський, Д.В. Пополов, за наук. ред. М.А. Вайнтрауба. – К., 2015. – 199 с.
18. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. та ін.; за ред. Сологуба М.А. – 2-ге вид., перероб. і допов. – К.: Вища школа, 2002. – 374 с.
19. Ящерицын, П.И. Теория резания / П.И. Ящерицын, Е.Э. Фильдштейн, М.А. Корниевич. – 2-е изд., испр. и доп. - Мн.: Новое издание, 2006. – 512 с.

