

ТЕМА 5. КОНСТРУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ НА ИНСТРУМЕНТИТЕ, СВЪРЗАНИ С МЕТОДИТЕ НА ИЗРАБОТВАНЕТО И УСЛОВИЯТА НА ЕКСПЛОАТАЦИЯТА ИМ

1. Особености, свързани с изработването на инструментите

Конструкцията на режещите инструменти определя до голяма степен редица техни технологични, конструктивни и експлоатационни особености. Според методите на изработването им инструментите биват монолитни (цели), съставни и сглобяеми. Конструкциите трябва да отговарят на следните основни изисквания:

- якост, надеждност и безотказност, необходими при експлоатацията;
- универсалност (един режещ модул да се вгражда в инструменти за различни машини и операции);
- възможност за максимално използване на машината по мощност и сила;
- възможност за осигуряване на оптимални геометрични параметри на режещата част;
- възможност за гарантиране на стружкочупенето и стружкоформирането;
- многократно използване на режещата част, тялото и други елементи на конструкцията;
- възможност за регулиране размерите на работната част и др.

1.1. Цели режещи инструменти

Монолитните режещи инструменти са изработени изцяло от инструментална стомана или металокерамика. В сравнение с останалите видове те се характеризират с най-голяма стабилност, отсъствие на вътрешни напрежения и най-голям разход на инструментален материал, отпаднал при обработване на отвори, зъби и др. или бракуван след последно презаточване на режещата част. Според технологията за получаване на изходната заготовка целите инструменти биват валцовани, лети и синтеровани.

1.1.1. Инструменти изработени от валцовани заготовки

Преобладаващата част от заготовките за режещи инструменти са от валцован прокат с кръгло, квадратно, правоъгълно сечение или листове. Валцоването осигурява добра структура и механични качества на заготовката. Цената на килограм заготовка и степента на използване на инструменталния материал са най-ниски, а разходите на труд за изработването им – най-високи. При тези заготовки се налага снемане на голяма част от инструменталния материал за обработване на отвори, зъби, работни и базови повърхнини.

Кръглите инструменти с малки диаметри (свредла, райбери, метчици) при достатъчна серийност се произвеждат направо чрез шлифоване на много точни закалени заготовки върху специални машини. Примерно шлифоването на винтовите канали, режещата част, калибровачите лентички и перата на малките свредла се извършва върху една специализирана машина. Малките кръгли инструменти имат външни базови повърхнини – центриращи конуси, цилиндрични и конусни опашки.

С увеличаване на размерите се появява проблем за осигуряване на едрината и равномерността на разпределението на структурата на инструменталните стомани, което налага няколкократно коване и термообработка (шевери, зъбодълбачни колела) поради появяващата се разлика в едрината на зърната и

твърдостта на зъбите, разположени външно или вътрешно относно телата на инструментите.

1.1.2. Инструменти изработени от лети заготовки

Леенето на режещите инструменти дава възможност да се намалят разходите на инструментална стомана чрез използване на отпадъците от нея. Килограм лята заготовка е с по-висока цена от килограм прокат, но отпадат разходите за машини и труд за обработване на отвори и зъби, които се получават при леенето. Характерни недостатъци на летите инструменти са вътрешните напрежения в преходните участъци на конструкцията и по-голямата крехкост, проявяваща се като повишена чувствителност към ударно натоварване при експлоатация.

За малки инструменти обикновено леенето е по стопяеми модели, за по-големите – в метални форми, а за единични бройки – в пясъчни форми. В конструкцията на инструмента острите преходи трябва да се заменят с плавни с определен радиус или плавна крива, съседните стени трябва да са с близки дебелини, защото при рязка промяна на масата се образуват термични възли, избягват се остри ръбове. При по-големи размери се осигуряват леярски наклони на заготовката, избягват се глухите отвори, чиито форми се нуждаят от конзолни сърца.

След леене се извършва термообработка, снемане на малки прибавки, шлифование и заточване, а масата на инструмента е по-близка до тази на заготовката, т.е. коефициентът на използване на инструменталния материал е по-голям. Чрез леене могат да се получават биметални инструменти, при които зъбите от инструментална стомана се обхващат в метален скелет, който се поставя във формата и се залива с конструкционна стомана. Така получената заготовка е по-евтина от монолитната и е без вътрешните напрежения, характерни за съставните конструкции.

1.1.3. Инструменти изработени от синтеровани заготовки

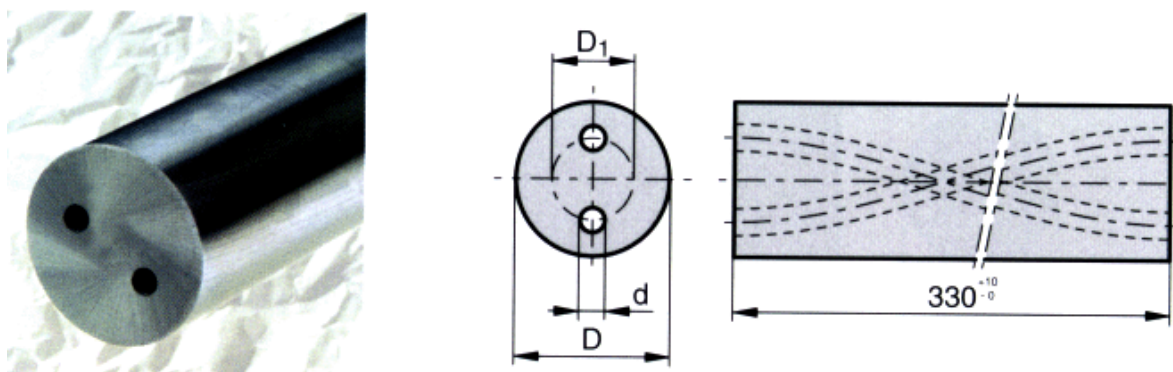
Чрез синтерование се изработват малогабаритни инструменти от металокерамика и голямогабаритни от праховометалургична бързорежеща стомана. Синтерването е праховометалургичен процес, при който изходната суровина от ситно смлени и смесени в определени пропорции твърди карбиди и пластификатори се пресоват или изтеглят през дюзи и спичат. При металокерamikата спичането може да бъде предварително до $700...800^{\circ}$, след което е възможна обработка чрез рязане и окончателно спичане до $1400...1600^{\circ}$, след което инструментите могат да се обработват само чрез шлифование с диамантни дискове.

Гладкостта и точността на заготовките са много високи и в редица случаи не се налага допълнително обработване на работните и базовите повърхнини. Структурата на заготовките от бързорежеща стомана е много по-равномерна и ситно зърнеста от тая на инструментите, получени от валцован прокат, което увеличава твърдостта, изнosoустойчивостта и якостта на инструментите от същия инструментален материал.

Цената на заготовките, получени по този метод е най-висока, а на допълнителните обработки – най-ниска или такива не се провеждат. Методът е удобен за създаване на съставни инструменти, пр. свредло със сърцевина от K40 и коронка от K10, при което се съчетават жилавост с изнosoустойчивост.

Синтерването дава възможност в процеса на пресоване да се влагат вложки от по-жилави и яки материали или да се формират конструктивни

елементи като стружкови канали, канали за охлаждаща течност и др. На фиг. 5.1 е показана синтерована заготовка за монолитно металокерамично свредло с винтови канали за охлаждаща течност с подаване през тялото на инструмента.



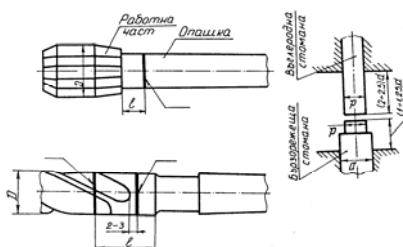
Фиг. 5.1. Монолитна металокерамична заготовка за свредло

1.2. Съставни инструменти

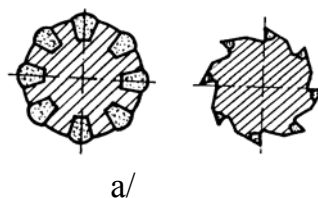
Съставните инструменти се състоят от два неподвижно свързани материала – режещ за работната част и конструкционен за тялото. Характеризират се с много по-рационално използване на режещия материал от монолитните инструменти и с по-голяма стабилност от сглобяемите. Характерни недостатъци са вътрешните напрежения, получени при съединяване на материалите, чиито стойности са свързани с технологията на съединяване (методи, оборудване и режими). Тези инструменти се характеризират с по-малка якост и надеждност от тези на монолитните, зависеща често и от субективния фактор. По начина на получаване на заготовките съставните инструменти биват заварени, наварени, споени и залепени.

1.2.1 Заварени инструменти

При заварените инструменти към тяло от конструкционна стомана се заваряват режеща част, пластини или зъби от инструментална стомана. Другите инструментални материали не могат да се заваряват към тяло на режещ инструмент. Заваряване на металокерамика към стоманен държач е възможно, но междинният свързващ слой е порьозен поради големите разлики в коефициентите на топлинно разширение и модулите на еластичност, създават се големи вътрешни напрежения, поради което режещият инструмент е неработоспособен.



Фиг. 5.2. Заварени инструменти



Фиг. 5.3. Наварени инструменти
а/ след наваряване
б/ след механично обработване

Цилиндричните инструменти с диаметър над 6 мм имат работна част, заварена челно към опашка (фиг. 5.2). Двете съединявани чела трябва да са с еднакви диаметри в мястото на съединяването, което се извършва обикновено

индукционно или по електросъпротивителен метод. При заваряване чрез триене това условие може да не се спазва. Дължините на двата материала от челюстите на електросъпротивителната машина до мястото на съединяване са различни поради различната електропроводимост на материалите. Мястото на съединяване се разполага върху опашката (горе в ляво), шийката или върху работната част (долу в ляво) и трябва да не се превръща в режеща част след презаточване.

1.2.2. Наварени инструменти

Методът се използва главно за ремонт на инструменти със силно износени или счупени зъби или изработване на единични нестандартни инструменти. Върху изработени в тяло от конструкционна стомана канали се наварява инструментална стомана, след което се извършва термообработка и оформяне на работната част на инструмента, закалка и заточване (фиг. 5.3). Размерите на наварения материал трябва да са достатъчни за извършване на технологичните операции, свързани с формиране на зъбите, затиловане, шлифване и заточване. Такива конструкции са възможни само за инструменти с режеща част от инструментална стомана.

1.2.3. Споени инструменти

Спояването се използва за свързване на режеща част от металокерамика или свръхтвърди материали към стоманено тяло. То се осъществява с припой с дебелина 0,1...0,15 mm с достатъчни якост и топлоустойчивост и приемливо малки стойности на вътрешните напрежения. Пластичният свързващ слой извършва преразпределение на напреженията, получени при изстиване на двата материала със силно различаващи се физически свойства. Припоите с по-ниска температура на топене допринасят за по-малки стойности на вътрешните напрежения, но обикновено реализират по-малка сила на свързване. Теплоустойчивостта на припоите трябва да е по-висока от очакваната температура в зоната на рязане. Тъй като здравината на припоите при работната температура е по-ниска от тази при стайна, този ефект се компенсира чрез увеличаване на общите площи на свързване на двата елемента – използване на полузакрити и закрити канали, осигуряващи свързване по две или три повърхнини. Така се увеличава общата площ и силата на свързване, а също така и вътрешните напрежения, съпътстващи целия срок на експлоатация на инструмента.

Методът не е подходящ за свързване на инструментални стомани, поради затрудняване на последващото закаляване.

Припоите не могат да проникват в режещата керамика, поради което не могат да създават здрава свръзка на този инструментален материал с държача.

Обикновено след последния цикъл на експлоатация остатъкът от режещата пластина се изхвърля заедно с държача. За да може той да се използва повторно са необходими значителни разходи по отстраняване на зъбите, следите от припой и коригиране гнездата на зъбите, което обикновено е икономически нецелесъобразно.

1.2.4. Залепени инструменти

Инструментите със залепена към тялото режеща част са най-новите представители на съставните инструменти. При тях отсъстват вътрешни напрежения, тялото може да се използва многократно, без да се налага коригиране на гнездата на пластините след отстраняването им. Енергийните и

организационни разходи за свързване са минимални. Лепилата имат определени демпфиращи свойства, поради което обработените повърхнини се получават по-гладки. Основни недостатъци са по-ниските якост и топлоустойчивост от тези на припоите. Освен това якостта намалява 2...4 пъти с увеличаване на температурата. При ударно рязане те не са подходящи поради по-малките сили на свързване. Методът е неприложим при открити канали и гнезда с малки съединявани площи. За разлика от заваряването и спояването, които се извършват предимно по една повърхнина, тук лепенето на пластините се извършва в полузакрити или закрити канали на тялото.

Най-разпространените технически лепила са на основата на синтетични смоли, съдържащи още втвърдители, разтворители, пластификатори, пълнители, стабилизатори и др. прибавки (табл. 5.1). Лепилата се класифицират според следните признаци:

- **според химическата си основа:** епоксидни, силициевоорганични, полиуретанови и др.;

- **според температурата на втвърдяване:** със студено и с горещо втвърдяване;

- **според физическото си състояние:** твърди, течни, желеобразни, ципести;

- **според топлоустойчивостта си:** с ниска (до 150⁰), средна (до 350⁰) и висока (над 350⁰) топлоустойчивост.

Българско производство са Епоксидно лепило и Канаконлит Е и Т. При избиране на марка лепило трябва да се отчита, че термоустойчивите лепила са по-малко еластични и надеждни при променливо натоварване. Повърхнините на залепяне трябва да са обработени точно и гладко ($R_a = 1,25 \dots 2,5 \mu m$) и обезмаслени. Лепилото се нанася с дебелина 0,1...0,15 mm и двата материала се притискат с определено технологично налягане за определено време. Изпичането (ако е предвидено за съответната марка) се извършва в сушилна камера.

Заточването трябва да се извършва много внимателно при обилно охлаждане поради ниската топлоустойчивост и липсата на топлопроводност на лепилата. При загряване до 50...60⁰ над топлоустойчивостта на лепилото то изгаря, износената пластина се отстранява, леглото се почиства и се залепя нова пластина.

Табл. 5.1. Лепила за режещи инструменти

Марка	Жизнеспособност	Термоустойчивост	Якост, МПа	Режим на втвърдяване		
				Т, ⁰ С	Налягане, МПа	Време, часа
УП5-207	1 година	200 ⁰	36	150	контактно	1
ТКМ-75	24 часа	220 ⁰	20	180	Контактно	3
КИ-80	72 часа	250 ⁰	20	200	0,05-0,1	3
ВК-28	1 месец	300	20	150	контактно	2
Т-73	24 часа	350 ⁰	18	200	контактно	3
Т-30	4 часа	400 ⁰	16	200	контактно	3
ВК-20	4-7 часа	700 ⁰	20	150	0,03-0,15	3
ВК-42И	8 часа	700 ⁰	20	220	0,03-0,05	4
ВК-18М	72 часа	700 ⁰	15	250	0,1-0,3	3
ВК-33	3 месеца	700 ⁰	18	235	0,01-0,03	3

2. Сглобяеми инструменти

Сглобяемите инструменти се състоят от отделни механично закрепени елементи (тела, режещи, скрепителни, стружкочупещи и др.) и подлежат на многократно разглобяване и сглобяване. Биват с презаточващи се и с непрезаточващи се части. Те са се появили най-късно, главно в конструкции на ножове и фрези с механично закрепени режещи пластини, но в най-висока степен разширяват дела си в общото количество произвеждани режещи инструменти от всякакъв вид.

Предимствата им са във възможността за единична смяна на ступени зъби, възможност за регулиране на размерите, многократно използване на тялото и др. части, облекчена термообработка, максимални производителност и надеждност поради липса на вътрешни напрежения и осигуряване на еднаквост във всички геометрични параметри на режещата част.

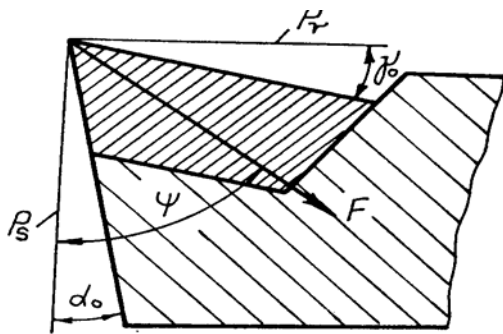
Типични недостатъци са сложната конструкция, високата единична цена, по-малката стабилност и неприложимост за инструменти с малки размери, въпреки че след като бяха обхванати зъбонарезните, резбонарезните, протяжните и др. видове сглобяеми инструменти фирмите работят в посока приложение към внедряване в конструкции с малки размери.

2.1. Инструменти с презаточваеми режещи части

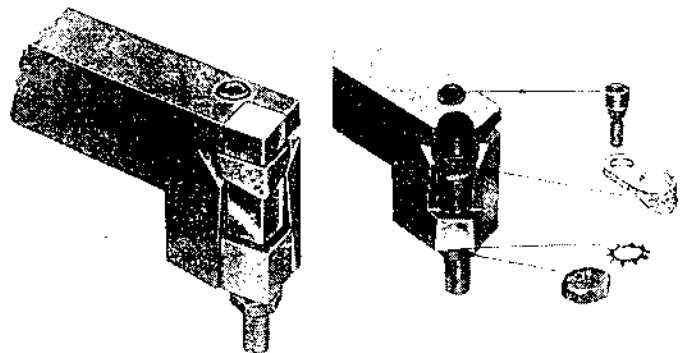
Основен принцип на всички сглобяеми инструменти е ориентирането на режещата пластина така, че силите на рязане да я притискат към базовите повърхнини в гнездото на тялото и да не товарят други елементи на конструкцията. За фиг. 5.4. това се постига при спазване на зависимостите

$$\alpha_o < \Psi < 90^\circ - \gamma_o.$$

Сглобяемите инструменти с презаточващи се режещи части имат металокерамична или минералокерамична работна част във вид на квадратна или триъгълна призма или цилиндър, която се притиска към базовите повърхнини чрез винт и притискач и подвижна опора, поемаща главната сила на рязане (фиг. 5.5). След износване на всички ръбове режещата част се сменя, презаточва се по предна повърхнина, опората се регулира, за да се установи върхът на инструмента по височината на центрите на машината и започва следващ цикъл на експлоатация. Пълната трайност на един режещ елемент е равна на трайността на един режещ ръб, умножена по броя на ръбовете и по възможния брой презаточвания.



Фиг. 5.4. Ориентиране на режещата част относно силата на рязане

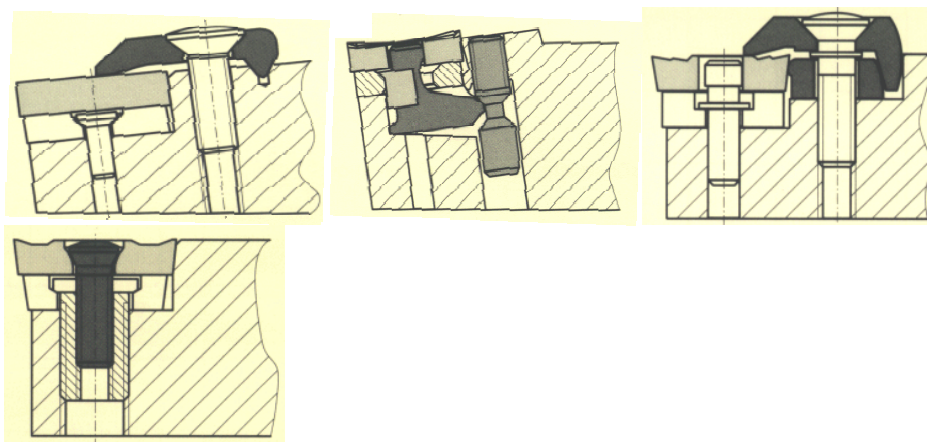


Фиг. 5.5. Инструменти с презаточващи се режещи части

2.2. Инструменти с непрезаточващи се пластини

Важно правило при сглобяемите инструменти е, че силите на рязане и закрепване трябва да се разпределят равномерно по големи контактни повърхнини, без да се концентрират напреженията в отделни точки или да се претоварват силово отделни елементи на конструкцията. Винтовете, щифтовете, лостовите и др. елементи на конструкцията се оразмеряват само с оглед на силите на закрепване, а не и на силите на рязане. Те се предават чрез гладки, големи по размер повърхнини от режещата пластина към подложната и чрез другите елементи към тялото на ножа без да товарят елементите на конструкцията с допълнителни усилия.

На фиг. 5.6.а е показан нож с режеща пластина, установена върху подложна. Притискачът, закрепващ режещата пластина към подложната е от закалена стомана и може да играе роля на стружкочупач. На фиг. 5.6.б е показан нож, при който режещата пластина се притиска към базовите повърхнини в гнездото на тялото чрез лостче, задвижвано от винт. На фиг. 5.6.в е показан нож, при който щифт закрепва подложната пластина и задържа свободно режещата. При завиване на винта се осъществява закрепване на режещата пластина с вертикална сила и осъществяване на хоризонтален силов път от силите на рязане, приложени по режещия ръб на пластината към междинното тяло, вертикалното рамо на притискача и тялото на ножа, при което хлабината между щифта и режещата пластина остава по посока на режещия ръб и щифтът не се товари с напречни сили. На фиг. 5.6.г е показана конструкция на директно закрепване на режещата пластина с винт, базиран по конусен отвор в пластината. В случаите б/ и г/ предната повърхнина е свободна за движение на стружката, наблюдение и обслужване.



а/

б/

в/

г/

Фиг. 5.6. Ножове с непрезаточващи се режещи части

Регулирането на размерите на сглобяемите елементи се извършва чрез:

- изместване на режещите зъби по дължината на зъбчета, оформени на гърба на режещите елементи при силово натоварени инструменти (пр. при фрези със зъби от инструментална стомана);
- изместване на зъбите по дължина на канали с наклонено дъно относно оста на тялото при слабо натоварени инструменти (пр. при райбери);
- използване на плоски и клинови регулиращи подложки (пр. при протяжки и зъбонарезни глави за нарязване на конусни колела с кръгови зъби);
- използване на винтови съединения за безстепенно регулиране.

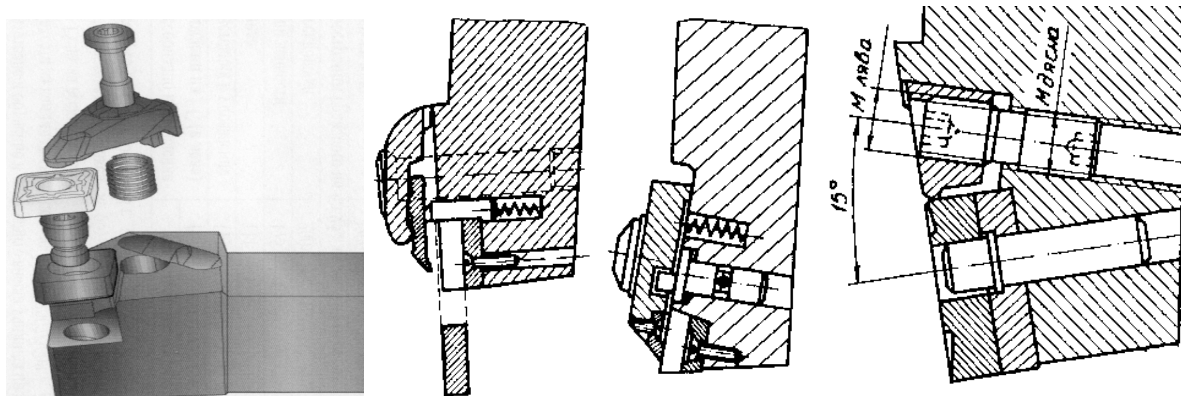
Закрепването на зъбите на сглобяемите инструменти се извършва чрез:

- плоски, цилиндрични и конусни клинове;
- клинове и притискачи, затягани с винтове;
- директно затягане с винтове;
- използване еластичните свойства на тялото.

2.3. Означение и избор на държачи и пластини

Държачите за ножове са стандартизиране по ИСО и се означават с характеристика (фиг. 5.8), включваща:

а/ Буква С, S, М, Р, показваща системата на закрепването - по предната повърхнина, по нея и отвор или само по цилиндричен или конусен отвор. Някои схеми са представени на фиг. 5.7.



Фиг. 5.7. Системи на закрепване на сменяеми пластини в ножове

б/ Буква, означаваща формата на режещата пластина (кръгла, многостен и др.)

Увеличаването на броя на режещите ръбове увеличава общата трайност на пластината. Увеличаването на ъгъла при върха (броя на стените) увеличава якостта и, но се намаляват възможните варианти за избиране на различни съчетания на установъчните ъгли. Граничните стойности са 35° за копирните и 180° за кръглите пластини. Примерно с една триъгълна пластина с ъгъл при върха 60° чрез подходящо ориентиране на гнездото в тялото може да се реализира нож за нарязване на лява или дясна милиметрова резба, с установъчни ъгли $\chi_r = \chi_r^I = 60^\circ$ или нож с $\chi_r = 95^\circ$ и $\chi_r^I = 25^\circ$ с възможност за работа с надлъжно и с напречно подрязане.

Увеличеният ъгъл при върха освен намаляване универсалността на приложение на пластината по отношение дълбочината на рязане и възможните стойности на установъчни ъгли, води и до значително увеличаване на радиалната сила на рязане F_r и свързаните с нея автотрептения при нестабилни технологични системи.

в/ Буква, означаваща стойността на главния установъчен ъгъл, изменян обикновено в границите от 45° до 95° . Той влияе на посоката на отвеждане на стружката и на напречните и размери, както и на направлението на силата на рязане. При някои материали с различна якост в различните направления като дърво, пластмаси със слоести пълнители и др. използването на малки установъчни ъгли е необходимо условие за работа без „разрошване“ на обработената повърхнина.

Стойностите на χ_r над 90° дават възможност да се работи с две посоки на подаване и правят ножа по универсален, но в този случай броят на използваните режещи ръбове е не по-голям от 3.

г/ Буква, означаваща ъгъла между периферните стени и равнина, перпендикулярна на най-голямата базова повърхнина, който има стойности от 0° до 30° . По-големите стойности на този ъгъл дават по-големи възможности за различни съчетания на задните и предни ъгли, но по-малка якост и топлопроводност на режещата част. При ъгъл 0° якостта е максимална, но се налага формиране на работоспособна геометрия (положителен заден ъгъл) чрез наклон на главния режещ ръб, а положителен преден ъгъл може да се получи само за сметка на формиране на стружкочупещи канали по предната повърхнина.

Формирането на ъгъл на наклона на главния режещ ръб λ_s с по-голяма или по-малка стойност от 0° се отразява на здравината на режещия ръб (по-здрав е при $\lambda_s < 0^\circ$) и на посоката на навиване на стружката (към заготовката или към работника), подобрява се плавността при работа, променят се в определена степен предните и задни ъгли на различните точки от активната част на режещия ръб.

д/ Буква R, L или N, означаваща посоката на подавателното движение, съответно дясно, ляво или двупосочно.

е/ Двойка цифри, означаващи височината и ширината на напречното сечение на държача.

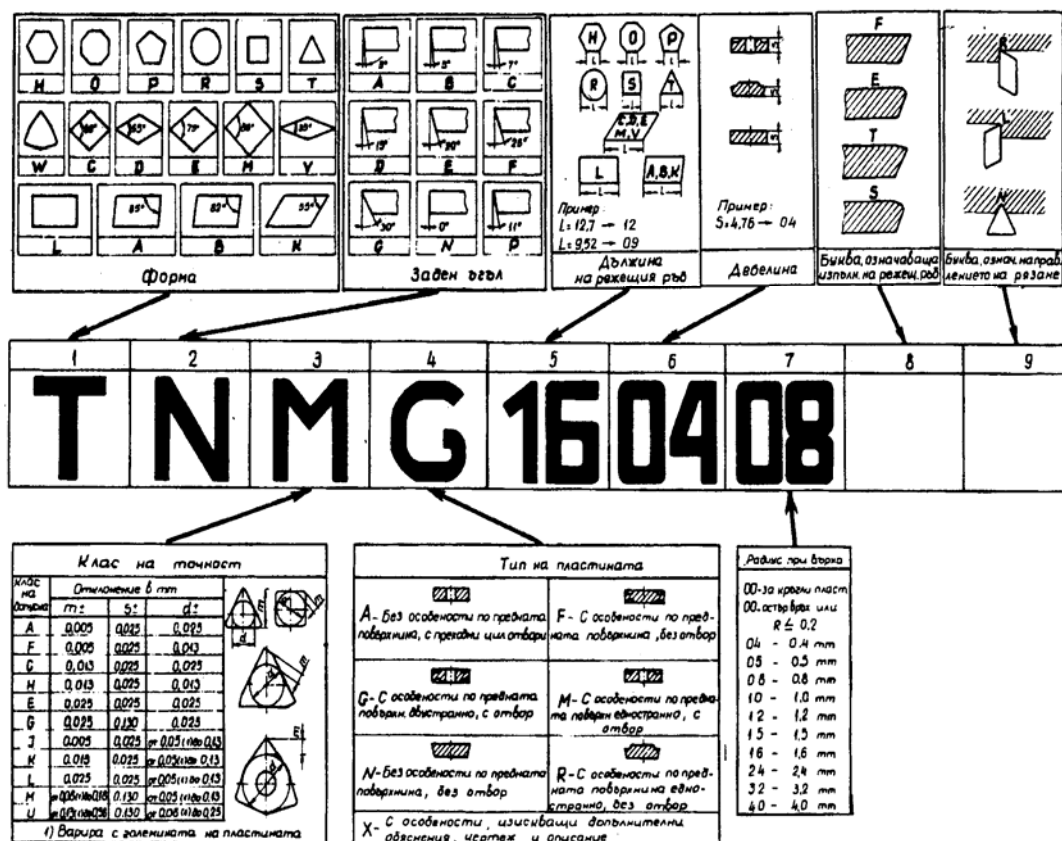
ж/ Буква, означаваща дължината на държача в границите 32...500 mm и специално изпълнение.

з/ Буква, означаваща размера на пластината пр. чрез диаметъра на вписаната окръжност, избран в зависимост от прибавката, желаната якост и стабилност. От икономическа гледна точка е целесъобразно използването на пластини с малки размери, но изчислената активна дължина на режещия ръб не трябва да превишава 60...70 % от пълната му дължина.

и/ Незадължителна буква, показваща възможността за регулиране разположението на върха на инструмента относно определени бази. Такива инструменти се използват най-често при комбинирани инструменти, инструменти за автоматизирано производство и инструменти, съдържащи много режещи елементи като челни фрези, в чиито канали могат да се сглобяват касети

с регулируемо разположение на режещите пластини, използвано за регулиране на биенето на режещите ръбове преди експлоатация.

C		C		L		N		R	25	25	M	15	H1	
C		H	120°	A	B	A	5°	R				H		Допълнителен код от производителя Manufacturers option
M		O	108°	C	D	B	5°	L				O		
P		P	108°	E	F	C	15°	N				P		
S		R		G	H	D	15°					R		
		S	90°	J	K	E	25°					S		
		T	90°	L	M	F	45°					T		
		W	90°			G	45°					C		
						N	45°					D		
						P	11°					E		
												F		
												G		
												H		
												I		
												J		
												K		
												L		
												M		
												N		
												O		
												P		
												Q		
												R		
												S		
												T		
												U		
												V		
												W		
												X		
												Y		
												Z		
												AA		
												AB		
												AC		
												AD		
												AE		
												AF		
												AG		
												AH		
												AI		
												AJ		
												AK		
												AL		
												AM		
												AN		
												AO		
												AP		
												AQ		
												AR		
												AS		
												AT		
												AU		
												AV		
												AW		
												AX		
												AY		
												AZ		
												BA		
												BB		
												BC		
												BD		
												BE		
												BF		
												BG		
												BH		
												BI		
												BJ		
												BK		
												BL		
												BM		
												BN		
												BO		
												BP		
												BQ		
												BR		
												BS		
												BT		
												BU		
												BV		
												BW		
												BX		
												BY		
												BZ		
												CA		
												CB		
												CC		
												CD		
												CE		
												CF		
												CG		
												CH		
												CI		
												CJ		
												CK		
												CL		
												CM		
												CN		
												CO		
												CP		
												CQ		
												CR		
												CS		
												CT		
												CU		
												CV		
												CW		
												CX		
												CY		
												CZ		
												DA		
												DB		
												DC		
												DD		
												DE		
												DF		
												DG		
												DH		
												DI		
												DJ		
												DK		
												DL		
												DM		
												DN		
												DO		
												DP		
												DQ		
												DR		
												DS		
												DT		
												DU		
												DV		
												DW		
												DX		
												DY		
												DZ		
												EA		
												EB		
												EC		
												ED		
												EE		
												EF		



Фиг. 5.9. Означение на режещи сменяеми пластини

д/ Буквено означение на прехода между предната и задните повърхнини – остър, с радиус, с фаска или с радиус и фаска. По-острите преходи се използват при фини обработки с малка дълбочина на рязане, малко силово натоварване и достатъчно жилави инструментални материали.

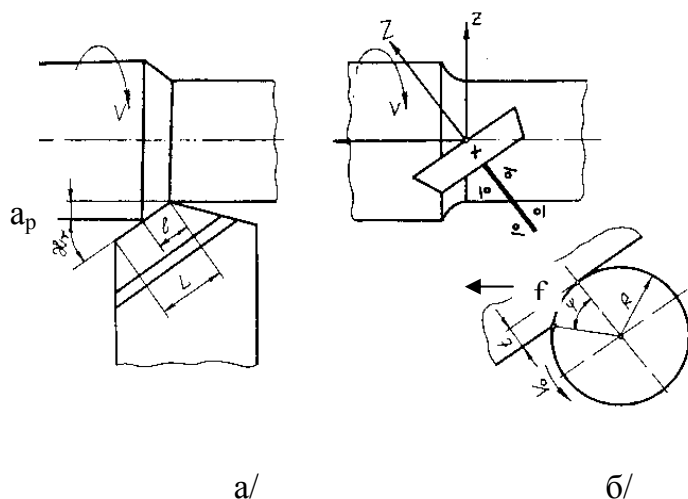
Промяната към по-плавен преход води до по-голяма якост при известно увеличаване на силите на рязане и се използва за по-натоварени силово обработки и по-крехки инструментални материали.

3. Инструменти с въртяща се режеща част

Инструментите с въртяща се режеща част (ИВРЧ) се отнасят към групата на сглобяемите, но поради редицата особености в принципа на работа, конструкцията и геометричните параметри подлежат на отделно разглеждане.

3.1. Особенности на процеса на рязане

При работата на традиционен инструмент цялото силово и топлинно натоварване се възприема от една постоянна, сравнително малка режеща част 1 (фиг. 5.10.а), а след износване се презаточват по цялата дължина на режещия ръб, което е неефективно. Инструментите с въртяща се режеща част, появили се като лабораторни образци в началото на 20 век, а внедрени след шестдесетте му години, са с кръгъл режещ ръб, установен на вретено в общо положение относно оста на заготовката. При формообразуващото движение, съдържащо скорост v и подаване f режещият ръб непрекъснато се върти около оста на вретено на инструмента, като в контакт със заготовката влизат последователно всички негови точки (фиг. 5.10.б).



Фиг. 5.10. Контакт инструмент-заготовка
а/ традиционен б/ при ИВРЧ

Всеки елементарен участък от кръглия режещ ръб периодично влиза и излиза от зоната на рязане, съответстваща на централния ъгъл ψ (фиг. 5.10.б) и в свободно завъртане на допълнителния ъгъл до 360° . За определен отрязък от време всяка отделна точка от режещия ръб работи десетки пъти по-малко от инструмента като цяло.

Триенето на стружката по предната повърхнина е с по-малка скорост поради въртели-вото движение на предната

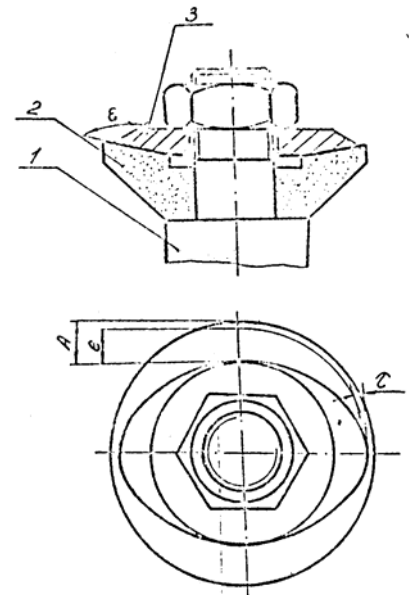
повърхнина в посоката на отвеждане на стружката. Триенето между задната повърхнина и заготовката не е при плъзгане, а чрез търкаляне на две ротационни тела с по-малък коефициент на триене. Образуваната топлина при определен режим е по-малка, а условията за отделянето и чрез заготовката, инструмента и мажещо охлаждащата среда - по-добри. Липсата на остър връх - концентратор на механично и топлинно натоварване обуславя по-голяма якост и възможности за топлоотвеждане.

3.2. Технологични възможности

Температурите на рязане при инструментите с въртяща се режеща част са с $200...300^\circ$ по-ниски от тези на традиционните инструменти при еднакви режими, което обуславя по-голяма трайност и скорости на рязане. Кръглият режещ ръб с голям радиус дава възможност да се работи с по-големи подавания при груби обработки поради по-голямата здравина и при чисти обработки поради по-високата гладкост. Инструментите с въртяща се режеща част работят със скорости на рязане $100...150 \text{ m/min}$ при режеща част от бързорежеща стомана и $300...800 \text{ m/min}$, при металокерамични режещи материали. Подаванията са до 1 mm/tr при чисти и до 5 mm/tr при груби обработки. ИВРЧ са $3...10$ пъти по-производителни от традиционните и едновременно с това $10...100$ пъти по-трайни.

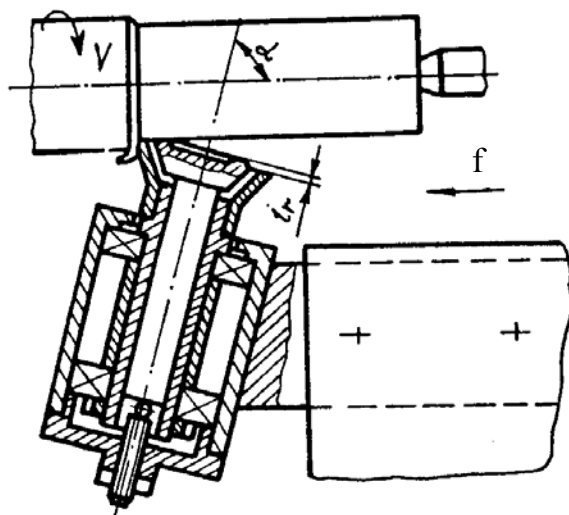
Големият ъгъл на наклона на режещия ръб им дава предимства при обработване на прекъснати повърхнини, а високата трайност ги прави приложими при размерни обработки на големи повърхнини (няколко десетки квадратни метра).

Въртеливото движение удобно може да се използва за осигуряване на стружкочупене с определен размер на стружката. Елиптичният стружкочупач (фиг. 5.11) за всяко завъртане на режещия ръб променя два пъти разстоянието от върха си до режещия ръб, с което стружката се прекъсва двукратно. Ако стружкочупачът е с триъгълна или квадратна форма за едно завъртане на режещия ръб стружката ще се прекъсне 3, съответно 4 пъти. Възможността да се работи с големи подавания прави инструментите с въртяща се режеща част удобни за комбинирани обработки чрез рязане и повърхностна пластична деформация (фиг. 5.12), като топлината от първата степен благоприятства работата на втората, прави процеса по-малко енергоемък, деформирания слой - по-дълбок, а степента на уякчаване – по-голяма. Технологичните възможности на инструментите са точност до 8 степен и грапавост $Ra \geq 0,5 \mu m$.



Фиг. 5.11. ИВРЧ с елиптичен стружкочупач

Недостатъците на инструментите са: сложна и скъпа конструкция, невъзможност за обработване на повърхнини с остри преходи, по-големи сили и мощности на рязане и много голяма склонност към автотрептения. Необходими са мощни и бързоходни машини и стабилни технологични системи. Инструментите са специални – конструират се за строго определени експлоатационни условия.

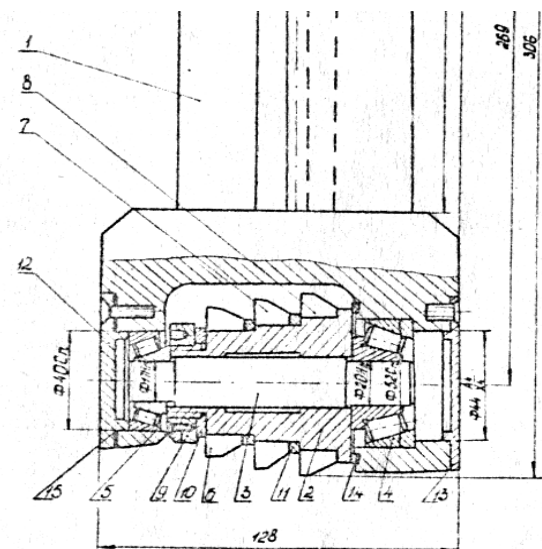


Фиг. 5.12. Комбиниран ИВРЧ за рязане и пластично деформиране

3.3. Класификация

ИВРЧ се класифицират според редица специфични показатели.

а/ *Според кинематичната схема*: права (+ λ_s) и обратна (- λ_s), първа (долно разположение на лагерния възел) и втора (горно разположение). При правата схема стружката се сменя от обработената към обработваната повърхнина, при което се реализира рязане „под кората” – предимство при обработване на отливки с твърди включения. При работа на един инструмент с две посоки на подавателното движение кинематичната му схема се сменя от права на обратна,



Фиг. 5.13. ИВРЧ с многоръбова пръстеновидна режеща част

като трябва да се прави проверка за достатъчност на задния ъгъл в крайната точка от активната част на режещия ръб, разположена над центрите при прохода по обратна схема, при който всички точки на инструмента, участващи в рязането, са разположени над центрите на заготовката.

Втората кинематична схема при спазено условия за недопиране на тялото с въртящия се детайл осигурява по-големи габаритни размери за лагерните възли, съответно възможности за снемане на по-големи прибавки..

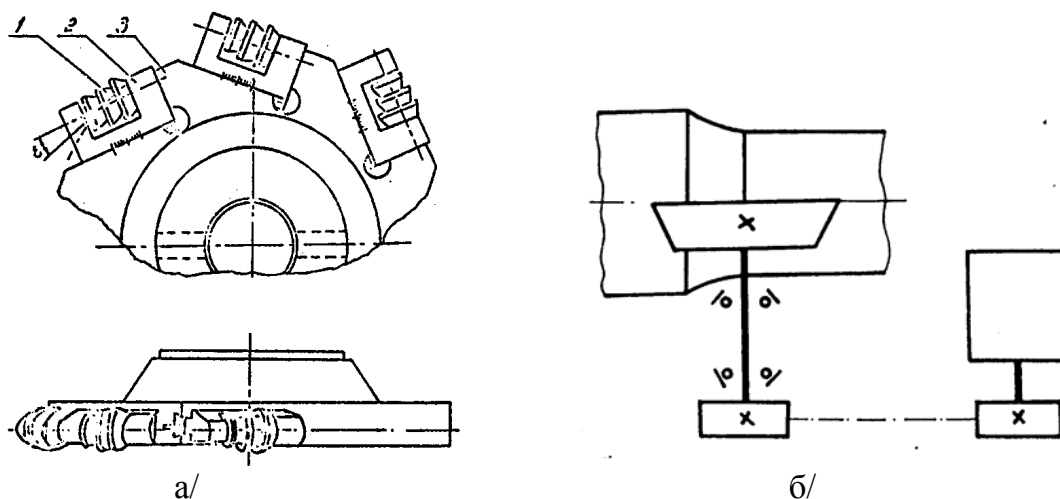
б/ **Според работната машина:** ИВРЧ за стъргане, струговане, разстъргване и фрезование.

в/ **Според вида на режещата част:** едноръбова (фиг. 5.14.б) и многоръбова (фиг. 5.14.а), според формата на режещия ръб - пръстеновиден (фиг. 5.13) и винтов.

г/ **Според лагериането:** с плъзгачи, търкалящи лагери и смесено лагериане на вретеното.

д/ **Според разположението на оста на вретеното** относно координатната система на заготовката: с едни и с два наклона. Завъртането на оста на вретеното около напречната ос на координатната система на заготовката създава ъгъл на наклона на режещия ръб λ_s , необходим за самовъртенето на инструмента около оста си под действие на силите на триене по задната и предна повърхнини. Завъртането на оста на инструмента под втори наклон относно оста на вретеното на заготовката се налага за осигуряване на по-голямо разстояние между въртящите се и невъртящите се елементи на технологичната система и осигуряване на лагерни възли с по-големи габарити и товароносимост.

е/ Според задвижването на режещата част: свободно въртяща се и с принудително въртяща се (фиг. 5.14.б).



Фиг. 5.14. ИВРЧ а/ челна фреза с многоръбови пръстеновидни режещи елементи
б/ НВРЧ с едноръбов режещ елемент и принудително въртене

3.4. Конструктивни особености

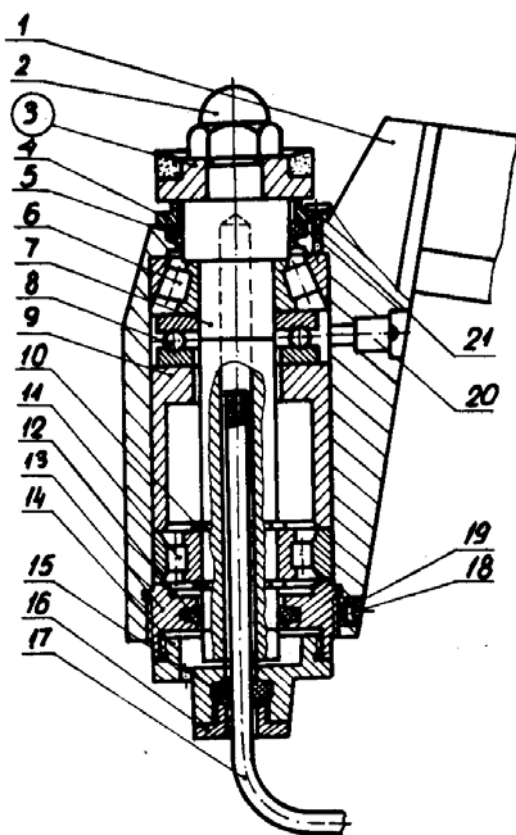
Инструментите с въртяща се режеща част се състоят от определени структурни съставни - системи, механизми, елементи и повърхнини, които независимо от конструктивното си обособяване по функционален признак могат да се разделят на основни, специални и допълнителни.

Основните структурни съставни задължително участват в конструкцията, независимо че конструктивно могат да бъдат обединени (примерно вретено с режеща пластина). Това са режеща пластина, тяло, вретено, лагерен възел, системи за защита и мазане на лагерите.

Специалните структурни съставни не са задължителни, но придават някои специфични свойства на инструмента, които не са необходими във всички случаи. Това са охладителна, стружкочупеща система, система за регулиране на лагерните хлабини, системи за ориентиране на вретеното или за осовото му и радиално фиксиране в пространството.

Допълнителните структурни съставни са елементи със спомагателен характер и най-разнообразна конструкция: елементи за базиране, закрепване, скрепителни, дистанциращи, направляващи, елементи срещу саморазвиване и др.

На фиг. 5.15 е показан нож с въртяща се режеща част, внедрен при струговане на ротори и статори на електродвигатели, с **основни съставни** тяло 1, режеща пластина 3, вретено 7, лагерен възел с непроменяща се при нагряване лагерна хлабина, съдържащ лагерите 6, 8 и 11 и елементи капачка 4 и пръстен 5 за защита на горните лагери от диамантен прах или металокерамични стружки при презаточване на пластината без снемането и от вретеното.



Фиг. 5.15. НВРЧ с регулируема лагерна хлабина и вътрешно охлаждане

Долният край на вретеното е с оформен шестостен, за да може вретеното с режещата пластина да се върти принудително при презаточване, което се осъществява без демонтаж на пластината от конструкцията на ножа. При презаточване между собствените лагери се постига минимално биене на режещия ръб в границите 2-3 μm , което е решаващо за експлоатация без автотрептения. Специална структурна съставна е **системата за вътрешно охлаждане** на вретеното с масло, представена от тръбата 17, свързана с охладителната система. Маслото изтича външно на тръбата 17 и през отвори 14 се връща в коритото на машината. Така се осигурява необходимия температурен режим на лагерите без да се облива режещата част, което би предизвикало насочена от въртящата се пластина струя и не винаги желателно обливане на детайла и стружките.

Системата за поддържане на постоянна хлабина в лагерния възел е представена от 13, 11, 9, 8, 6, 1. След установяване на желаната хлабина в лагера 6 задният капак 13 се фиксира с винта 18 и медната подложка 19. Удължаването на вретеното при нагряването му води до преместване на вътрешната гривна на цилиндричния ролков лагер 11 относно външната, без да се променя установената хлабина в 6, която е определяща за биенето на режещия ръб, автотрептенията и качеството на обработената повърхнина.

4. Особенности на инструментите за тежкото машиностроение

При тежкото машиностроение детайлите и инструментите се произвеждат в единични бройки, детайлите са уникални, с големи размери, висока цена и не се допуска брак. Много често детайлите са за големи съоръжения от хранително-вкусовата, химическата, петролопреработващата промишленост и др. инвестиционни съоръжения, чиято експлоатация е извън машиностроенето. Инструментите са с по-универсално предназначение, от същите тип и вид като в общото машиностроение (ножове, фрези, зъбообработващи и др.), но с по-големи размери, като особеностите в условията на експлоатация и конструкциите накратко се разглеждат по-долу.

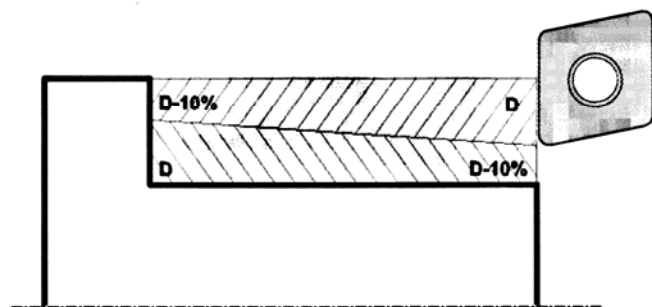
4.1. Особенности на процеса рязане

При обработване на голямогабаритни заготовки – валове с диаметър 1...2 m и дължина 20...30 m, отвори с диаметър над 500 mm, равнини и профили с дължини няколко метра, обработваните площи са до няколко десетки m². Прибавките са до 100 mm и се характеризират с голяма неравномерност. Заготовките често са ковани, валцовани или лети с кори и твърди силикатни и др. включения.

Силите на рязане са много големи. Предявяват се много високи изисквания за якост и изнosoустойчивост на инструментите. Последните се произвеждат в условия на единично производство. Режимите се характеризират с големи дълбочини на рязане и подавания и не толкова големи скорости.

Използват се предимно конструкции с механично закрепени сменяеми режещи части, като дългите режещи ръбове са формирани от отделно установени режещи пластини, стандартизирани за нуждите на общото машиностроение, поставени в носачи с възможности за индивидуално регулиране относно тялото по правоъгълни направляващи или тип “лястовича опашка”.

В качество на режещ материал се прилага предимно металокерамика с или без покритие, минералокерамика, а за случаите изискващи изключително висока размерна трайност основната част от прибавката се сменя от такива пластини, а режещия ръб, формиращ непосредствено обработваната повърхнина, е от свръхтвърд материал, като за него остава малка и равномерна прибавка.



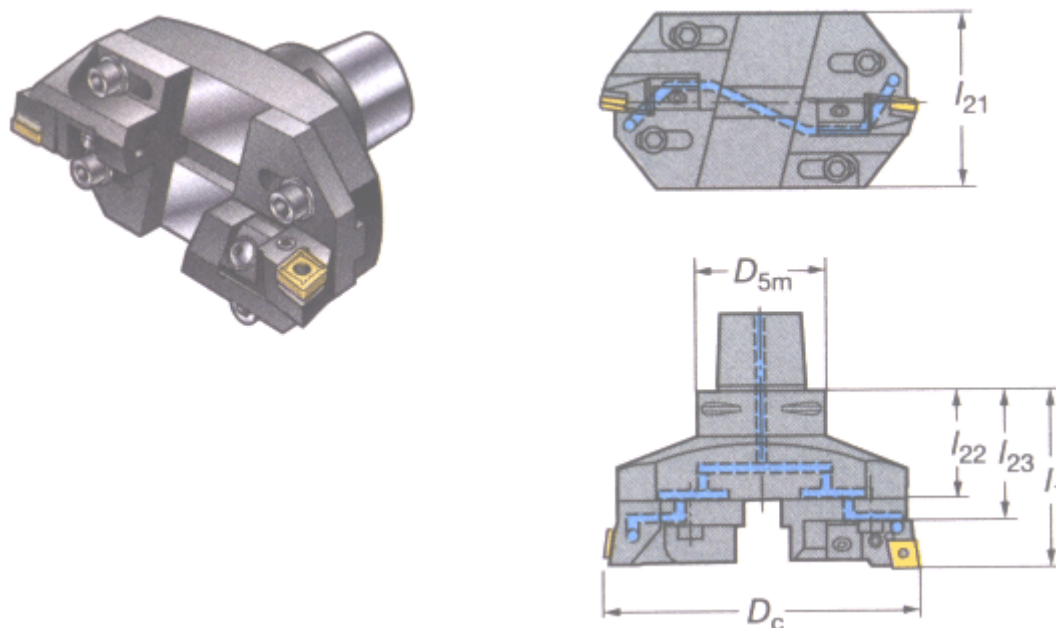
Фиг. 5.16. Разпределение на големите прибавки при струговане

Често инструментите са специални, проектирани за определена заготовка (материал, прибавка, машина, изисквания към обработаната повърхнина, понякога и режим на рязане). При многопроходно снемане на голяма прибавка, тя се разпределя така, че дълбочината на рязане да се изменя по време на всяко преминаване на инструмента по дължината на повърхнината (фиг.5.16).

4.2. Ножове

Ножовете за тежкото машиностроение използват закалени стоманени държачи с напречно сечение до 60x100 mm. Под режещите пластини, които са с голяма дебелина, се поставят твърди и гладки сменяеми подложни пластини, защитаващи тялото от повреда при счупване на пластината. Често се използват

конструкции на държачи със сменяеми касети, в които могат да се вграждат пластини с различна форма и размери и с възможности за регулиране на размерите в едно или в две направления. Инструментите са предимно сглобяеми с регулируеми размери. На фиг. 5.17 е показана разстъргваща глава с подаване на охлаждаща течност през инструмента.



Фиг. 5.17. Разстъргваща глава

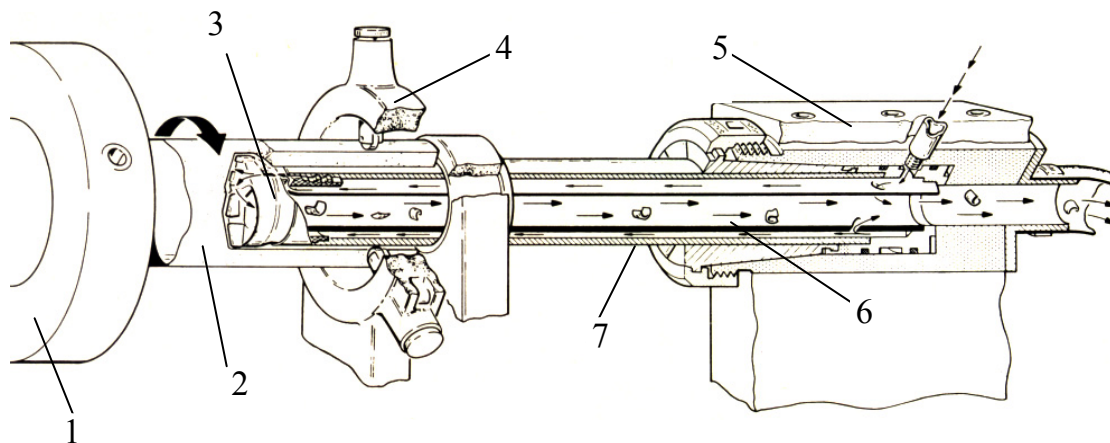
4.3. Свредла



Фиг. 5.18. Ежекторно свредло

Обикновено в тежкото машиностроене свредлата служат за разпробиване на отвори, получени чрез леене или пластична деформация. Често се използват свредла за пръстеновидно пробиване, особено при големи диаметри и скъпи обработвани материали. Използват се механично закрепени пластини, обикновено свредлата са с възможности за регулиране на режещите и на направляващите елементи.

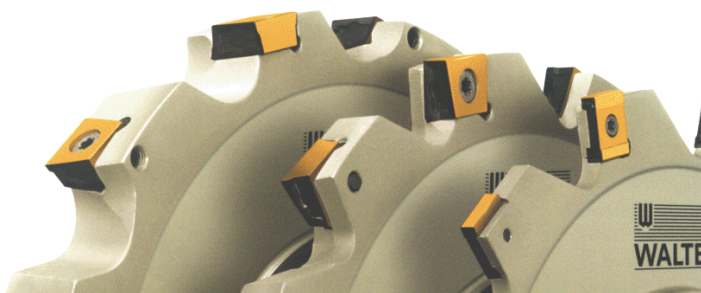
На фиг. 5.18 е показано свредло за ежекторно пробиване. То представлява глава, върху две пера от която механично са закрепени режещи пластини, работещи по групова схема на рязане, а по периферията са закрепени пластини, направляващи инструмента по пробития отвор.



Фиг. 5.19. Схема на работа на ежекторно свредло

На фиг. 5.19 е показана схемата на работа на ежекторно свредло. Заготовката 2, захваната между вретеното 1 и люнетта 4 извършва въртеливото движение на рязане. Главата 4 има задна резбова част, която се свързва неподвижно с вътрешна 6 и външна 7 тръби, захванати в задното седло 5 и разположени една в друга. Задното седло има принудително осово подавателно движение, предавани през тръбите към работната част. През външната тръба се подава охлаждаща течност под налягане от помпата на охладителната система към режещата част, а през вътрешната тръба течността отвежда стружките към магнитен сепаратор или филтър и към всмукателната част на помпата на охладителната система. Главата съответства на диаметъра на отвора, а тръбите, играещи роля на тяло на инструмента. Те определят неговата дължина, която може да е няколко метра.

4.4. Фрези



Фиг. 5.20. Дискови фрези, работещи по групова схема на рязане

В тежкото машиностроене се използват челни, дискови, ъглови фрези и набор от тях, като диаметрите им достигат до 5 m. Обикновено конструкциите пред-виждат регулируемо разположени в касети пластини от метало-керамика или режеща керамика. На фиг. 5.20 са показани дискови фрези, характеризиращи се с:

- групова схема на рязане (лявата и дясна страни на профила се изрязват от отделни пластини;
- периферната стена на пластината служи за предна повърхнина, а челото, което е с по-голяма площ – за задна;
- стружките, отвеждани от пластините на левия и десен полупрофили се отвеждат по отделни стружкови канали, като ляво и дясно режещите пластини са наредени през една.

За нарязване на зъбни колела с големи модули се използват дискови фрези за модули до m16 и палцови фрези до m50. Грубото и чисто зъбофрезование се извършват от различни инструменти. Цели се получаване на права стружка и избягване на такава с Г и с П образно напречно сечение, каквато

се наблюдава при малките и средни модули и се характеризира със затруднено стружкоформиране и стружкоотделяне и по-големи сили на рязане. Използват се групови схеми за изрязване на прибавката, механично закрепени режещи части, като често един зъб се образува от различни режещи ръбове, представени от различни режещи елементи.

Фрезите се използват като основни инструменти за нарязване на резби с голямо сечение на профила. Прилагат се и ножови глави с механично закрепени режещи елементи за обработване на вътрешни и външни резби. Много често процесът на резбофрезозване се характеризира с вътрешен или с външен контакт на фрезовата глава със заготовката, при което в зоната на контакта се намират по-голям брой зъби, които разпределят снеманата прибавка по групова схема на рязане. Получените стружки са с проста форма. Схемата на работа е идентична с фигурите, показани за кръгови протяжки с вътрешен и външен контакт със заготовката (глава 7).

5. Особенности на инструментите за уредостроенето

5.1. Особенности на условията на работа и инструментите

Конструкцията на инструментите, работещи в уредостроенето, са предназначени за обработване на заготовки с малки размери: резби с външен диаметър над 0,2 mm, нарязване на зъбни колела с модул над 0,1 mm, обработване на отвори и валове с диаметри над 0,1 mm и точност 7...10 степен. Поради малките диаметри кръглите инструменти обикновено работят с много ниски скорости и имат незадоволителни якост и стабилност.

Използват се материалите с най-голяма якост независимо от ниската им топлоустойчивост, предимно инструментални стомани. Примерно за свредло с диаметър 0,3 mm, работещо със скорост 25 m/min са необходими 25 000 завъртания на вретеното на машината за една минута. Наличните машини обикновено нямат такива възможности и инструментите работят при ниски скорости и температури. Основно приложение имат легираните стомани, а бързорежещите се използват само за най-сложните, скъпи и прецизни инструменти като зъбообработващи, комбинирани и др. Металокерамичните инструменти са монолитни. Поради малката якост и затруднения за реализиране на характерните за този материал високи скорости не се използва режеща керамика. При обработване на вътрешни повърхнини не се използват сглобяеми конструкции и такива с регулируеми размери, а при обработване на външни те се използват по-ограничено.

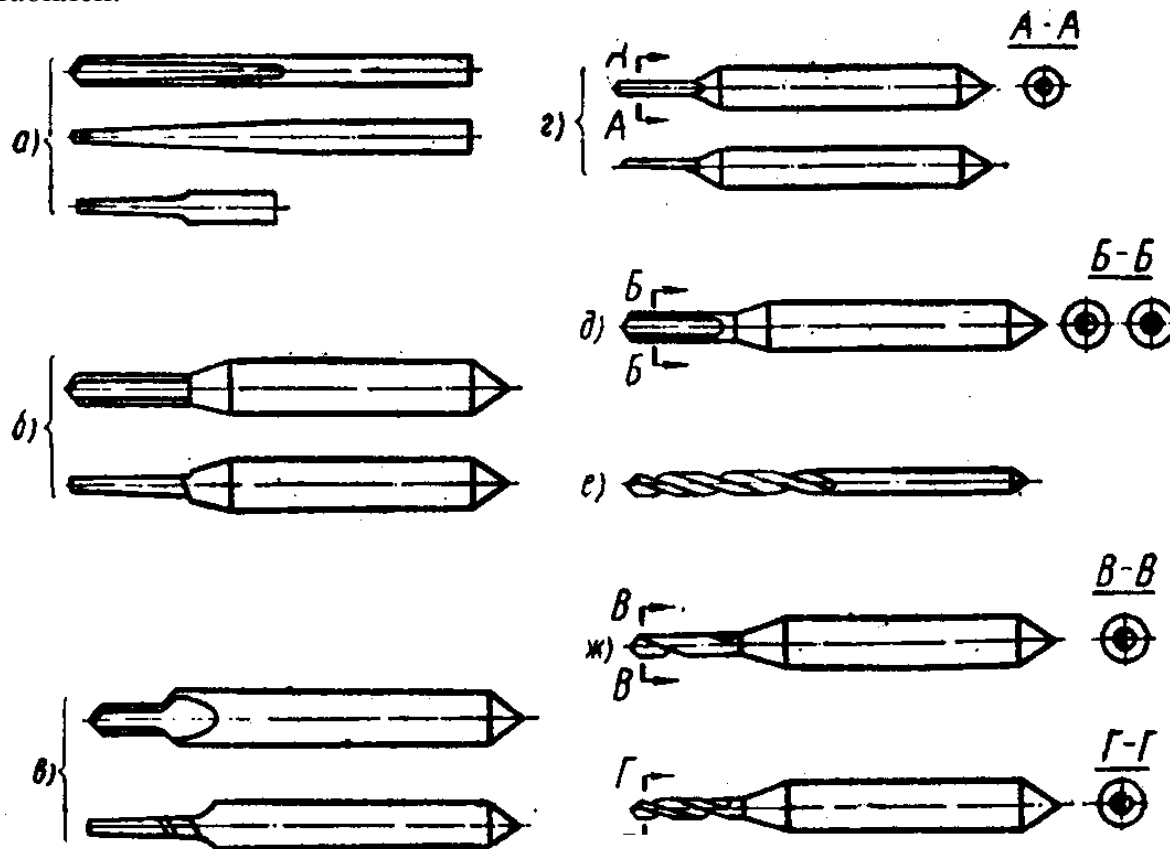
Инструментите имат малка якост и излизат от строя обикновено поради счупване, а не поради изчерпен лимит на презаточванията. Използват се по-малки запаси за презаточване. Инструментите обикновено се произвеждат в големи серии, обслужват едросерийно и масово производство и работят на автоматизирани машини. Кръглите инструменти обикновено имат усилен опашки с унифицирани диаметри, превишаващи диаметрите на работната част, което им осигурява по-голяма якост и коравина и по-малък брой на цангите за установяване в машината.

5.2. Свредла до $\phi 1$

Свредлата с диаметър над 0,1 mm като конструкция са перови или цилиндрични с прави или винтови канали, които могат да са на брой 1 (за най-малките диаметри) или 2 (фиг. 5.21). Конструкцията им е с влошени геометрични параметри, което се налага от необходимостта за осигуряване на

по-голяма якост и стабилност. Постиганата точност на обработената повърхнина е 9...10 степен, а грапавостта по Ra 2,5...5 μm при пробиване и 0,6...1,25 μm при разпробиване.

Опашките на свредлата за уредостроенето са цилиндрични – нормални или удебелени. Последните са с диаметри през определени стандартни стойности, изискващи по-малко цанги, а инструментът с удебелена опашка е по-як и стабилен.



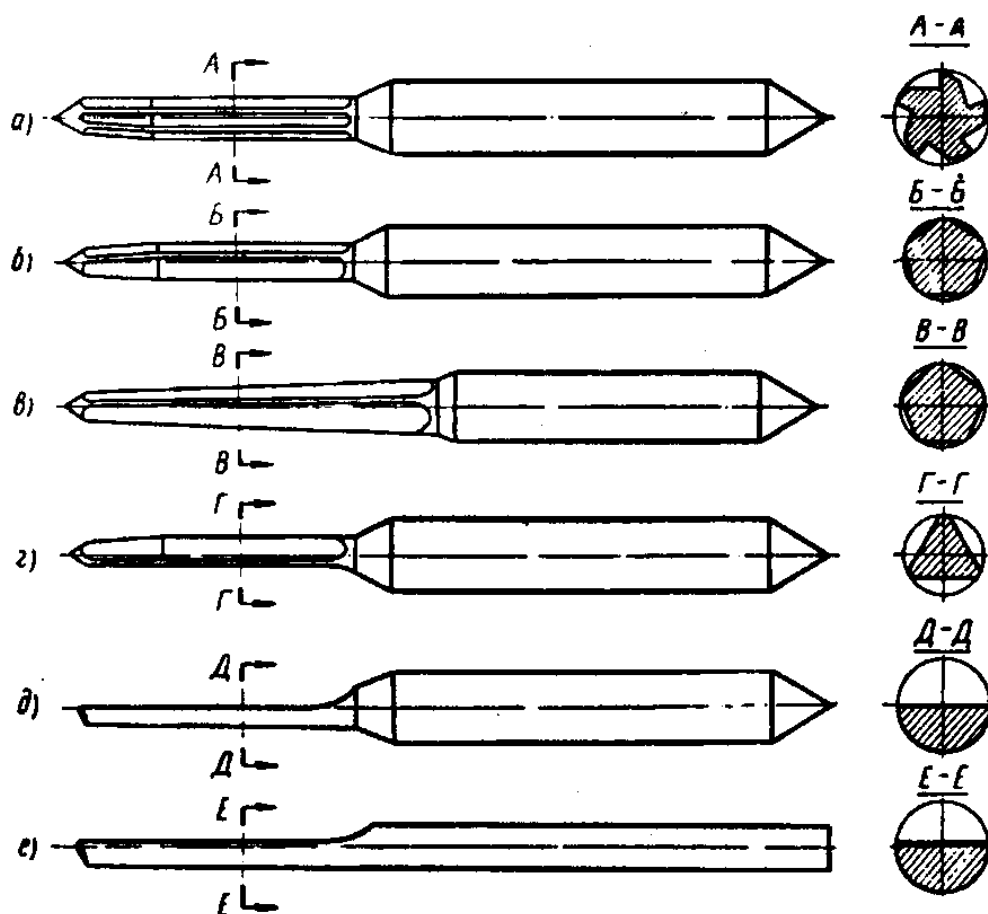
Фиг. 5.21 Свредла за уредостроенето

5.3. Райбери до $\phi 3$ мм

Поради малките диаметри и прибавки при обработване на отвори в уредостроенето не се използват зенкери. При нужда от междинна обработка между пробиването и райбероването се използват свредла за разпробиване. Чистото обработване се извършва с райбери с цилиндрични нормални или удебелени опашки. Работната им част е с полукръгло или многостенно (3-5 стенно) напречно сечение (фиг. 5.22). Полукръглото сечение (долу) осигурява 1 режещ ръб и по-голям стружков канал, при което могат да се снемат по-големи прибавки в сравнение с многозъбите инструменти. Предният ъгъл при едноръбовите райбери има стойност близко до 0° . В този случай не се осигуряват достатъчно добри водене по обработения отвор, точност и гладкост.

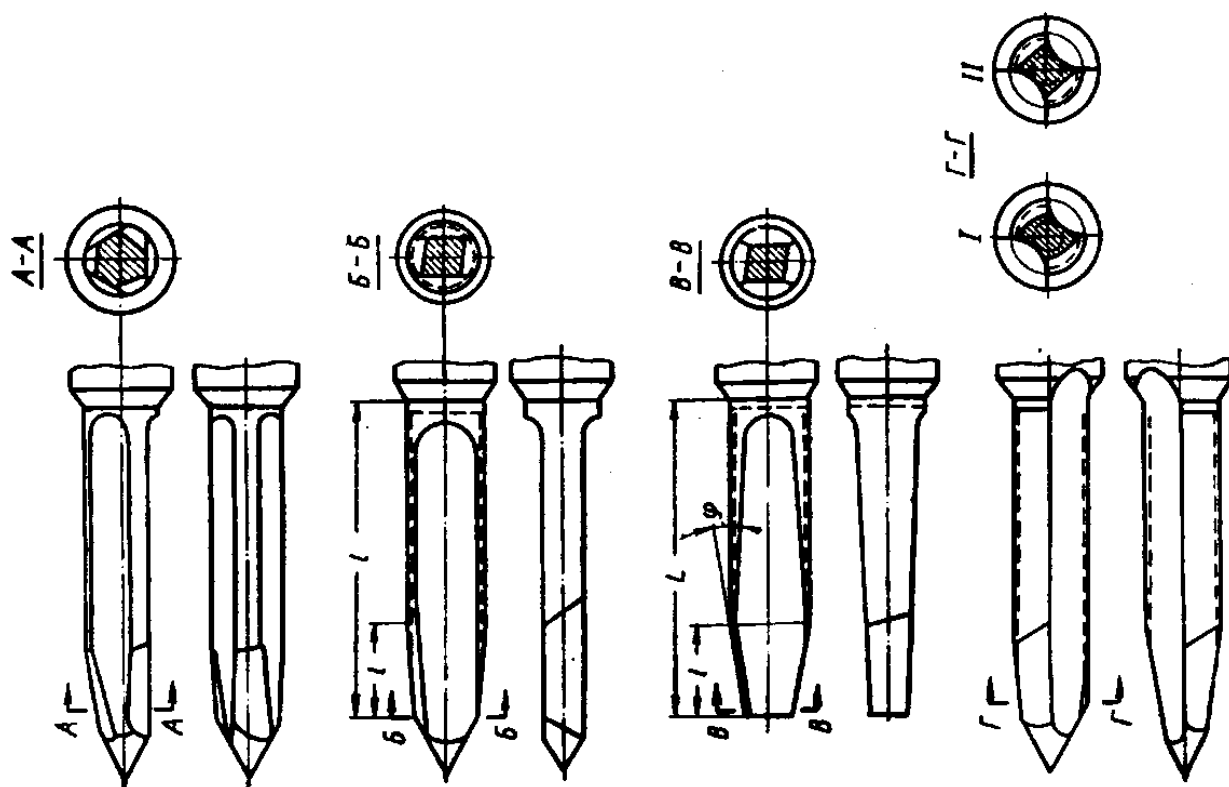
Тристенното сечение е просто за изработване, предният ъгъл е -30° . Петстенното напречно сечение на работната част е най-разпространено и осигурява максимална якост, добро направление по отвора, точност и грапавост. Полезното сечение е 75% от пълното сечение на отвора. В този случай са най-големи силите на рязане, а формата на сечението е неподходяща за големи прибавки и тънкостенни заготовки.

При изчисляване на работните размери се отчита особеността, че при малките диаметри има разбиване за всички материали и че райберът се износва.



Фиг. 5.22. Райбери за уредостроенето

5.4. Метчици до М2



Фиг. 5.23. Метчици за уредостроенето

Метчиците до М 0,9 са машинни, а над М 1 – машинно ръчни. Те са (фиг.

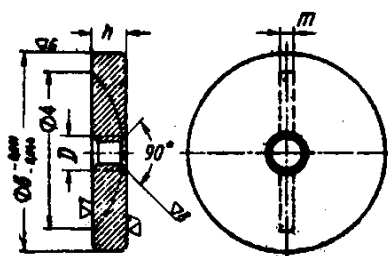
5.23) с петстенно (А-А) двустенно (В-В), тристенно или четиристенно сечение или с винтови канали за диаметри над 1 mm. Препоръчва се резбата да се формира върху тесни лентички на режещата част. Работят с отрицателни предни ъгли. Полагат се специални грижи за спазване оста на метчика с тази на предварително пробития отвор, работната част се изпълнява с минимална дължина като мярка срещу прекомерно често чупене.

5.5. Плашки до М3

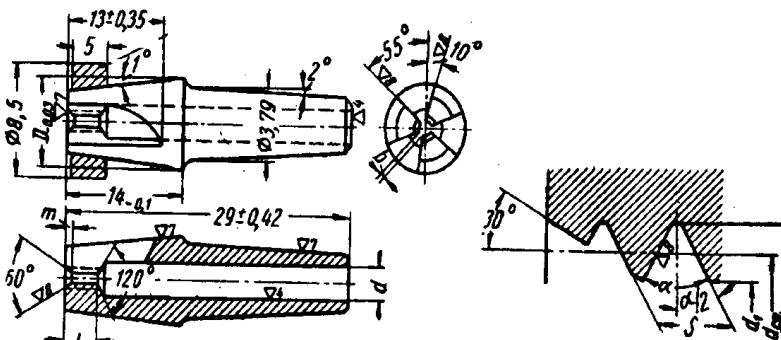
Плашките до М 0,9 са тънки шайби без стружкови канали. За подобряване на режещите качества понякога по едното чело се оформя диаметрален канал с правоъгълно сечение (фиг. 5.24). За диаметри над 1 mm се правят стружкови канали или се използват тръбни плашки (фиг. 5.25).

Главният установъчен ъгъл на плашките тип шайба е 45° . За унифициране на захващащите приспособления се използват външни диаметри $D = 6$ mm за резби с диаметър до М 1, $D = 12$ mm до М 2 и $D = 16$ mm до М 3.

Специфични за уредостроенето са тръбните плашки са с 3 пера и възможности за презаточване по предна повърхнина, за разтваряне и изваждане на счупения винт, докато дисковите плашки при счупване на нарязвания детайл се изхвърлят заедно с него. Те работят на специални автоматични машини.



Фиг. 5.24. Плоска плашка за уредостроенето



Фиг. 5.25. Тръбна плашка за уредостроенето

5.6. Зъбонарезни фрези до m1

Фрезите за зъбни колела с модул до 1 mm се използват за нарязване на колела с еволвентен, циклоиден и часовников (частен случай на циклоидния) профил на зъбите. Еволвентните фрези са за по-големите модули, а циклоидните – за по-малките модули в диапазона 0,1...1 mm и за зъбни двойки с по-големи предавателни отношения - до 20:1.

По конструкция зъбонарезните фрези са червячни и дискови, монолитни, изработени от металокерамика или бързорежеща стомана. Използват се направо за еднопроходно чисто нарязване.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Най-голям преразход на инструментален материал се реализира при :
а/ споени заготовки б/ валцовани заготовки в/ синтеровани заготовки

1. Означението на металокерамичните непрезаточващи се пластини **може да не съдържа информация** за (избраният отговор трябва да удовлетворява въпроса с всички съставки на съдържанието си): а/ точността, формата и размерите и

- б/ материала и особеностите по A_γ в/ възможностите за регулиране на върха и

а/ инструментална стомана б/ металокерамика в/
минералокерамика

4. Неподходящи за инструменти за груби обработки в тежкото машиностроене са: а/ дебели режещи и подложни пластини б/ точни пластини с големи γ_o и α_o

в/ пластини с голям ъгъл между A_α и A_γ , установени в регулируеми държачи

5. Ограничител на v_c при рязане на полимери, дърво и гъон е: в/ силата на рязане

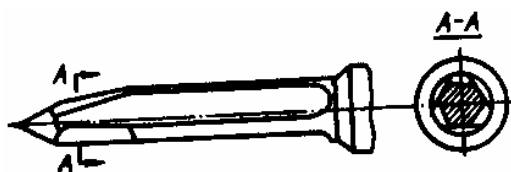
б/ топлоустойчивостта на инструмента заготовката	в/ топлоустойчивостта на
---	--------------------------

6. Сглобяемите инструменти **имат предимства** пред монолитните по отношение на: а/ трайност и надеждност б/ стабилност в/ единична цена

7. Инструментите с въртяща се режеща част имат предимства по отношение на:

а/ стабилност и сили на рязане приложението	б/ цена и универсалност на
--	----------------------------

в/ производительност и трайност



8. Инструментът от фигурата е за операция
..... за уредостроенето/тежкото
машиностроене (зачерква се излишното)

9. Най-употребявани в уредостроенето са:

а/ сглобяемите инструменти б/ инструментите от метало и минералокерамика

В/ монолитните инструменти от инструментална стомана

10.Залепените инструменти **имат предимства** пред споените по отношение на:

а/ топлоустойчивост б/ сила на закрепване на режещата част
в/ вътрешни напрежения

11. Най-голям разход на труд за оформяне на отвори, зъби и базови повърхнини на монолитните инструменти е характерен за:

а/ инструментите от лети заготовки б/ инструментите от валцовани заготовки

а/ инструментите от синтеровани заготовки

12. При груба обработка на прекъснати повърхнини се предпочитат пластини: а/ дебели, с големи стойности на r_{ε}

б/ с малък брой стени и остър преход между A_α и A_γ

В/ с голяма точност и изнoсoустoйчиви покpития

13. Не са характерни за уредостроенето:

а/ зенкери, пръстеновидни свредла б/ райбери и метчици с многостенно сечение в/ плашки тръбни и безканални

14. Означението на металокерамичните непрезаточващи се пластини **може да не съдържа информация** за:

- а/ точността, формата и размерите и б/ материала и особеностите по A_1
в/ възможностите за регулиране на разположението на върха и

15. С подаване на мажещо-охлаждащи течности в зоната на рязане през тялото на инструмента е подходящо да работят:

- а/ инструменти в уредостроенето б/ инструменти за дървообработване
в/ инструменти за тежкото машиностроене