Лекція 9. Технологічні особливості обробки отвору свердленням

9.1. ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ СВЕРДЛІННЯМ, ЗЕНКЕРУВАННЯМ І РОЗГОРТАННЯМ

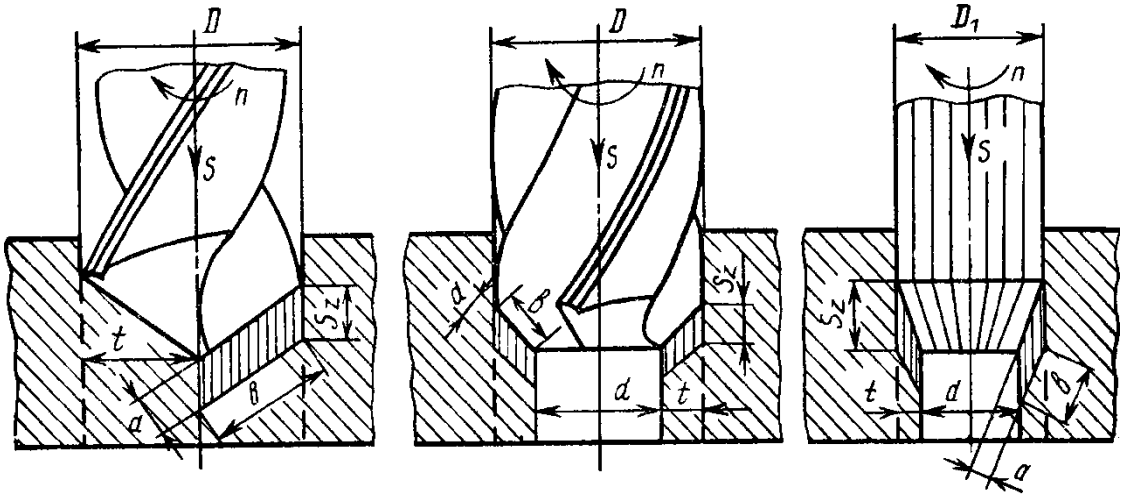
Свердлення, зенкерування і розгортання – поширені процеси оброблення глухих і наскрізних отворів з широким діапазоном діаметрів. Під час цих процесів здійснюється одночасно два рухи: обертальний рух інструменту або деталі (головний рух) і поступальний рух уздовж осі (рух подачі). Інструменти для цих процесів згідно з ГОСТ 25781–83 називають осьовими.

Свердлення – один із поширених способів утворення отворів у суцільному матеріалі з допомогою свердел. Свердлення забезпечує економічну точність обробки в межах 11 – 13-го квалітетів і параметр шорсткості R_a = 5...10 мкм (рис. 6.1, а).

Розсвердлювання – процес збільшення свердлом діаметрів наявних отворів.

Зенкерування – оброблення циліндричних литих, штампованих або заздалегідь просвердлених отворів зенкером для надання їм правильної геометричної форми, необхідних розмірів і шорсткості поверхні. Забезпечує економічну точність у межах 8 – 9-го квалітетів і параметр шорсткості R_a = 3,2...6,4 мкм (рис. 6.1, б).

Розгортання – чистове оброблення отворів для отримання точних розмірів у межах 5 – 7-го квалітетів і параметра шорсткості R_a = 0,5...1,6 мкм (рис. 6.1, в).



а б в

Рис. 6.1. Схеми свердлення (а), зенкерування (б) і розгортання (в)

Глибина різання t, мм, під час свердлення дорівнює $D/2$, а під час розсвердлювання заготовки діаметром d до діаметра D $t=(D-d)/2$, під

час зенкерування $t = (0{,}05...0{,}1)D$ (D – діаметр отвору, обробленого зенкеруванням), під час розгортання $t = 0{,}05...0{,}5$ мм.

Подача на оберт S_0, мм/об, під час оброблення отворів дорівнює переміщенню інструменту або деталі в напрямку осі обертання за один оберт.

Подача на зуб одну різальну кромку осьового інструменту $S_z = S_0 / z$, мм/зуб, а хвилинна подача $S_m = S_0 n = S_z z n$, де z – кількість зубів інструменту (свердла мають два зуби, зенкери – три-чотири, розвертки – до восьми зубів).

9.1.1 Призначення й основні типи свердел

У технології виготовлення деталей ЛА оброблення отворів здійснюється у широкому діапазоні діаметрів D (від 0,1 до 100 мм) і глибин різання t (до 100 D).

Існує близько 30 типів свердел різних конструкцій і призначення: спіральні (з гвинтовими канавками), перові (з прямими канавками), центрувальні для оброблення центрових отворів, кільцеві для глибокого свердлення, спеціальні.

Найбільш поширеними є спіральні (або гвинтові) свердла. Їх застосовують для оброблення отворів завглибшки до (5...10) D.

9.1.2. Конструкції й геометрія спіральних свердел

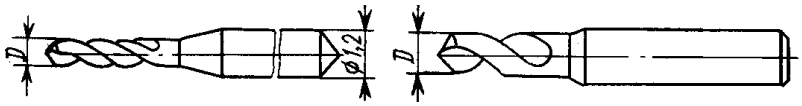
Спіральні свердла (рис. 6.2) застосовують для свердлення й розсвердлювання отворів діаметром до 80 мм: з циліндричним хвостовиком D = 0,10...20 мм і конічним хвостовиком D = 6...80 мм. Робоча частина свердла складається з різальної й напрямної частин.

Малорозмірні свердла діаметрами D = 0,1...1,0 мм (див. рис. 6.2, а) виготовляють з інструментальних сталей марок Р6М3 і Р6М5К5, діаметрами D = 0,6...1,0 мм – із твердих сплавів марок ВК10М і ВК15М (див. рис. 6.2, б). Для діаметрів D = 1,5...10,0 мм випускають свердла цілісні (див. рис. 6.2, в) і складені – з твердосплавною гвинтовою робочою частиною завдовжки l_0 і сталевою хвостовою частиною (див. рис. 6.2, г). Свердла діаметром D = 6…80 мм виготовляють з конічним хвостовиком (див. рис. 6.2, д). Для свердлення важкооброблюваних матеріалів використовують спіральні свердла діаметрами від 18 до 32 мм з внутрішньою подачею МОР (див. рис. 6.2, е).

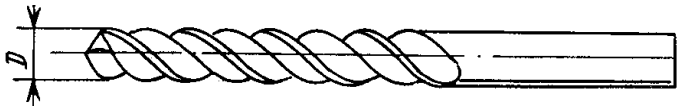
На відміну від різця передні поверхні свердла гвинтові, головні задні поверхні зазвичай конічні, а допоміжні задні поверхні – гвинтові стрічки, що забезпечують спрямування свердла в процесі різання.

У результаті складання обертального й поступального рухів свердла (див. рис. 1.7, б) траєкторія кожної точки різальної кромки – гвинтова лінія, а

траєкторія кромки – гвинтова поверхня з кроком, що дорівнює подачі на оберт S_0.



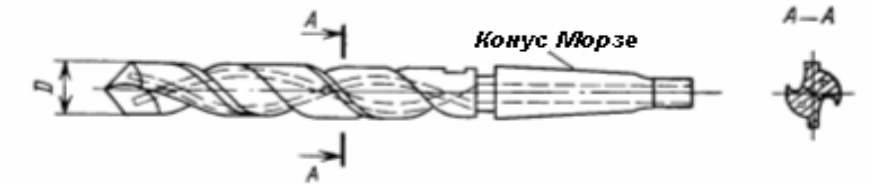
а б



в



г д



е

Рис. 6.2. Спіральні свердла

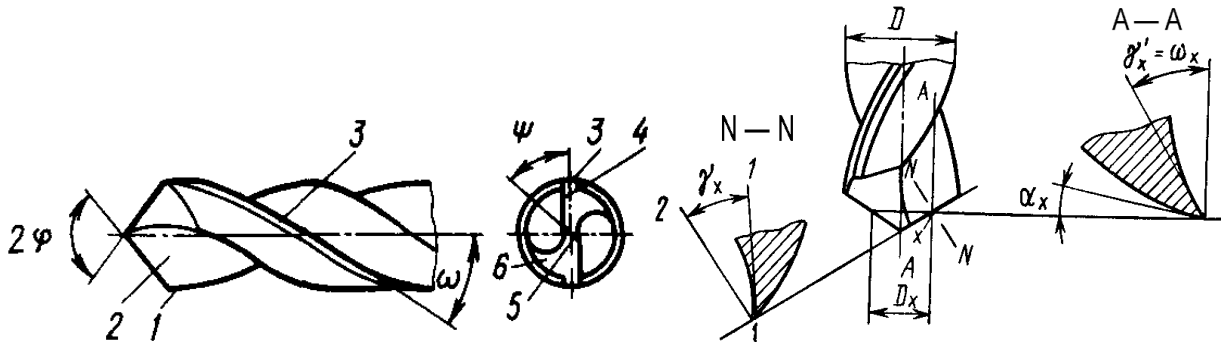
Спіральне свердло має дві головні різальні кромки 4 (рис. 6.3, а), утворені перетином передніх гвинтових поверхонь 2 канавок, по яких сходить стружка, із задніми поверхнями 6, поверненими до поверхні різання. Поперечна різальна кромка – перемичка 5 – розташована на перетині обох задніх поверхонь. Дві допоміжні різальні кромки утворені перетином передніх поверхонь з поверхнею стрічки 3. Стрічка свердла забезпечує спрямування свердла по оброблюваному отвору під час різання і є вузькою смужкою на його циліндричній поверхні, розташованою вздовж гвинтової канавки.

Геометрія заточування свердел характеризується подвійним кутом у плані 2φ, переднім γ і заднім α кутами, а також кутами нахилу гвинтової канавки ω і поперечної різальної кромки-перемички ψ. Стандартні свердла мають кут 2φ величиною від 116 до 118°.

Для свердлення високоміцних матеріалів кут свердла 2φ рекомендується збільшувати до 140°.

Передній кут γ вимірюють у головній січній площині N – N,

перпендикулярній до проекції головної різальної кромки на основну (діаметральну) площину, що проходить через вершину й вісь свердла (рис. 6.3, б). Кут γ у цій точці утворюють дотична 1 – 1 до передньої поверхні різальної кромки й нормаль 1 – 2 у тій самій точці до поверхні, утвореної обертанням різальної кромки навколо осі свердла.



а б

Рис. 6.3. Геометрія спірального свердла

Кут γ залежить від кута нахилу гвинтової канавки ω. Точки різальної кромки лежать на гвинтових лініях передньої поверхні свердла, що мають різні кути ω, тому кут γ у різних точках кромки є змінним і змінюється аналогічно куту ω.

Задній кут α_x у заданій точці – кут між дотичною до задньої поверхні в цій точці різальної кромки й дотичною в тій же точці до кола, утвореного різальною кромкою внаслідок її обертання навколо осі свердла. Задні кути свердла також змінні: на периферії α = 8...14°, поблизу поперечної кромки α = 20...25°.

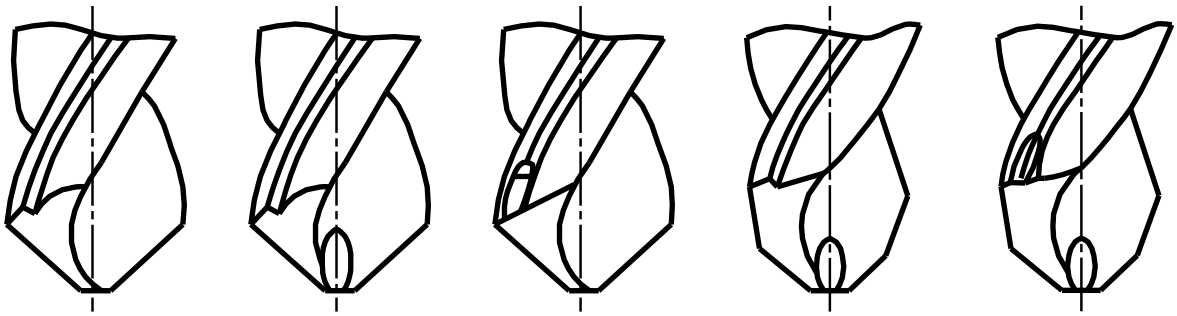
Щоб зменшити тертя стрічок об стінки отвору, діаметр свердла зменшують у напрямку до хвостовика, тобто формують протилежну конусність. Протилежна конусність φ_1 визначається різницею Δ діаметрів свердла на відстані l_0 = 100 мм довжини робочої частини ($\varphi_1 = arctg\Delta/2l_0$). Величина протилежної конусності під час оброблення отворів у конструкційних сталях свердлами діаметрами від 1,0 до 20 мм лежить у діапазоні 0,03...0,1 мм. Під час свердлення нержавіючих і жароміцних матеріалів протилежну конусність свердел рекомендується збільшувати до 0,1...0,15 мм.

Кут ω – це кут між віссю свердла й дотичною до гвинтової лінії стрічки. Уздовж різальних кромок кут нахилу гвинтової лінії є змінним і зменшується до осі свердла. Кут ω вибирають залежно від діаметра свердла D і властивостей оброблюваного матеріалу: чим менший D, тим менший ω. Для стандартних свердел ω = 18...30°. Для свердлення в'язких матеріалів

(алюмінієвих сплавів, маловуглецевих сталей, міді) застосовують свердла з кутом ω = 35...45°.

Для оброблення отворів у високоміцних матеріалах свердла піддають спеціальному заточуванню, метою якого є укорочення поперечної кромки й утворення більш сприятливих кутів поблизу неї (рис. 6.4). Подвійне заточування, підточування перемичок і стрічок застосовують для швидкорізальних свердел діаметром понад 12 мм і твердосплавних діаметром понад 5 мм.

Використовують різні форми заточування різальних кромок свердла для оброблення звичайних (див. рис. 6.4, а) і важкооброблюваних матеріалів (див. рис. 6.4, б – д).



а б в г д

Рис. 6.4. Форми заточування різальної частини свердла:

а – одинарна нормальна (Н); б – одинарна нормальна з підточуванням перемички (НП); в – одинарна нормальна з підточуванням перемички й стрічки (НПС);

г – подвійна з підточуванням перемички (ПП);

д – подвійна з підточуванням перемички й стрічки (ППС)

Для свердлення заготовок із високоміцних матеріалів ($\sigma_в \geq 1200$ МПа) необхідно застосовувати цілісні свердла з твердих сплавів марок ВК6М, ВК10М, ВК60М. Жорсткість свердел можна підвищити, якщо зменшити довжину робочої частини, збільшити товщину стрижня до 0,4 D, виготовити чотири напрямні стрічки, вибрати раціональну форму стружковідвідних канавок.

Для оброблення отворів у високоміцних матеріалах доцільно використовувати спіральні свердла підвищеної жорсткості – з потовщеним до (0,3...0,35) D стрижнем і підгостреними перемичками.

Спіральні свердла виготовляють головним чином з правим напрямом гвинтової канавки для правого різання.

Як МОР під час свердлення отворів малих діаметрів (D < 3 мм)

застосовують рідини на масляній основі, під час свердлення отворів великих діаметрів – водяні емульсії.

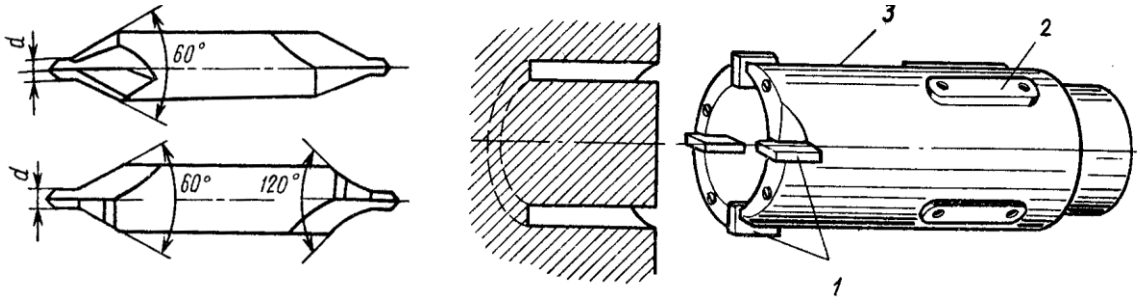
9.1.3. Конструкції й геометрія спеціальних свердел

Перові або плоскі свердла прості за конструкцією, але через погані умови відведення стружки й важкі умови різання їх застосовують здебільшого для оброблення отворів завглибшки $l \le D$.

Центрувальні комбіновані свердла призначені для оброблення центрових отворів діаметром від 1 до 10 мм. Бувають двох видів: з кутом конуса 60° і з кутами конусів 60 і 120° (рис. 6.5, а).

Кільцевими свердлами обробляють наскрізні отвори великих діаметрів. Кільцеве свердло (рис. 6.5, б) являє собою трубчастий корпус 3 із закріпленими на торці ножами 1 і кулачками 2 для спрямовування свердла.

Свердла для глибокого свердлення. Глибокі отвори ($l > 10D$) звичайно обробляють за 6 – 8-м квалітетами точності з жорсткими вимогами до прямолінійності осі отвору, співвісності отвору й зовнішньої поверхні.



а б

Рис. 6.5. Свердла: а – центрувальні; б – кільцеве

Оброблення потребує використання спеціальних свердел й верстатів. Оброблювана деталь обертається, а свердло здійснює тільки поступальний рух.

Для глибокого свердлення застосовують звичайні гвинтові свердла двостороннього різання й спеціальні свердла одностороннього різання. Конструкція свердла повинна забезпечити примусове подання мастилоохолодної рідини (МОР) до різальних кромок, вільне відведення стружки, достатню жорсткість, добре базування на стінках отвору.

Звичайні свердла двостороннього різання є подовженими гвинтовими свердлами з двома канавками (див. рис. 6.2, е), на які розділяється центральний канал хвостової частини свердла. МОР під високим тиском надходить у центральний канал і потім разом зі стружкою відводиться по гвинтових канавках свердла.

Для глибокого свердлення найчастіше застосовують спеціальні

свердла:

– двостороннього різання (двокромкові) – шнекові й ежекторні;

– одностороннього різання (однокромкові) – рушничні й гарматні.

Шнекові свердла (рис. 6.6) використовують для оброблення отворів діаметром 3...30 мм і завдовжки понад 10 $\boldsymbol{D}$ без періодичного виведення інструменту з заготовки. Вони мають великі кути нахилу гвинтових канавок ($\boldsymbol{\omega}$= 60°), що полегшує відведення стружки із зони різання. Канавки в осьовому перерізі А – А мають трикутний профіль.

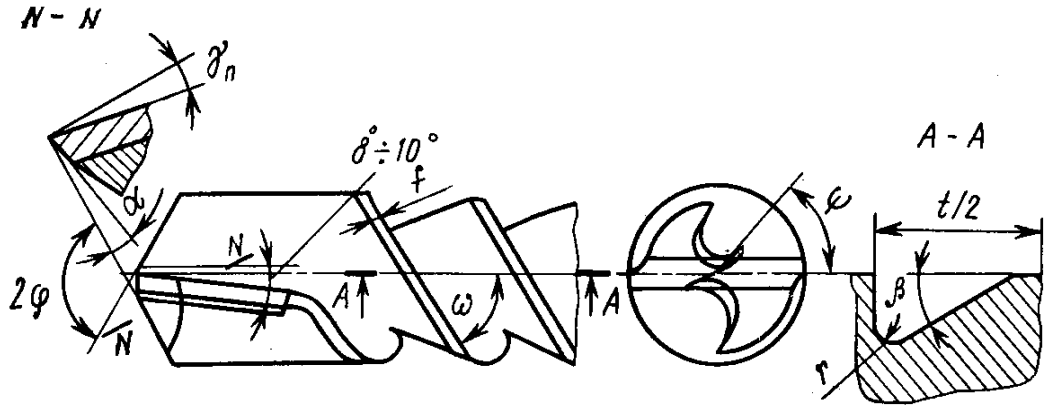


Рис. 6.6. Шнекове свердло

Щоб підвищити жорсткість, шнекові свердла виготовляють з потовщеним до (0,3...0,35) $\boldsymbol{D}$ стрижнем й підточеною поперечною кромкою до 0,1 $\boldsymbol{D}$.

Ежекторні свердла (рис. 6.7) призначені для глибокого свердлення отворів діаметром $\boldsymbol{D}$ = 20...65 мм. Головку 2 нагвинчено на зовнішню трубку 3, яка є корпусом-носієм. Різальна частина 1 оснащена твердосплавними пластинами, розташованими в шаховому порядку, тому стружка зрізається у вигляді окремих стрічок, дробиться стружколамними уступами й легко видаляється.

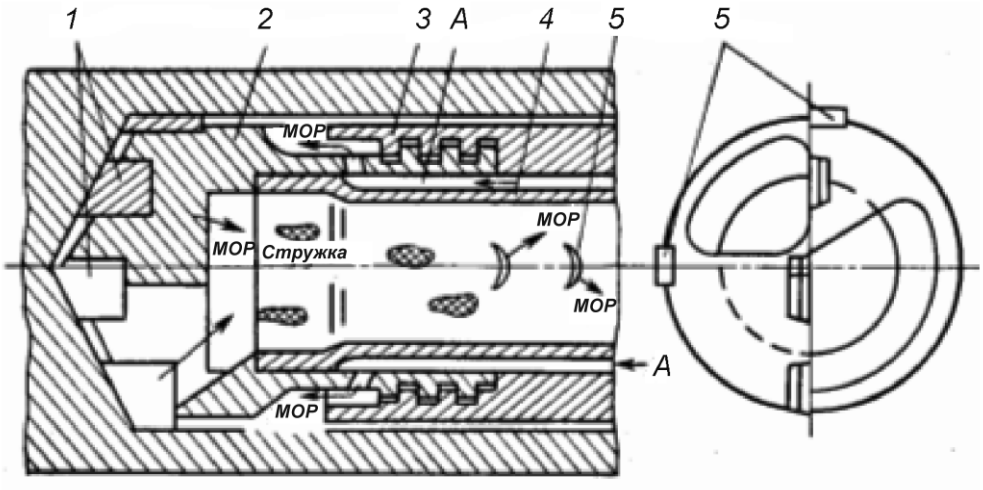


Рис. 6.7. Ежекторне свердло

Особливістю ежекторних свердел є ефект підсмоктування МОР, що видаляється разом зі стружкою внаслідок розрідження всередині свердла. Розрідження виникає через розділення прямого потоку *А* рідини під тиском 2...3 МПа на два: основна частина рідини прямує до зони різання, а близько 30 % рідини через прорізи *Б* попадає назад у внутрішній канал труби 4. Це розрідження, що виникає між потоком рідини зі стружкою й потоком через щілини *Б*, покращує умови відведення стружки. Для підвищення точності обробки призначені твердосплавні напрямні 5.

Ежекторні свердла працюють на швидкостях різання v = 25...200 м/хв і при подачах S_0 = 0,15...0,7 мм/об, забезпечують економічну точність 9 – 11-го квалітетів і параметр шорсткості R_a = 1,25...0,63 мкм.

Рушничні свердла (рис. 6.8) діаметром D = 8...30 мм складаються з робочої частини 1 і трубчастого корпусу – стебла 2.

Щоб створити сприятливі умови різання, головну різальну кромку зміщують на 0,2 D від осі свердла.

Свердло має внутрішній канал круглого або серпоподібного поперечного перерізу для підведення МОР під тиском від 2 до 4 МПа. МОР разом зі стружкою вимивається по зовнішній прямій канавці.

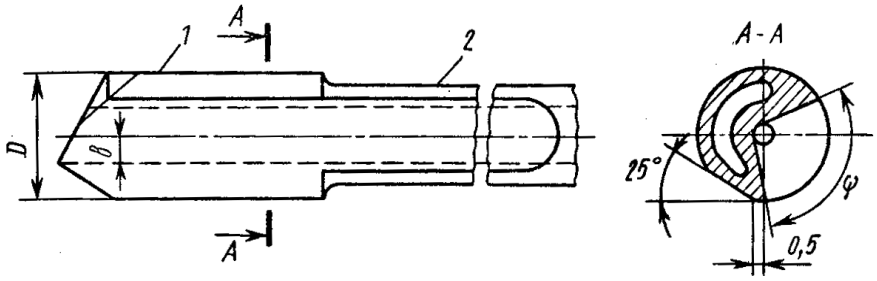


Рис. 6.8. Рушничне свердло

Свердла для вібраційного свердлення. Оброблення отворів у жароміцних і титанових сплавах спричиняє утруднення через недостатню жорсткість інструменту, високі значення сил різання, погані умови відведення стружки й підведення МОР до зони різання.

Для глибокого свердлення отворів діаметром від 2 до 10 мм у жароміцних і титанових сплавах ефективним є вібраційне свердлення. Інструмент – твердосплавні свердла з прямими канавками й внутрішнім підведенням МОР під тиском близько 10 МПа (рис. 6.9).

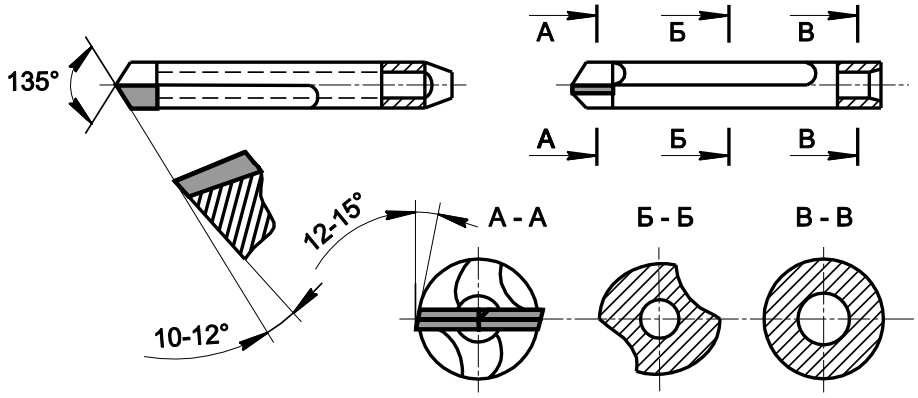


Рис. 6.9. Свердло для вібраційного свердлення

Оброблення проводять на вібросвердлильних верстатах, інструмент разом з обертальним рухом і рухом подачі здійснює коливальний рух уздовж осі з амплітудою від 0,01 до 0,04 мм і частотою 100...200 Гц. Одночасно відбувається надійне дроблення стружки й підвищується ефективність дії МОР.

9.1.4 Спрацювання свердел

Спрацювання свердел відбувається внаслідок тертя задніх поверхонь об поверхню різання, стружки об передню поверхню, напрямних стрічок об оброблювану поверхню.

Свердла спрацьовуються (рис. 6.10):

– одночасно по задній *А* і передній *Г* поверхнях під час оброблення сталей;

– по кутах В під час свердлення крихких матеріалів;

– по стрічці Б під час свердлення в'язких матеріалів;

– по лезу перемички Д у разі неправильного заточування свердла.

Під час свердлення жароміцних сплавів здебільшого спрацьовуються поверхня й стрічка інструменту. У цьому випадку характерною ознакою спрацювання є округлення лез по кутах і поява кільцевих рисок на стрічках через налипання на них оброблюваного матеріалу.

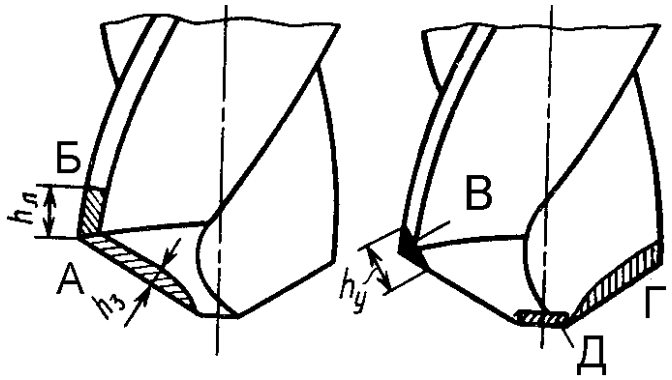


Рис. 6.10. Характерні ділянки спрацювання свердел

Найбільш небезпечним є спрацювання по кутах і стрічці, оскільки у разі значного спрацювання для того, щоб відновити свердло, треба сточити

значну його частину. Значне спрацювання по перемичці приводить до інтенсивного зростання осьової сили P_0, а спрацювання по стрічці спричиняє значне збільшення крутного моменту $M_{кр}$. У разі спрацювання по кутах одночасно збільшуються $M_{кр}$ і P_0.

На величину фаски спрацювання по задній грані $h_з$ більшою мірою впливає швидкість різання й значно меншою – подача, тому вигідніше виконувати свердлення з більшою подачею й меншою швидкістю різання.

Допустимі значення спрацювання залежать від властивостей оброблюваних матеріалів, матеріалу свердла та його діаметра: під час оброблення конструкційних сталей швидкорізальними свердлами $h_з$ = 1...1,5 мм, жароміцних і титанових сплавів – $h_з$ = 0,4...0,8 мм. Для твердосплавних свердел $h_з$ = 0,4...0,8 мм. Великі значення спрацювання характерні для свердел великих діаметрів.

Коли спрацювання інструменту досягає заданої величини, його заточують для того, щоб відновити його різальні властивості. Свердла, зенкери й різальну частину розверток заточують по головних задніх поверхнях на спеціальних заточувальних верстатах.