



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

УЧЕБНО ПОМАГАЛО

ПО

МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ И ИНСТРУМЕНТИ

за специалност код 5210105 „Машини и системи с ЦПУ“

професия код 521010 „Машинен техник“

РАЗРАБОТЕНО ОТ АВТОРСКИ ЕКИП
КЪМ ПРОФЕСИОНАЛНА ГИМНАЗИЯ ПО МЕХАНОТЕХНИКА, ГР. СЛИВЕН

Авторски екип:

инж. Елена Тодорова Атанасова

инж. Станка Славова Ангелова

инж. Веселин Райчев Райчев

Коректор: Мария Костадинова Атанасова

Одобрено от инж. Михаил Колев Михайлов

Учебното помагало е разработено в рамките на проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Съдържание

Раздел 1 СЪЩНОСТ НА ПРОЦЕСА РЯЗАНЕ

1.1 Основи на теорията на рязане.....	4
1.2. Кинематика на процеса на рязане	6
1.3. Динамика на процеса рязане	10
1.4. Режими на процеса рязане	12
1.5. Физикомеханични явления, съпровождащи процеса рязане	15

Раздел 2. РЕЖЕЩИ ИНСТРУМЕНТИ И ИНСТРУМЕНТАЛНИ МАТЕРИАЛИ.

2.1 Материали за изработване на режещите инструменти.....	18
2.2 Конструктивни и геометрични параметри на режещите инструменти.....	32
2.3 Износване на режещите инструменти.....	42

Раздел 3. МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ – ВИДОВЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ: КОНСТРУКТИВНИ, КИНЕМАТИЧНИ, ТЕХНОЛОГИЧНИ

3.1. Общи сведения, основни понятия и определения. Класификация на металорежещите машини.	45
3.2. Формообразуване. Видове движения в металорежещите машини.	49
3.3. Кинематични схеми и настройване на ММ.....	51
3.4. Основни кинематични параметри.....	57
3.5. Преводи - видове, кинематични зависимости.....	58
3.6. Системи за управление, мазане и охлаждане.....	63

Раздел 4. СТРУГОВАНЕ – ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТИ, МАШИНИ

4.1. Кинематични схеми на обработване. Режещи инструменти. Видове.....	69.
4.2. Режими на рязане - елементи. Сили на рязане при струговане.....	78
4.3. Стругови машини - видове, предназначение и приложение.....	83
4.4. Универсални стругове: предназначение, технологични възможности и устройство. Работа и настройка на универсален струг.....	84
4.5. Продукционни стругове.....	87



4.6. Копирни стругове.....	87
4.7. Револверни стругове.....	91
4.8. Каруселни стругове.....	92
4.9. Затилувъчни стругове.....	93
4.10. Стругови полуавтомати и автомати.....	94

Раздел 5. ОБРАБОТВАНЕ И ДООБРАБОТВАНЕ НА ОТВОРИ: СВРЕДЛОВАНЕ, ЗЕНКЕРОВАНЕ, РАЙБЕРОВАНЕ - ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТИ, МАШИНИ

5.1 Класификация на процесите за обработка на отвори.....	99
5.2 Свредловане – елементи на режима на рязане при свредловане и инструменти за свредловане.....	100
5.3 Зенкерование - елементи на режима на рязане при зенкерование и инструменти за зенкерование.....	108
5.4 Райберование - елементи на режима на рязане при райберование и инструменти за райберование.....	111
5.5 Разстъргване на отвори – режещи инструменти и технологични особености на процеса.....	114
5.6 Машины за обработване на отвори.....	119

Раздел 6 ФРЕЗОВИ МАШИНИ – ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ И ИНСТРУМЕНТИ

6.1. Кинематични схеми на обработване	126
6.2. Режещи инструменти – видове, параметри.....	127
6.3. Режимы на рязане.....	131
6.4. Предназначение и видове фрезови машини.....	133
6.5. Универсална фрезова машина – устройство и работа.....	138
6.6. Приспособления към фрезовите машини.....	140

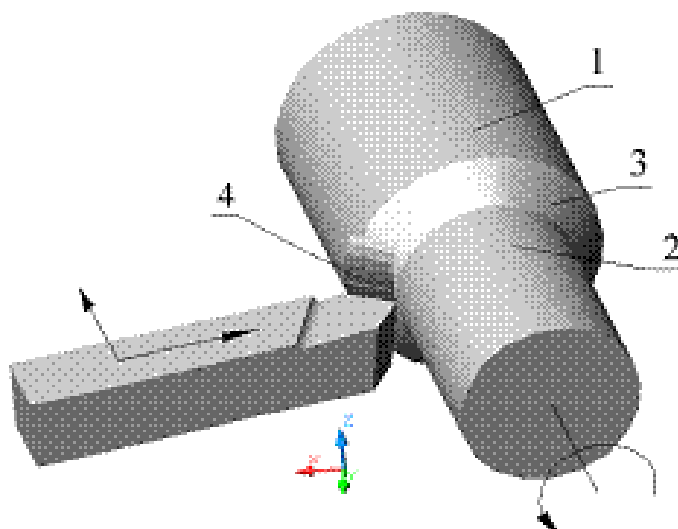


Раздел 1

Същност на процеса рязане

1.1. Основи на теорията на рязане

Рязането е процес за снемане на слой материал от заготовката във вид на стружка чрез режещ инструмент. В процеса на обработване чрез рязане си взаимодействат два обекта — инструментът и заготовката (фиг.1.1). Чрез инструмента целенасочено се изменя формата, размерите и състоянието на заготовката от която се получава готовият детайл.



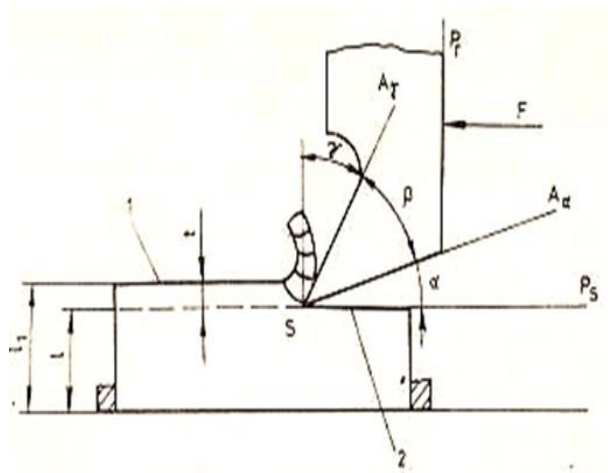
Фиг.1.1. Схема на обработване:

1 - обработвана повърхност; 2 – обработена повърхност; 3 – повърхност на рязане; 4 – стружка

Инструментът и заготовката се установяват върху металорежеща машина и извършват определени движения. Вследствие на приложените върху металорежещия инструмент сили той се връзва в повърхностния слой на заготовката и причинява пластичната му деформация и отделянето на стружка.



На фиг. 1.2 е показана схема на обработване чрез рязане. Означени са характерните повърхнини при обработване чрез рязане. Слойт материал между обработваната и обработената равнина, който подлежи на изрязване, е прибавката за обработване.



Фиг. 1.2. Схема на обработване чрез рязане

Режещ клин и елементите му: 1 – обработвана повърхнина; 2 – обработена повърхнина; A_γ - повърхнина за отвеждане на стружката; A_α - повърхнина срещу заготовката; S – пресечна линия на предната и задна п-на на режещия клин; P – равнината която минава по режещия ръб и е \perp на основната равнина; γ - преден ъгъл; α - заден ъгъл; β - ъгъл на заостряне

Главното движение на рязане е това, което се извършва с относително най-голяма скорост и без което не се осъществява отделяне на стружка. Подавателното движение е това, което се извършва при самото рязане и осигурява непрекъснатост или последователност на процеса.

Спомагателните движения и подавателните движения се извършват преди или след самия процес на рязане и осигуряват неговото правилно протичане. Спомагателните движения са различните премествания на инструмента и заготовката, например

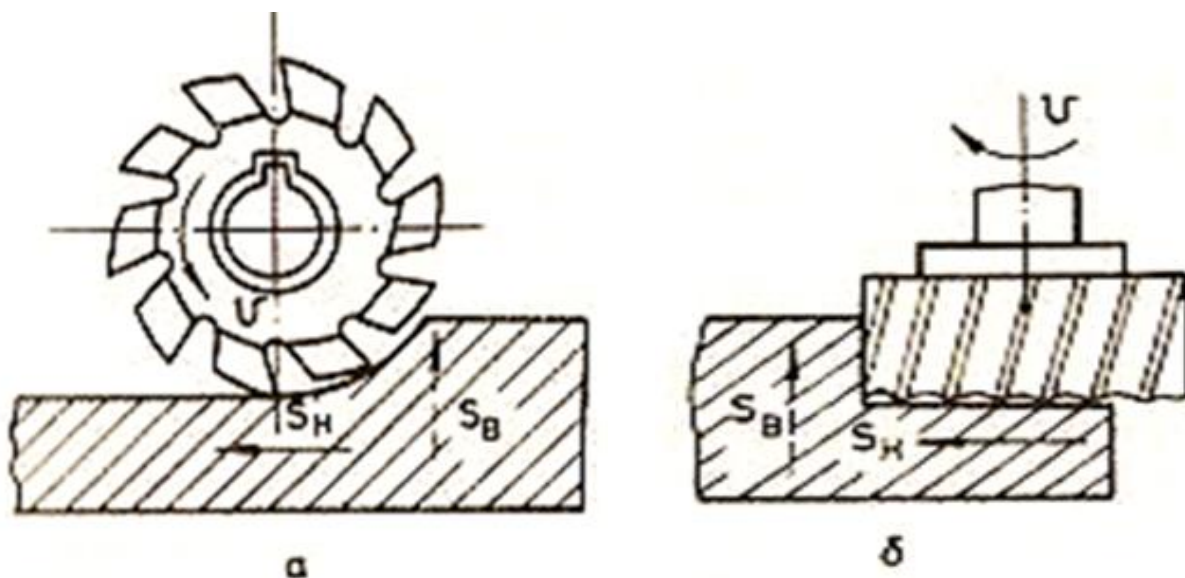
За протичането на процеса рязане е необходимо: инструментът и заготовката да извършват определени съгласувани движения (под въздействието на външни сили) и твърдостта на режещата част на инструмента да бъде значително по-голяма от твърдостта на обработваната равнина на заготовката.

Движенията, които извършват заготовката и инструментът, са два вида: работни и спомагателни. Работните движения са главно и подавателно.



приближаването на инструмента към обработваната повърхнина, отдалечаването му от обработената повърхнина, преместването или обръщането на заготовката и други.

Всяко движение при обработване чрез рязане може да се разглежда като относително спрямо останалите.



Фиг. 1.3. Схема на процеса на рязане

На фиг. 1.3 е показана схема на процеса на рязане при фрезозане. Главното движение е въртеливо и се извършва от фрезата. Подавателното движение е праволинейно, въртеливо и винтово. Осъществява се от заготовката. Установъчното движение представлява периодично преместване преди всеки преход и се извършва от детайла.

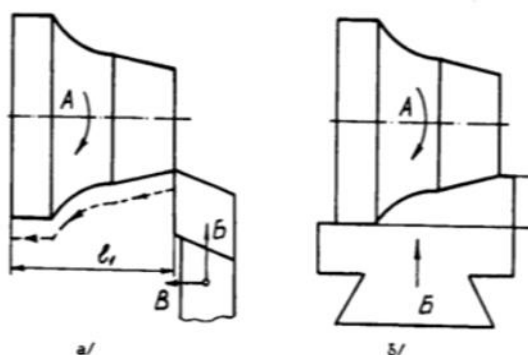
1.2. Кинематика на процеса на рязане

При обработването чрез рязане инструментът и заготовката извършват различни движения под въздействието на външни сили.

Кинематиката на процеса на рязане изучава всички движения на инструмента и заготовката, осигуряващи неговото протичане, и техните закономерности, без да отчита действащите сили.



Върхът на инструмента от фиг. 1.4 а/ описва сложната крива на обработената повърхнина чрез съчетаването на двете подавателни праволинейни движения Б и В, а заготовката извършва въртеливото главно движение А. На фиг. 1.4. б/ поради сложния (профилен) режещ ръб на инструмента движенията са само две: праволинейно напречно на инструмента Б и въртеливо на заготовката А. Така чрез съчетаването на различни работни движения (и различни инструменти) се получава сложната форма на външната обработена повърхнина.



1.4. Кинематични схеми на обработване на профилна повърхнина

а/ инструментът е с режещ връх;

б/ инструментът е с профилен режещ ръб

Кинематичните схеми на рязане са съвкупност от абсолютните движения, осигуряващи формообразуването на обработената повърхнина и предавани от механизмите на машината към двоицата инструмент – заготовка. Стремешът заготовките да се обработват по прост начин е довел до създаването на принципно кинематични схеми, представляващи съвкупност от 1 до 3 елементарни движения – въртеливи и постъпателни (фиг. 1.5).

Главните движения са съставки на формообразуващото движение – едно главно движение на рязане и едно или две главни подавателни движения. Първа група от кинематичните схеми, характеризираща се с едно относително трансляционно движение между инструмента и заготовката е характерна за протяжки, стъргателни и дълбачни ножове. Движението на рязане може да се изпълнява от инструмента или заготовката. Движението на рязане съвпада с това на формообразуване, липсва подавателно движение

----- www.eufunds.bg -----



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД

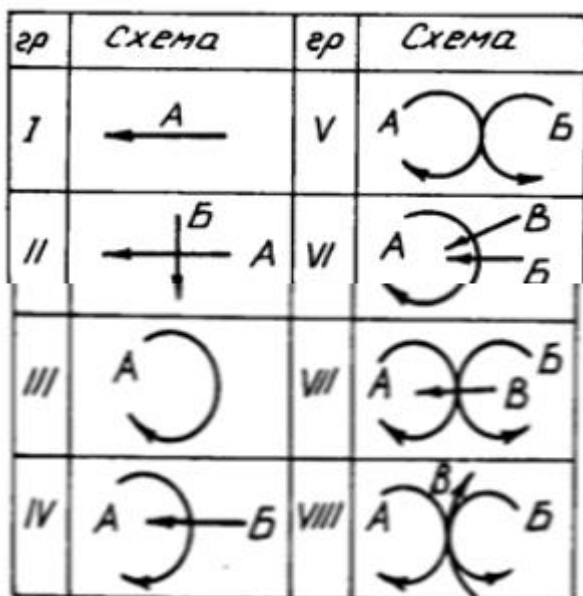


ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

по време на рязането. Семействата на повърхнини на рязане се образуват чрез установяване на режещите ръбове на известно разстояние относно предходното им установяване, реализирано от конструкцията на инструмента (протяжка) или от спомагателните движения на машината (стъргателен нож). Втората група е характерна за стъргане по копир. Третата група се реализира при кръгли протяжки. Четвъртата група е характерна за инструментите за струговане, фрезование, пробиване, зенкерование, райберование, резбонарязване и др. Пета група работят инструменти за кръгово протегляне на ротационни повърхнини, шеста – за затилване на червячни фрези, седма – за фрезование на червячни колела и дискови фрези за винтови канали, а осма – глави за нарязване на конусни зъбни колела с кръгови зъби. Всяка от представените групи може да се раздели на подгрупи, а те на отделни представители. Примерно ако в IV група движението B1 е успоредно на оста на въртеливото движение A, се получава схема за обработване на цилиндрични повърхнини чрез струговане, пробиване, зенкерование и др. (фиг. 2.16). Ако подавателното движение B3 е перпендикулярно на оста на въртене, обработената повърхнина се получава равнина (челно струговане, отрязване, фрезование), при наклонено под друг ъгъл спрямо оста подавателно движение B2 се получават конусни вътрешни или външни обработени повърхнини. От гледна точка на формообразуването няма значение кое движение се извършва от заготовката или инструмента. Например пробиването със свредло по IV схема може да се извърши на струг, фрезова или пробивна машина, като движенията A и B се извършват съответно от заготовката и инструмента, от инструмента и заготовката и само от инструмента. Във всички случаи обработената повърхнина е цилиндрична, но е различно силовото натоварване, точността и грапавостта на получената повърхнина.

----- www.eufunds.bg -----

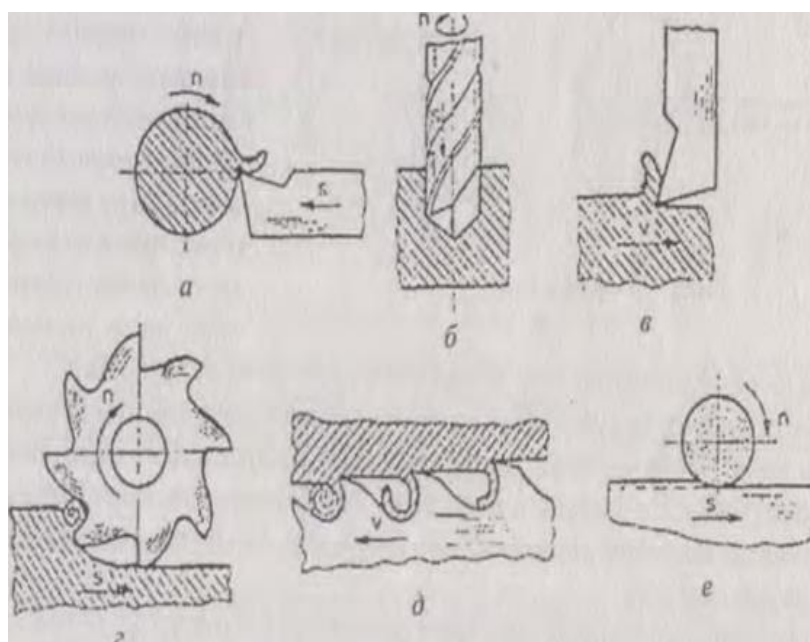
Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Фиг. 1.5. Принципни кинематични схеми на рязане

Различни методи за обработване са показани на фиг.1.6. При едно праволинейно движение се реализират процесите протегляне (фиг.1.6д), стъргане (дълбане) (фиг. 1.6в), при едно въртеливо и едно праволинейно движение - процесите струговане (фиг. 1.6а), пробиване (зенкерване, райберване) (фиг.1.6б),

фрезозане (фиг.1.6г) и т.н. Най-разпространени са кинематичните схеми на рязане с едно праволинейно и едно въртеливо движения.



Фиг.1.6. Схеми на обработване на повърхнини при различни процеси на рязане
а - струговане; б - пробиване; в - стъргане; г - фрезозане;
д - протегляне; е - плоско шлифоване

Принципните кинематични схеми на рязане характеризират до голяма степен различните процеси на рязане.

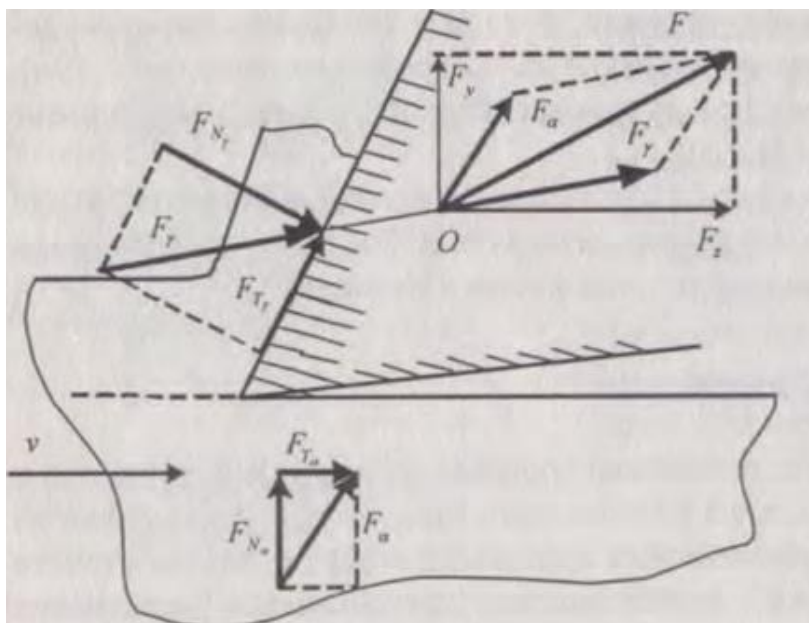


1.3. Динамика на процеса рязане

Всеки процес на рязане се характеризира със съответни движения, режим на рязане, вид и геометрия на инструмента. Движенията на рязане са вследствие на действието на външни сили, приложени върху инструмента и заготовката. При самото рязане се пораждат вътрешни съпротивителни сили в срязвания слой от материала.

Динамиката на процеса рязане изучава външните сили, под въздействието на които протича процесът, и техните реакции и закономерности в зоната на рязане.

Външните сили имат различен произход: сили на рязане, инерционни сили, центробежни сили и други. Силите на рязане са постоянно действащи в процеса на рязане, докато другите възникват при определени обстоятелства. Ще разгледаме само силите на рязане, които действат върху инструмента и заготовката в процеса на рязане и отделяне на стружка.



1.7. Сили на рязане

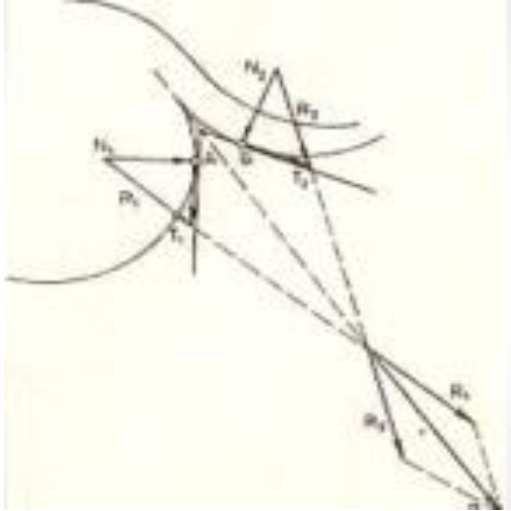
На фиг. 1.7 силата F е резултантна на силите F_y и F_a , действащи съответно по предната и задната повърхнини на инструмента. От своя страна силите и са резултантни на съответните нормални сили и на силите на триене:

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



$$F_{\alpha} = F_{N_{\alpha}} + F_{T_{\alpha}}$$



Сили на рязане, които действат върху режещия инструмент, заготовката и стружката:

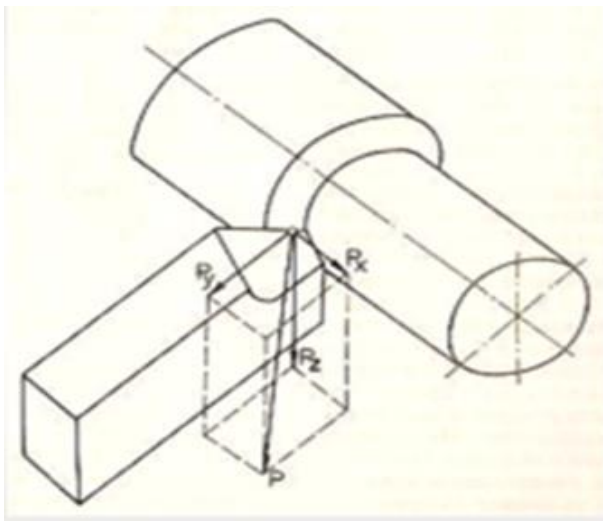
N_1 , N_2 – сили на нормален натиск между заготовката и инструмента

T_1 , T_2 – сили на триене между заготовката и инструмента

R – равнодействаща на силите R_1 и R_2

Фиг. 1.8. Силите, действащи върху режещия клин в процеса на рязане

На фиг. 1.8. е дадена схема на силите, действащи между заготовката и режещия клин. Нормалните сили N_1 – между предната повърхнина на инструмента и стружката и N_2 – между задната повърхнина на инструмента и обработената повърхнина и съответните сили на триене T_1 и T_2 дават резултатната сила на рязане F . Силите N_1 и N_2 зависят от физико-механичните свойства на обработвания материал и от геометрията на режещия клин.



Равнодействаща сила и нейните компоненти:

R – равнодействаща сила

R_x – осева сила

R_y – радиална сила

R_z – главната/тангенциална/ сила



1.9 Динамична схема на рязане

Равнодействащата или общата сила на работа P в процеса на рязане се разлага на различни съставящи. На фиг. 1.9 е показано общовалидното разлагане на силата на рязане P на три съставящи я сили – P_x , P_y и P_z . Те действат по осите на координатната система с начало в една точка от средата на работещата част от режещия ръб на инструмента. Силата P_z се нарича главна или тангенциална и е насочена по допирателната към повърхнината на рязане. Силата P_z е изходен фактор при пресмятане на инструмента и на мощността, необходима за рязане. Силата P_y действа радиално на оста, около която се извършва въртеливото движение, и затова се нарича радиална сила. Силата P_x е насочена по оста на въртеливото движение и се нарича осева сила.

Мощността, изразходвана за самото рязане, се нарича полезна мощност на рязане. Тя се определя от тангенциалната сила на рязане P_z (в N) и скоростта на главното движение v (в m/min) и се измерва в киловати:

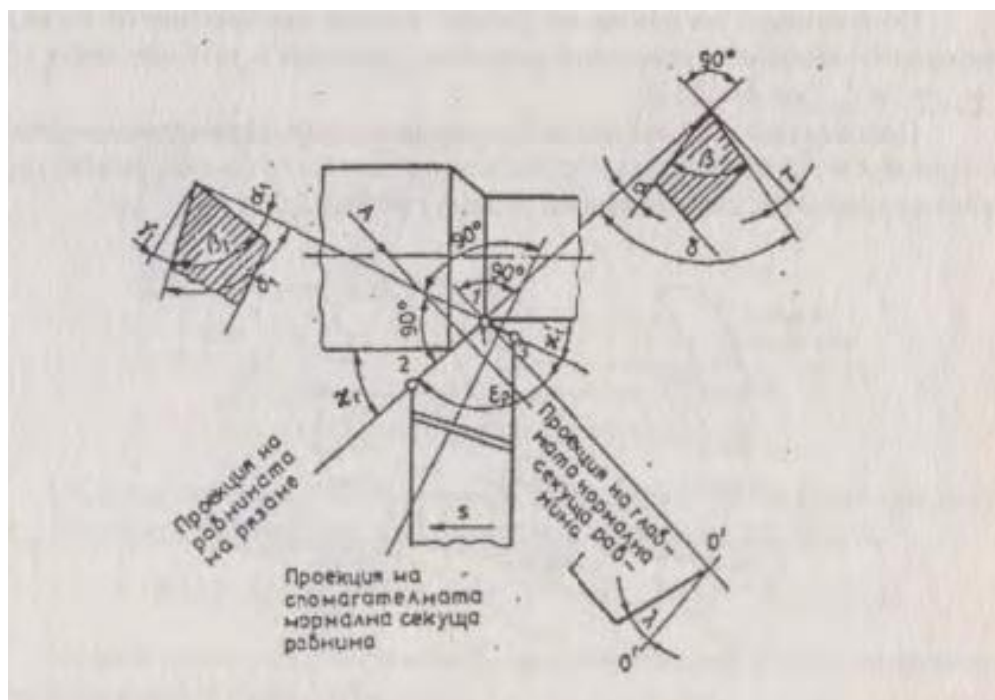
$$P_p = (P_z \cdot v) / 60 \cdot 1000 \text{ Kw}$$

1.4. Режими на процеса рязане

При осъществяване на процес на рязане е необходимо определените работни движения да се извършват с подбрана скорост, а режещия инструмент да бъде подходящо оформен като режещ клин или зъб (един или повече). Всичко това определя за всеки процес на рязане параметри, изразени чрез елементите на режима на рязане и геометрията на режещия клин.

Основните елементи, определящи режима на рязане са дълбочината, подаването и скоростта.

Дълбочината на рязане представлява разстоянието между обработваната и обработената повърхнина, измерено по перпендикуляра, спуснат към обработената повърхнина. Тя се бележи с t и се измерва в mm (фиг. 1.10).



Фиг. 1.10. Схема на рязане с един режещ зъб

Подаването при рязане представлява преместването на инструмента или заготовката за единица време или за едно главно работно движение, завъртане (оборот). Обикновено подаването се бележи със s (фиг. 1.10), а големината му може да се задава и чрез неговата скорост v_n . При различните процеси на рязане и различните конструкции на инструментите големината на подаването се определя различно. Например на фиг. 1.10 рязането се извършва при въртеливо главно и праволинейно подавателно работно движение, като подаването s се задава чрез преместването на инструмента за едно завъртане (един оборот) на заготовката, т.е. дименсията на s е mm/об.

Скоростта на рязане се определя еднозначно от абсолютната скорост на главното работно движение v , измервана в m/min (по-рядко в m/s при големи скорости). При въртеливо главно движение (фиг.1.10) скоростта на рязане се определя от периферната скорост. За нея се съди по броя на завъртанията n за единица време. В този случай се използва зависимостта за определяне периферната скоростна точка от повърхнината, лежаща на окръжност с най-голям диаметър. Пресмята се пътят, изминат от точката за единица време (Πd), и за скоростта се получава:

$$v = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000 \text{ m/min,}$$

----- www.eufunds.bg -----

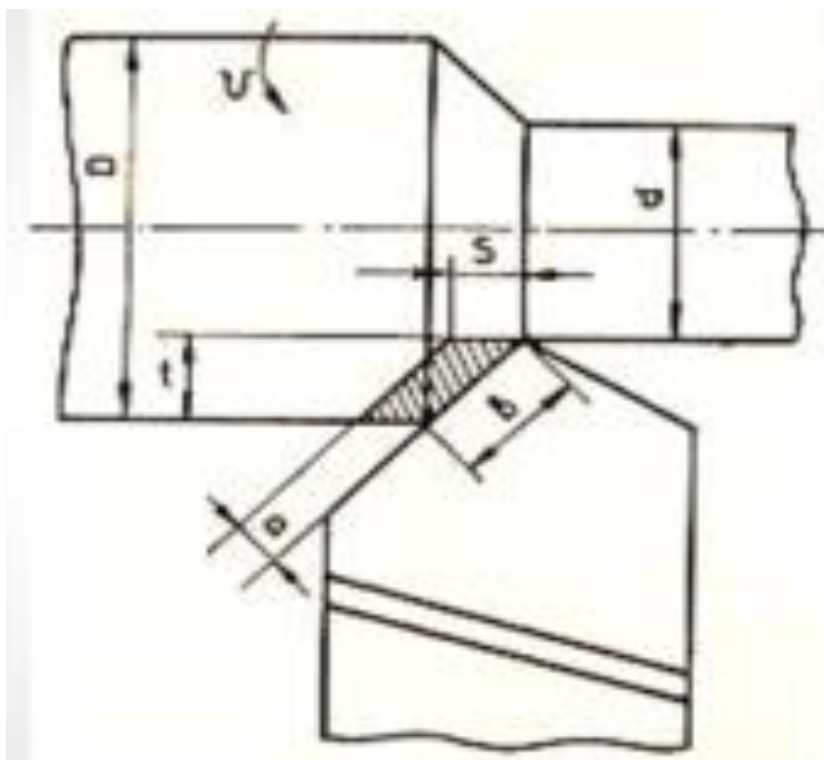


където D , mm е диаметърът на обработваната повърхнина; n , min^{-1} – честота на въртене, т.е. броят на оборотите за една минута

Разгледаните елементи на рязане са основните фактори, определящи режима на рязане, от които зависи производителността на процеса и качеството на обработване.

Ще разгледаме геометрията на стругарския нож, в статичната координатна система. За удобство ще разгледаме проекцията на схемата на обработване, в която векторът на скоростта на рязане е разположен перпендикулярно на равнината на чертежа, а върхът на инструмента - т. 1 е пресечна точка на режещи ръбове (т.е. инструментът няма преходен режещ ръб) и лежи в равнината на чертежа. В този случай основната координатна равнина съвпада с равнината на чертежа (фиг. 1.10). По същата причина съвпадат проекциите 1-3 на спомагателния режещ ръб и P на спомагателната равнина на рязане. Положението на предната и задната повърхнини на инструмента се определят съответно с предния и задния ъгли. Обикновено тези ъгли се задават и измерват в нормалните секущи равнини: P_0 за главния режещ ръб и P_0 за спомагателния режещ ръб.

Фиг. 1.11. Пример за режим на рязане:





Дълбочина на рязане t за ротационни детайли

$t = (D-d) / 2$, където D, d са диаметри на преди и след обработка

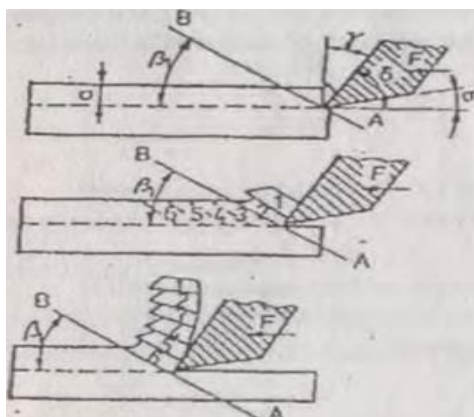
Дълбочина на рязане t за равнинни детайли

$t = l_1 - l_2$, където l_1 и l_2 са размери на повърхнината преди и след обработката

1.5. Физикомеханични явления, съпровождащи процеса рязане

Процесът на рязане представлява непрекъснато стружкообразуване. Този процес се съпровожда от специфични физични явления като стружкообразуване, наслойка, наклеп, топлоотделяне и други.

Стружкообразуването представлява целенасочено разрушаване на изходния материал чрез отделяне на стружка. Схемата на образуване на елементите на стружката е показана на фиг. 1.12. Режещият инструмент, премествайки се под действието на силата F , деформира материала по пътя на движението си. При достигане на най-голямата възможна за дадения материал деформация, той се откътва и измества в посока на равнината $A-B$, като образува елемент на стружката. Тази равнина се нарича равнина на изместването. Тя образува с допирателната към повърхнината на рязане ъгъл β_1 , който се нарича ъгъл на изместване. След откътването и изместването на първия елемент на стружката режещият инструмент деформира следващия, като образува втория елемент на стружката и т.н. Получаваната при рязане на металите стружка в зависимост от формата и структурата си се разделя на четири основни вида: елементна, съставна, непрекъсната и къртеща се.



Фиг. 1.12. Схема на образуване на елементите на стружката

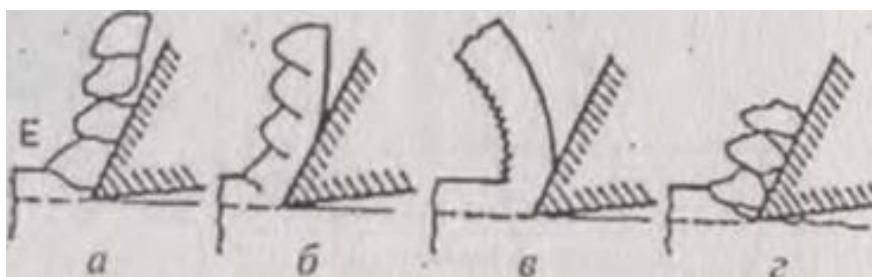
Елементната стружка се състои от отделни приблизително еднакви елементи (фиг.1.13а), разделени или слабо свързани един с друг.



Съставната стружка се състои от отделни силно деформиранн елементи, здраво свързани един с друг (фиг.1.13б). Такава стружка се получава обикновено при обработване на пластични материали със средна скорост на рязане.

Непрекъснатата стружка се образува при обработване на пластични материали с малка якост с големи скорости на рязане и малка дебелина на срязвания слой (фиг.1.13в). Тя се отделя от обработваната повърхнина като винтообразна лента или плоска спирала. Непрекъснатата стружка е опасна, тъй като може да доведе до нараняване на работещия.

Къртещата се стружка (фига. 1.13г) се образува при обработване на твърди и крехки материали при нормални условия на рязане. Състои се от несвързани едно с друго парчета материал с различна форма и размери.



Фиг. 1.13 Видове стружки

а – елементна; б – съставна; в – непрекъснатата; г – къртеща се

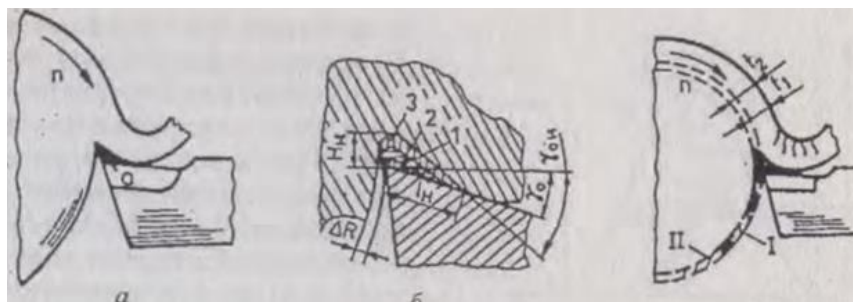
Наслойка. В процеса на рязане при определени условия около главния режещ ръб на инструмента се натрупва силно деформирана маса частици от обработвания материал, здраво свързани с предната повърхнина на инструмента. Тази маса частици (фиг.1.14а) има клиновидна форма и се нарича наслойка.

В процеса на рязане частично деформираната стружка действа върху предната повърхнина на инструмента с голямо налягане. Освен това в зоната на рязане възниква висока температура. При движението на стружката по предната повърхнина на инструмента поради голямото налягане и температура и поради наличието на грапавини по предната повърхнина възниква явлението адхезия между инструмента и стружката.

----- www.eufunds.bg -----



Вследствие на това явление върху предната повърхнина на инструмента се образува тънък слой от обработвания материал (фиг.1.14б). Върху него се натрупват постепенно други слоеве 2, 3 и т.н. с обща височина.



Фиг. 1.14. Образуване на наслойк

Наклепът е явление, което се получава вследствие на натиска на инструмента върху заготовката и пластичната деформация на повърхностния слой, обработван материал. При това се получава уякчаване на тънък повърхностен слой от обработената повърхнина, който е с по-голяма твърдост. Наклепът е вреден при снемане на тънки стружки.

Топлоотделянето при рязане е резултат от превръщането на механичната енергия в топлинна. Това се получава вследствие на пластичното деформиране на материала и триенето в зоната на рязане. Отделената топлина преминава предимно в стружката, по-малко в инструмента и най-малко в заготовката.

Изучаването на физичните явления при рязане и на условията за тяхното протичане допринася за управлението на процеса на рязане.

Въпроси и задачи

1. Дайте определение за процес на рязане
2. Колко движения най-малко са необходими, за да се извършва процес на рязане? Има ли изключения?
3. Какви движения може да извършва инструментът? А заготовката?
4. Кой са основните елементи, определящи скоростта на рязане?
5. Дайте определения за процес на стружкообразуване и какви видове стружки познавате?



РАЗДЕЛ 2. РЕЖЕЩИ ИНСТРУМЕНТИ И ИНСТРУМЕНТАЛНИ МАТЕРИАЛИ

Общи изисквания към режещите инструменти

Към режещите инструменти се предявяват разнообразни изисквания по отношение на качеството на получаваните изделия, оптимална експлоатация и технологичен процес на изработване:

- осигуряване на предписаната точност и грапавост на обработените повърхнини;
- осигуряване висока производителност при оптимална трайност;
- висока надеждност при експлоатация;
- технологичност на конструкцията на инструмента;
- малка стойност на инструмента.

Материали за изработване на режещите инструменти

Изисквания към физико-механичните свойства на материала, от който са изработени режещите инструменти са:

- твърдост на материала, който са изработени – основната предпоставка при осъществяване на процеса на рязане. С увеличаване на твърдостта се подобряват износоустойчивостта и режещите качества на инструмента, но заедно с това се величава крехкостта на материала, което понижава някои якостни характеристики;
- механична якост – определя вида (опън, натиск, огъване, усукване, комбинирано) и характера на поеманото натоварване (постоянно, променливо, ударно). С повишаване на твърдостта се увеличава якостта на натиск, но намалява якостта на огъване и усукване, както и жилавостта;
- жилавост - способността да поглъща механичната енергия при динамични натоварвания; измерва се с изразходваната работа за единица обем или напречно сечение на държача и гарантира устойчивостта му срещу образуване на пукнатини при експлоатация в условия на променливо натоварване, удари и вибрации;

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

- топлоустойчивост – това е свойството на материала да запазва своята твърдост, якост и износоустойчивост при високи температури. Използването на по-топлоустойчиви материали за изработване на инструменти позволява обработване с по-големи скорости и получаване на по-висока производителност;
- топлопроводимост – способността на материала да отвежда топлина. Това качество е особено важно тъй като в зоната на рязане обикновено температурата е много висока. Ако се обработват материали с ниска топлопроводимост е необходимо инструменталният материал да е с висока топлопроводност;
- износоустойчивост – влияе пряко върху трайността на инструмента и се влияе комплексно от всички останали физико-механични качества на инструменталния материал;
- обработваемост чрез рязане (механична обработваемост) – повечето инструментални материали имат добра механична обработваемост, тези, които са с по-лоши показатели с използват за изработване на по-прости конструкции инструменти;
- термична обработваемост – способност на материалите да се обработват термично за получаване на необходимите физикомеханични свойства, при което се осигуряват малка деформация и остатъчни напрежения в инструмента, еднаквост на свойствата на достатъчна дълбочина по сечението на материала.

В зависимост от химическото си съдържание и допустимите режими на обработване материалите за изработване на инструменти се делят на: инструментални, металокерамични, минералокерамични, абразивни и свръхтвърди (фиг.2.1).

Инструментални стомани

Най-широко използваните материали за изработване на режещи инструменти са инструменталните стомани. Използват се главно във вид на прокат с кръгла, квадратна, плоска и др. форми. Изработването на конструкцията на инструмента става чрез механично и термично обработване и шлифване. Свързването на инструменталните стомани с държач от конструктивна стомана става предимно чрез заваряване, като често инструментите са монолитни от инструментална стомана. В зависимост от химическия си състав се разделят в 3 групи:

- **Въглеродни стомани**

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД

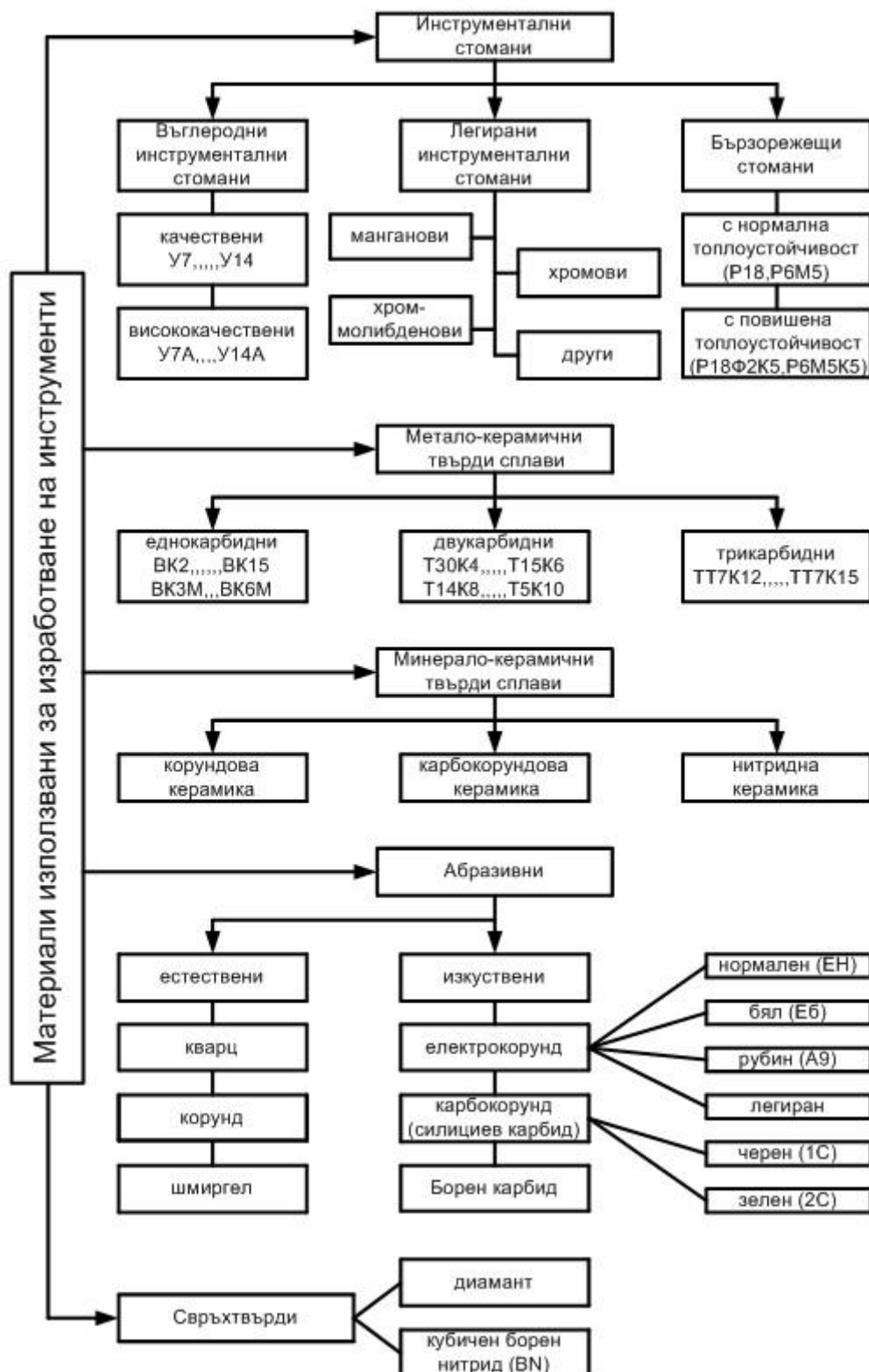


ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Въглеродните стомани имат много добра механична обработваемост, значителна якост и ниска цена.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Фиг.2.1. Видове материали, използвани за изработване на режещи инструменти



Основни недостатъци са ниската им топлоустойчивост и технологични качества, изразяващи се в ниска прокаляемост, склонност към пукнатини, вътрешни напрежения и деформации при термообработка. Използват се за механично обработване на материали с малка якост и твърдост, ръчни инструменти и такива, работещи с ниска скорост на рязане.

Въглеродните стомани се разделят на качествени и висококачествени. Групата на качествените стомани се маркира с буква У и число, което показва средното съдържание на въглерод в десети от %. Това са маркиите У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13. Притежават твърдост HRC=60÷63; термоустойчивост до 200-250°C; скорост на рязане до 10m/min

Висококачествените въглеродни инструментални стомани се означават по същия начин, като в края е добавена буква А (напр. У10А). При тях за всички марки съдържанието на S<0,02%, а на P>0,03%.

В маркиите У8Г и У8ГА съдържанието на Mn е повишено до 0,6% срещу 0,15 до 0,30% за всички останали марки.

Примерно приложение на някои марки качествени въглеродни стомани е дадено в табл.2.1.

таблица 2.1. Приложение на някои марки качествени въглеродни стомани

№	Марка качествена въглеродна стомана	Приложение
1.	У7	Изработване на секачи, ковашки инструменти и др.
2.	У8	Изработване на пили, пробои, поансони и др.
3.	У9	Изработване на центри, дървообработващи инструменти и др.
4.	У10	Изработване на стругарски ножове, свредели, метчици, райбери, флашки, ножовки и др.
5.	У12	Изработване на фрезери, шабъри, райбери, калибри и др.
6.	У13	Изработване на стругарски ножове, шабери, свредели и др.

▪ **Легирани инструментални стомани**

Стомани с повишени механични и якостни в сравнение с въглеродните, получени чрез прибавяне на друг някакъв елемент или комбинация от елементи се определят като легирани (сплавни) стомани. Тяхното производство съставя около 10% от световното производство на стомани с тенденция то да се повиши. Обикновено легиращи елементи в

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

стоманите са хром, никел, титан, ванадий, волфрам, молибден, кобалт и др. или пък манган и силиций в по-големи количества от нормалните. (Mn над 1% и Si над 0,8%). С легирането на стоманите се постига преди всичко повишаване на тяхната якост, твърдост, запазваща се при сравнително високи температури, корозиоустойчивост, износоустойчивост, които се проявяват след термичната им обработка. Легираните стомани имат по-голяма прокаляемост от въглеродните, получават мартензитна структура при закалка в масло, с което се намалява опасността от пукнатини и деформации. Те притежават твърдост HRC=62÷64, термоустойчивост до 250-400°C и допускат скорости на рязане до 15-25m/min

Най-често използването легиращи елементи са:

- Манган Mn - подобно на въглерода повишава твърдостта, якостта на опън, границата на провлачване, прокаляемостта и спомага за повишаване твърдостта на стоманата при нормализацията; ускорява процеса на циментация, понижава топло и електропроводимостта на стоманата; заваряемостта се влошава с увеличаването на мангана, докато се образува аустенитна структура. Аустенитната манганова стомана обаче са заварява добре. Отрицателното влияние на мангана се изразява в това, че той съдейства за увеличаването на зърната при нагряване.
- Силиций Si - повишава твърдостта, прокаляемостта, якостта на опън, границата на провлачване и особено модула на еластичност; предизвиква появата на влакнеста структура в стоманата, което понижава механичните и свойства в напречно сечение; спомага за равномерното разпределение на напреженията, които заедно с повишената еластичност прави силициевата стомана пригодна за производството на ресори и пружини; намалява дълбочината на циментация и понижава съдържанието на въглерод в повърхностния (циментирания) слой; понижава чувствително хистерезисните загуби при намагнитване, затова силициевите стомани се използват за производство на ротори, статори, трансформатори. Силициевите стомани със съдържание на силиций на 1,5% са склонни да образуват едрозърнеста структура.
- Хром Cr - увеличава твърдостта, якостта, еластичността, границата на провлачване и прокаляемост; неръждясват; възпрепятства нарастването на зърната, намалявайки чувствителността на стоманата към преграване, което е много ценно свойство за

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

практиката. Хромът образува с въглерода различни твърди карбиди, които са разтворими в желязото, увеличават износоустойчивостта и намаляват ударната якост (жилавостта).

- Никел Ni - увеличава якостта, прокаляемостта, устойчивостта срещу корозия и твърдостта, намалява удължението и свиването, води до нарастването на зърната, намалява дълбочината на циментацията и концентрацията на въглерода на повърхностния слой, а също така намалява електро и топлопроводимостта. Никеловите стомани се отличават с висока жилавост и пластичност.
- Волфрам W - оказва влияние, сходно с това на хрома: увеличава твърдостта, якостта, устойчивостта на зърната срещу нарастване. Волфрамът образува с въглерода карбиди, които са много устойчиви и твърди. При съдържание в стоманата на 22% волфрам целият въглерод е свързан с карбиди. Структурата на такава стомана е ферит и карбиди и тя не се закалява.
- Ванадий V - повишава якостта, твърдостта, прокаляемостта и еластичността на стоманите при съдържание до 0,5 – 0,7%; намалява разтворимостта на газовете в отливките. При повишено съдържание не изменя свойствата на стоманата, а при съдържание над 1% ги влошава. Той спомага за получаване на ситнозърнеста структура, подобрява заваряемостта, понижава електропроводимостта.
- Титан Ti - спомага за образуване на карбиди, прибавя се в малки количества (0,1 – 0,3%). Той подпомага получаването на ситнозърнеста структура и свързва въглерода в хром-никеловите неръждаващи стомани, за да се избегне междукристалната корозия.
- Молибден Mo - в малки количества (0,2 – 0,6%) увеличава силно прокаляемостта на стоманата.; спомага за получаването на ситнозърнеста структура; повишава якостта на стоманата при високи температури; подобрява устойчивостта на неръждаващите стомани.
- **Бързорежещи инструментални стомани**

Бързорежещите стомани, означавани в маркировката на инструментите с HSS, съдържат големи количества елементи, образуващи твърди карбиди (волфрам, титан, ванадий и др.), значително повишаващи топлоустойчивостта и якостта на материалите. При тези стомани основен легиращ елемент е волфрама, който се означава в съдържанието на стоманата с „P“. След термообработка структурата им включва

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



мартензит, карбиди и двойни карбиди на легиращите елементи. Те се употребяват практически за всички видове режещи инструменти. Произвеждат се под формата на прътови заготовки с различно напречно сечение (фиг.2.2), от които могат да се заточат режещи инструменти с различна конфигурация. Съгласно БДС 7008 – 74 бързорежещите стомани се означават се с букви и цифри, от които цифрата след буквата Р показва съдържанието на волфрама в стотни от процента, а цифрите след буквите Ф, М, К и др. показват процентното съдържание на съответния легиращ елемент в сплавта в цели единици. В зависимост от химичния състав и от основните им свойства се разделят на стомани с нормална (ванадий не повече от 2%) и с повишена производителност (ванадий – $\Phi > 2\%$ и кобалт – К). Те са температуроустойчиви до 600°C . Допускат скорости на рязане до 50m/min . След термообработване имат твърдост $\text{HRC} = 62 \div 65$. В зависимост от топлоустойчивостта си биват:



Фиг.2.2. Заготовки от бързорезна стомана за изработване на режещи ножове

Стомани с нормална топлоустойчивост (P18, P6M5 и др.) са по-евтини и широко употребявани за разнообразни инструменти и обработки на най-употребяваните конструкционни материали. Качествата им силно зависят от равномерността на разпределение на карбидите. При равномерно разпределение на ситнозърнестите карбиди

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

на стомана P18 якостта на огъване е 3000MPa, а при по-неравномерна структура тя се понижава до 2000 MPa.

Стомани с повишена топлоустойчивост (P18Ф2К5, P6M5K5 и др.) за сметка на по-голямото количество легиращи елементи имат по-високи експлоатационни възможности и се използват за най-натоварените силово и топлинно режещи инструменти за обработване на топлоустойчиви и неръждаеми стомани. Те имат по-ниска обработваемост чрез шлифване. Стоманите от двете групи имат склонност към неравномерно разпределение на карбидите, когато заготовките са стоманен прокат. Този проблем отпада при получаването на заготовките по прахово металургичен път.

Използват се за направа на фрези, зъбодълбачни колела, шевери, райбери, протяжки. За икономия на бързорежеща стомана режещите инструменти се правят съставни или сглобяеми.

Металокерамични твърди сплави

Металокерамичните твърди сплави съдържат карбиди на волфрам, титан, тантал и др., свързани със сплавите на кобалт, желязо и сплавите им. Те имат значително по-високи топлоустойчивост и твърдост, разрешаващи високи скорости на рязане и обработване на закалени материали и значително по-малка якост от инструменталните стомани. Свързването на металокерамичните твърди сплави с държач от конструкционна стомана става предимно чрез спояване, а монолитни конструкции се използват предимно за малките по размер инструменти.

По технологични свойства тези материали се отличават от инструменталните стомани по това, че при изработване на инструменти от тях не се прилагат механични обработки, пластична деформация, заваряване и закалка, силно са застъпени прахово металургичните методи за получаване на заготовките, след които се прилага шлифване с диамантни дискове.

Металокерамичните твърди сплави притежават твърдост HRA=86÷92, термоустойчивост до 800-1000°C и допускат скорости на рязане до 10m/min

Основният материал на керамиката, предназначена за обработване на материали с къса стружка е съчетание от кобалт (Co) и волфрамов карбид (WC). Увеличаването дела на кобалта води до увеличаване на жилавостта и топлопроводността за сметка на

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



твърдостта и износоустойчивостта. Металокерамиката, предназначена за обработване на материали с плъзгаща се стружка освен горните два материала съдържат и титанов карбид (TiC), увеличаващ съпротивлението срещу изтриващото действие на долната уякчена страна на стружката върху предната повърхнина на инструмента.

Освен химичния състав на свойствата на металокерамиката влияе и зърнометричен състав на структурата, като по-ситнозърнестите структури се характеризират с по-голяма твърдост и износоустойчивост.

В зависимост от химическия си състав металокерамичните сплави се разделят на три групи:

- *Еднокарбидни твърди сплави* – ВК3, ВК3М, ВК10М, ВК25 – притежават по-висока топлопроводност и по-голяма жилавост от двукарбидните; приложение – за обработване на чугун, цветни метали и сплави, неметални материали;
- *Двукарбидни (поликарбидни) твърди сплави* – Т30К4, Т15К6, Т5К12В – по-висока температуроустойчивост, по-малък коефициент на триене от еднокарбидните; за обработване на стомани;
- *Безволфрамови твърди сплави* - ТМ1, ТМ3, КНТ-16 – титанов карбид + свързващи елементи – никел и молибден.

Към основното означение е възможно да бъдат добавени и допълнителни означения:

В – наличие на едрозърнест волфрамов карбид и повишена жилавост;

М – наличие на дребнозърнест волфрамов карбид и повишена износоустойчивост;

ОМ – наличие на дребнозърнест волфрамов карбид и особено висока износоустойчивост;

ВК – наличие на едрозърнест волфрамов карбид и повишена жилавост, устойчивост на ударно натоварване;

КС – наличие на волфрамов карбид със средна зърнистост;

Б – индивидуално означение на трикарбидна марка твърда сплав.

Съвременната металокерамика все по-рядко се използва без нанесени износоустойчиви покрития. Те представляват един до три последователно нанесени тънки слоя (с обща дебелина до 15...20 μm) от TiC, TiN, Ti(C,N), Al₂O₃ и др., характеризиращи се с по-висока твърдост, по-нисък коефициент на триене и по-ниска адхезия към



обработвания материал от тези на основата. Покритията увеличават производителността на металокерамиката. Съчетанието на жилава металокерамична основа с твърдо покритие прави режещите елементи по-универсални, пр. вместо три марки P10, P20 и P30 може да се използва една марка покрита сплав, подходяща за осъществяване на чисти и получисти обработки.

Примерно приложение на някои металокерамични твърди сплави е дадено в табл.2.2.

таблица 2.2. Приложение на някои марки металокерамични твърди сплави

Марка	Физико-механични свойства		Приложение
	Плътност t/m ³	Якост на огъване MN/m ²	
ВК2	15,2	1000	За обработване на чугун, метали и пластмаси при голяма скорост и малко сечение на стружката
ВК3	15,1	1000	За обработване на бял чугун и други твърди материали
ВК4В	15,0	1400	За рудодобивни инструменти
ВК6	14,8	1350	За инструменти за обработване на чугун, дюзи за проводници
ВК6М	14,8	1300	За обработване на специални чугуни
ВК8	14,6	1400	За обработване на чугуни, цветни метали и пластмаси при тежки режими на работа
ВК15	14	1800	За ударни и изтеглящи инструменти
ВК20В	13,6	2400	За щанци, ударни инструменти при големи натоварвания
Т5К10	12,8	1300	За обработване на стомани при тежък режим на работа
Т30К4	9,6	900	За дообработване на легирани стомани при голяма скорост
ТТ7К12	13,2	1550	За обработване на ковани и лети стомани при малка скорост и голямо сечение на стружката

Международната система за стандартизация ISO класифицира металокерамичните твърди сплави според вида на образуващата се стружка и вида на обработвания материал в три класа:

- Клас Р – за обработване на метали, образуващи непрекъсната стружка – стомани, ковък чугун; държачите се боядисват в син цвят;
- Клас К – за обработване на материали, образуващи надробена стружка – чугун, цветни сплави, неметални материали, държачите се боядисват в червен цвят;
- Клас М – за обработване на труднообработваеми материали – топлоустойчиви и неръждаващи стомани, чугуни с голяма твърдост; държачите се боядисват в жълт цвят.



Минералокерамични твърди сплави

Минералокерамиката представлява група материали, главно Al_2O_3 , получавани чрез синтероване и спичане на прахове с едрина 1-3 μm с добавяне на MgO , ZrO и др. за свързка. По предназначение тази група материали се разделя на две основни подгрупи: конструкционна (за износоустойчиви дюзи, изкуствени стави, затварящи елементи за санитарна арматура и др.) и режеща керамика. Разликата е основно в прецизността на спазвания химически състав и едрината на структурните съставни преди и след спичане, които са в по-тесни граници при режещата керамика.

Режещата минералокерамика притежава по-голяма твърдост и топлоустойчивост и по-малка якост от металокерамичните сплави и не съдържа редки и дефицитни химически елементи. Тя се характеризира със силно ограничена обработваемост. След пресоването и спичането на режещите елементи, изработени от нея, те могат да се обработват само чрез шлифване. Тя не може да се заварява, споява и залепя.

Произвежда се във вид на режещи пластини, механично закрепвани към тялото на инструменти. По химически състав са обособени три групи режеща керамика:

- *Корундовата (оксидна, бяла) керамика* съдържа чист (99,9%) алуминиев оксид (Al_2O_3 , корунд). Тя има максимална твърдост и минимална якост, топлопроводност и жилавост от трите групи керамика.
- *Карборундовата (оксидно-карбидна, черна) керамика* съдържа алуминиев оксид и определен процент карбиди на ванадия, титана или молибдена, които са структурни съставни и на металокерамиката. Тя има междинни износоустойчивост, топлоустойчивост и якост между оксидната керамика и металокерамиката.
- *Нитридната керамика* с основен състав силициев нитрид (Si_3N_4), подобно на предишните две групи се получава чрез праховометалургичен път и се използва във вид на непрезаточващи се сменяеми пластини за различни инструменти.

Приложението на режещата керамика е ограничено поради по-малката якост, жилавост, топлопроводност и чувствителност към температурни промени и ударно натоварване.

Приложението и е високо ефективно в случаите, когато машините, режимите и прибавките са подходящо подбрани. Тя е особено ефикасна при рязане на закалени



стомани, твърди чугуни и др. Оксидната и карбидно оксидната керамика не се препоръчват за обработване на алуминиеви сплави поради химическата им еднородност с основната съставка на материала – алуминиев оксид.

По принцип керамиката работи без охлаждане, рядко се използва въздух или емулсия, главно с цел почистване на стружките.

Абразивни материали

Абразивните материали по произход са естествени и изкуствени. Те представляват зърна, прахове и микропрахове с неправилна форма. Използват се за изработване на абразивни дискове, брусове, ленти, шкурки и пасти.

▪ **Естествени абразивни материали**

Кварц - съдържа силициев оксид (SiO), има малка твърдост, почти не се използва за промишлени цели.

Корунд - съдържа над 80% алуминиев оксид, има ограничено приложение.

Шмиргел - съдържа до 80% корунд и много примеси. Използва се за ръчни точила.

Естествен диамант - разглежда се към свръхтвърдите материали.

Поради наличието на примеси, негарантиран химичен състав и механични свойства, естествените абразивни материали имат нищожно практическо приложение с изключение на диаманта.

▪ **Изкуствени абразивни материали**

Изкуствените абразивни материали имат много по-постоянни и гарантирани качества, разнообразие и приложение поради почистването от примеси и гарантирането на еднороден химически и зърнометричен състав. Те се характеризират с вид и зърнистост.

Електрокорунд - получава се от стопен в електрически пещи корунд с висока степен на чистота в няколко разновидности:

-Електрокорунд нормален (ЕН) с чистота 92...96 %, - широко употребяван за шлифване на пластични материали. По БДС се означава с 1А;

-Електрокорунд бял (ЕБ) с чистота 97...99 % - използва се за прецизно шлифване. Означава се с 8А;

-Електрокорунд рубин с чистота 99 % - използва се за шлифване незакалени и топлоустойчиви стомани. Означава се с 9А;



-Легиран електрокорунд - използва се за обработване на керамика, мек бронз, пластмаси.

Карборунд (силициев карбид) има два представителя:

- Силициев карбид чер с чистота 96...98% SiC се използва за обработване на сив чугун, мед, месинг, алуминий, бронз и се означава се с 1С.

-Силициев карбид зелен с чистота над 98 % SiC е много твърд и крехък материал с приложение за шлифование на металокерамика и означение по БДС 2С;

Борен карбид е материал по-твърд от електрокорунда, но крехък, с по-малка топлоустойчивост, употребяван за полировъчни и заглаждащи пасти.

Кубичен борен нитрид – това е представител на свръхтвърдите материали, който не се среща в природата и се разглежда по-долу.

Според зърнистостта си абразивните материали се групират в 6 групи, в които размерът на зърното се означава с числа: много едри 8...12, едри 14...24, средни 30...60, фини 70...120, много фини 150...240 и микропрах 280...600.

Зърна от електрокорунд бял със средна зърнистост се означават примерно 8А 54.

Размерът на абразивните зърна, влизащи в конструкцията на абразивните инструменти е определящ за производителността им и качеството на обработената повърхнина. При използване на по-големи по размер прахове за абразивни дискове те могат да работят с по-големи стойности на надлъжното, напречното подаване и дълбочината на рязане, но се получава по-грапава обработена повърхнина.

Свръхтвърди материали

Диамантът и кубичният борен нитрид, най-твърдите от всички естествени и изкуствени материали са обединени под наименованието свръхтвърди материали. Те имат най-голяма износоустойчивост от всички инструментални материали и са в състояние да обработват чрез рязане практически всички материали, независимо от вида и твърдостта им.

Диамантът, наричан също елмаз е минерал, естествен полиморфен алотроп на въглерода с кубична кристална решетка. Има много висока химична и физична устойчивост - не се разтваря в киселини и основи и практически не се износва. Диамантът има няколко уникални качества, ненадминати в природата от нито един друг минерал. Той

----- www.eufunds.bg -----



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

е най-твърдото естествено природно вещество, най-добрият проводник на топлината, има най-високата точка на топене и най-голям показател на пречупване на светлината от всички минерали. Среща се като естествен, добива се в открити и закрити мини. Най-големият добит естествен диамант се нарича Кулинан“ (фиг.2.3), с маса от 3106 карата и размери 100/65/50 mm, намерен е в мината "Премиер" край гр. Претория в РЮА. От 1955 г. се добива и по изкуствен път при високи температури и налягания (фиг.2.4). Американските изследователи Ф. Бънди, Х. Хол, Х. Стронг и Р. Венторф успяват да създадат апаратура за получаване на синтетични диаманти. Използван е карбид, като процесът се извършва при температура над 2000°C и налягане, надвишаващо 10,1.109 Pa. Добитите диаманти са с маса не повече от 0,05 карата с черен, жълт или кафяв цвят. Днес повечето от индустриалните диаманти са изкуствено получени. Според ДТС, търговското поделение на гиганта "Де Бирс", всяка година се използват около 200 тона синтетични диаманти, което е в пъти повече от добива на естествени камъни. Водещ производител на промишлени диаманти в света е поделението "Element Six" на компанията "Де Бирс".

Топлопроводността на диамантите е 2-5 пъти по-голяма от тази на металокерамиката, коефициентът на линейно разширение е 5 пъти по-малък, нищожен е коефициентът на триене.

При високи температури и налягания в зоната на рязане, обаче, проявява химическа активност към желязото, което го прави неподходящ за обработване на черни метали. При температури над 6500 изгаря изгаря във въздуха. Тази особеност определя предназначението му за обработване на цветни метали и неметали. Единичните кристали имат силно изразена анизотропност - различна якост в различните направления, което изисква внимателно подбиране конструкцията на режещите части от едри монокристали. Този недостатък липсва при поликристалните диаманти, означавани с РСD, чиито единични зърна с размер от 1...3 до 30...50 μm са разположени хаотично в обема на големия поликристал.

Вторият по твърдост материал е **кубичният борен нитрид (BN)**, който е изкуствен материал, срещащ се в природата като мек бял прах с друга кристална решетка. От него при високи температури и налягания се получава кубичната модификация,

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



характеризираща се с максимална топлоустойчивост и химическа инертност към желязото, което го прави много удобен за рязане на черни метали с висока твърдост.

Свърхтвърдите материали се използват във вид на монокристали, поликристали, зърна, прахове и микропрахове. От моно- и поликристалите се изработват инструменти с дефиниран режещ ръб. Зърната и праховете се използват за машинни и ръчни абразивни инструменти, а микропраховете – за абразивни инструменти, шкурки и пасты.



2.3. Диамантът „Кулинан“



2.4. Синтетичен диамант получен чрез процеса на отлагане на пари

Конструктивни и геометрични параметри на режещите инструменти

Конструктивните и геометрични параметри на различните конструкции инструменти се определят в зависимост от конкретната схема на обработване, използваната машина и технологична екипировка, вида на обработване, материала на обработвания детайл и др. фактори.

Конструктивни параметри

Конструктивно режещите инструменти се различават значително. Освен, че конструкцията им се определя от формата на обработваната повърхнина, тя зависи и от



начина на установяване на инструментите към машината. В зависимост от този критерий инструментите биват:

- прътови – инструментът е изработен от прътова заготовка и посредством плоски повърхнини се установява към машината (фиг.2.5 а);
- дорникови – инструментът има точно изработен централен отвор, по който се извършва базирането му при установяването към машината (фиг.2.5 б);
- опашкови – конструкцията на инструмента включва цилиндрична или конусна (стандартен морзов конус) присъединителна част, служеща за установяване към машината (фиг.2.5 в).



Фиг.2.5. Конструкции режещи инструменти с различни присъединителни части:

а) – прътови; б) – дорникови; в) – опашкови

Всеки инструмент, независимо от неговата конструкция има две основни части – работна и съединителна (фиг.2.6), които са с различно предназначение.

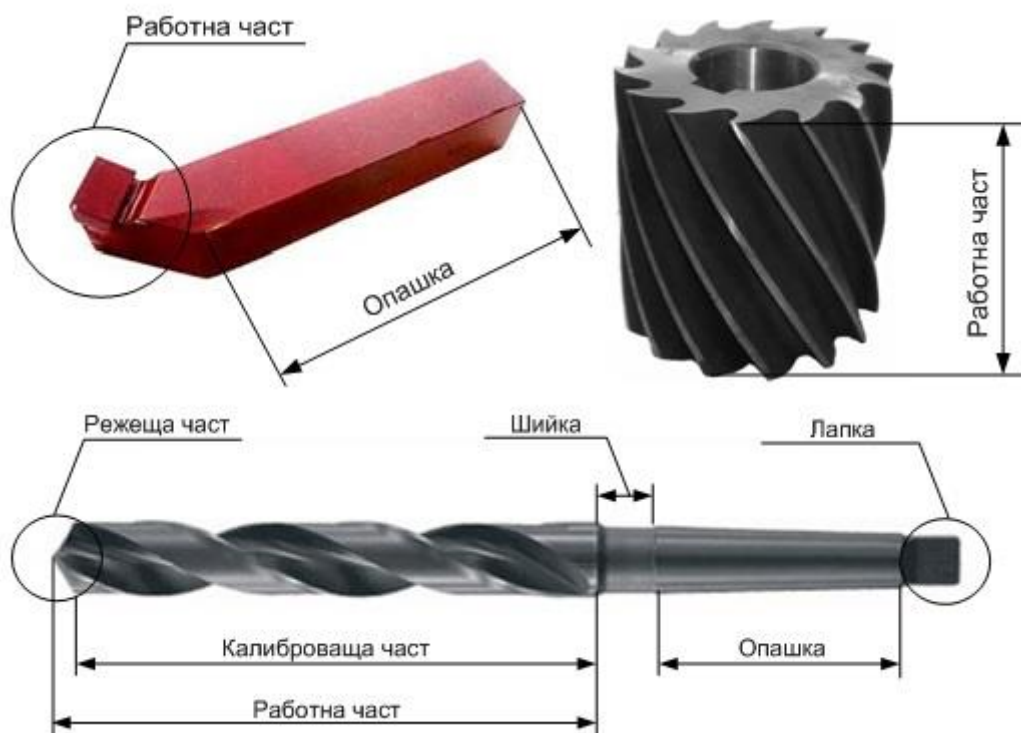
Работната част е предназначена да извършва функционалното предназначение на инструмента, свързано с обработването на заготовката. Тази част е силно натоварена от гледна точка на силови и топлинни въздействия, което води до интензивно износване. При повечето инструменти работната част се състои от две обособени части – режеща и калиброваща.

Режещата част извършва снемането на прибавката при обработване. Тя може да притежава един или няколко режещи ръба. Инструментите с повече режещи ръбове работят при по-добри условия, с по-голяма производителност и по-голяма трайност на инструмента.



Калибровачната част заглажда обработената повърхнина, като ѝ придава необходимото качество и размери и направлява инструмента по време на обработване когато има самоподаване. Освен това калибровачната част служи и като резерв за презаточване и формиране на режещата част. Инструментите без калибровачна част дават по-ниско качество на обработваната повърхнина или имат по-малка трайност поради необходимостта от по-често заточване.

Съединителната част на инструмента е предназначена за установяване директно или индиректно към машината. Към нея се предявяват високи изисквания за: бързо установяване на инструмента, устойчивост на трептения, дълготрайност и технологичност. Повърхнините ѝ обикновено са плоски, външни или вътрешни цилиндрични, конусни или комбинация от тях. Тази част не е натоварена силово или топлинно, затова обикновено се изработва от по-евтини въглеродни и конструктивни стомани.



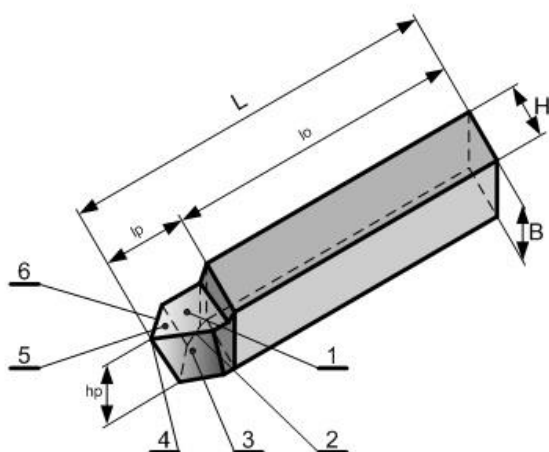
Фиг.2.6. Елементи на режещите инструменти



Наред с предназначението и начина на работа, конструктивните особености са основен признак за класификация на режещите инструменти. Тук влизат геометричната форма на работната и съединителната част, технологичните, монтажни и експлоатационни характеристики. Пример за дефиниране на конструктивни параметри е дадено на фиг.2.7, където е показан пример със стругарски нож. При изясняване на терминологията на конструктивните и геометричните параметри на режещите инструменти е прието за база да се използват стругарските ножове като инструмент с най-проста конструкция – те притежават един режещ ръб, праволинейни образуващи и повърхнини. Останалите режещи инструменти, имащи по-сложна конструкция, притежават същите или подобни елементи.

Върху работната част, осъществяваща рязането, се различават следните елементи:

- предна повърхнина – служи за отделяне и отвеждане на стружката;
- главна задна повърхнина $A\alpha$, обърната към обработваната повърхнина на заготовката;
- спомагателна задна повърхнина обърната към обработената повърхнина на заготовката;
- главен режещ ръб S . Това е линията, получена от пресичането на предната и задната главна повърхнини;
- спомагателен режещ ръб S' . Това е линията, получена от пресичането на предната и спомагателната задна повърхнини;
- връх на ножа ϵ , получен от пресичането на главния и спомагателния режещи ръбове.



Фиг.2.7. Геометрични параметри на стругарски нож:

- 1 – предна повърхнина $A\gamma$; 2 – главен режещ ръб S ; 3 - главна задна повърхнина $A\alpha$; 4 - връх на ножа ϵ ; 5 - спомагателна задна повърхнина ; 6 - спомагателен режещ ръб S'



Геометрични параметри

Съгласно БДС 12407:74. Основни термини, определения и означения на геометрията на режещата част на инструментите (отменен) под геометрия на режещата част на инструмента се разбират повърхнините, ръбовете и ъглите, които определят формата, големината и направлението на режещия клин. От тези параметри зависят силите на рязане, якостта и износоустойчивостта на режещия клин, качеството на обработената повърхнина.

Геометрията на режещата част се определя спрямо две системи: статична (система на инструмента) и динамична (работна). Ъглите, определени в статичната система се наричат статични, а в динамичната система – динамични.

Статична система за определяне на геометричните параметри на режещите инструменти

При статичната система геометрията на инструмента се разглежда в статично състояние. Определените в тази система ъгли се използват за изработване и контролиране на инструментите.

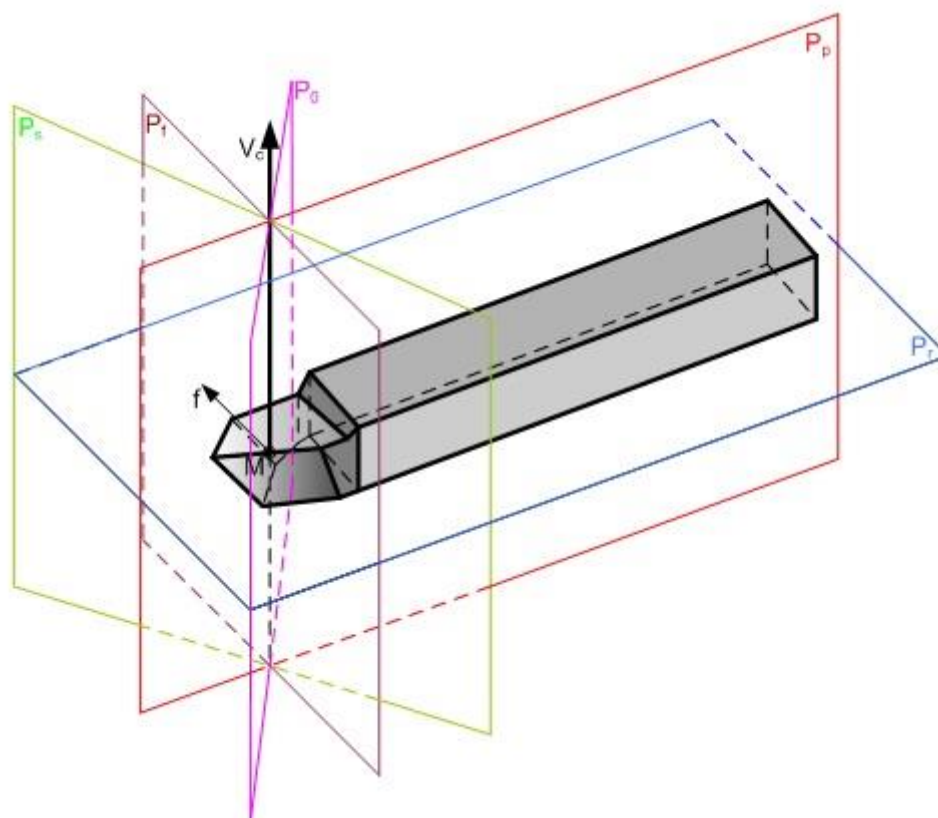
За да се формулират ъглите в статичната система е необходимо да се дефинират равнините, които ги определят. Като пример е избран стругарски нож като инструмент със сравнително проста геометрия, тъй като той притежава само един главен праволинеен режещ ръб. Тези равнини могат да се определят за произволна точка от режещия ръб – M (фиг.2.8):

- основна равнина P_r - преминаваща през произволно избрана точка M от режещия ръб и перпендикулярна на вектора на скоростта V_c на главното движение;
- равнина на рязане P_s - допирателна към режещия ръб (прав или криволинеен) в точка M и е перпендикулярна на основната равнина;
- равнина на нормалното сечение P_o (главна секуща равнина) – равнина, минаваща през произволно избрана точка от главния режещ ръб, перпендикулярна на основната равнина и на равнината на рязане;
- осова равнина P_p - равнина, минаваща през точка от главния режещ ръб, успоредна на оста на ножа и перпендикулярна на основната равнина;



- установъчна равнина P_f - равнина, минаваща през точка от главния режещ ръб и съдържаща векторите на главното V_c и подавателното движения f .

За спомагателния режещ ръб се използват спомагателните координатни равнини, дефинирани по аналогичен начин.



Фиг.2.8. Равнини в статичната система на инструмента

Статичните ъгли на инструмента се разглеждат в равнината, в която се измерват и са:

Ъгли в равнината на нормалното сечение (главни ъгли) (фиг.2.9):

γ_0 – главен преден ъгъл, заключен между предната повърхнина $A\gamma$ и основната равнина P_z ;

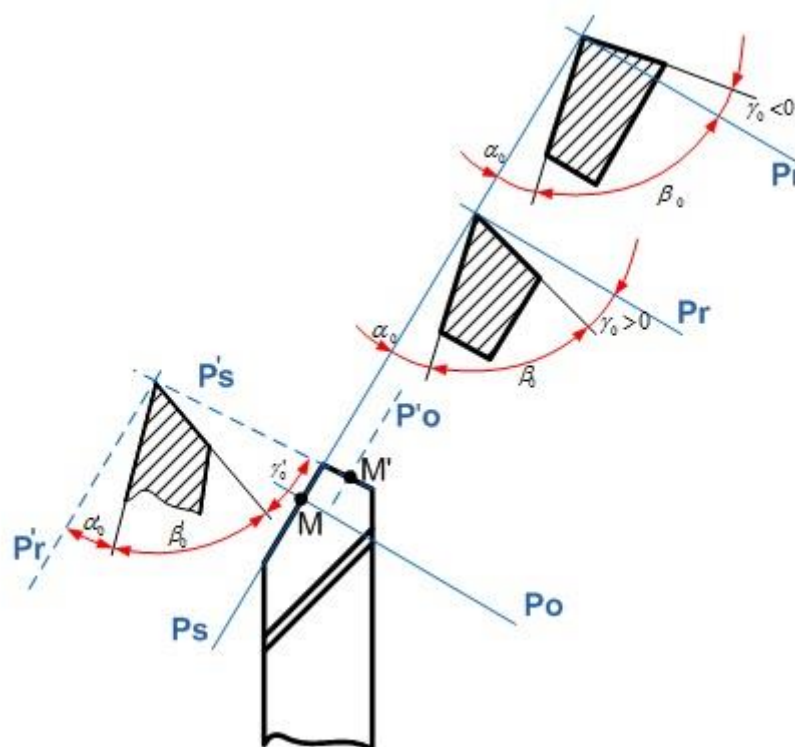
β_0 – главен ъгъл на заостряне, заключен между предната $A\gamma$ и главната задна $A\alpha$ повърхнини;

α_0 – главен заден ъгъл, заключен между главната задна повърхнина $A\alpha$ и равнината на рязане P_s .



Главният ъгъл γ_0 е положителен при $\alpha_0 + \beta_0 < 90^\circ$, отрицателен - при $\alpha_0 + \beta_0 > 90^\circ$, и равен на нула при $\alpha_0 + \beta_0 = 90^\circ$.

Положителните или отрицателни стойности на предния ъгъл влияят върху здравината му. Тя е най-голяма при отрицателни стойности. Стойностите на ъгъла влияят също на силите на рязане, на износоустойчивостта, на температурата и площта за отвеждане на топлината през тялото на инструмента. Те не влияят на работоспособността на инструмента по геометричен признак.



Фиг.2.9. Главни ъгли в статичната система на инструмента

За спомагателния режещ ръб се дефинират аналогично ъгли в спомагателната равнина на нормалното сечение (спомагателни ъгли) (фиг.2.9) – най-съществен е спомагателният заден ъгъл α'_0 , заключен между спомагателната задна повърхнина $A'\alpha$ и спомагателната равнина на рязане $P's$.

В осовата и установъчната равнини могат да се дефинират същите ъгли, като индекса, който носят отговаря на означението на равнината, която сече нормалната равнина, съответно „ p “ или „ f “. Ъглите в установъчната равнина P_f се наричат още странични, а в осова равнина P_p се наричат осови.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



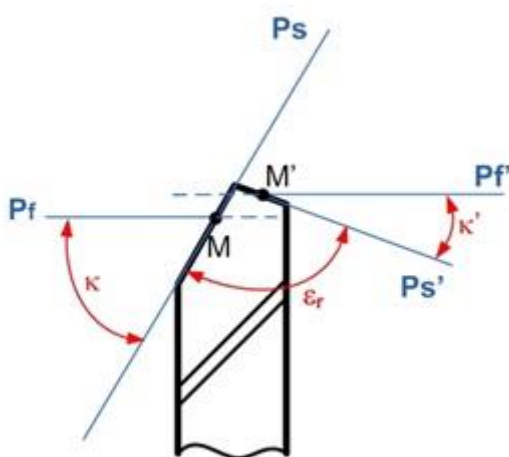
Установъчни ъгли (ъгли в план) (фиг.3.10) – определят взаимното разположение на режещите ръбове на ножа и разположението им спрямо установъчните равнини P_f и P'_f измерват се в основната равнина и са:

α_r – главен установъчен ъгъл, заключен между равнината на рязане P_s и установъчната равнина P_f ;

α_r' – спомагателен установъчен ъгъл, заключен между спомагателната равнина на рязане P'_s и установъчната равнина P'_f ;

ε_r – ъгъл при върха, заключен между равнината на рязане P_s и спомагателната равнина на рязане P'_s .

Особено важно за работоспособност по геометричен признак е главният установъчен ъгъл да има достатъчна положителна стойност за снемане на определената прибавка a_p при наличната дължина на режещия ръб.

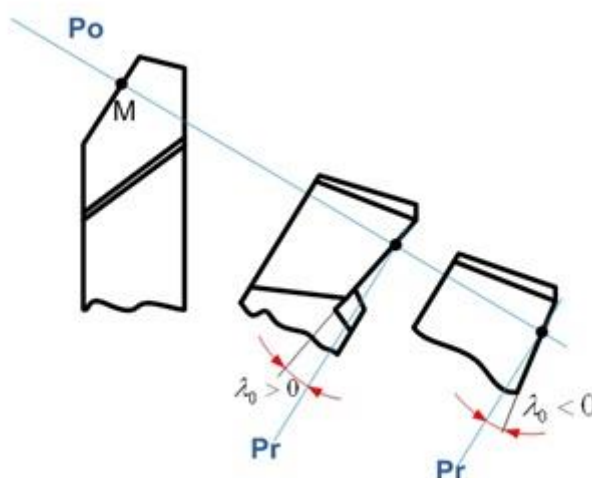


Фиг.2.10. Ъгли в план в статичната система на инструмента

Ъгъл на наклона на главния режещ ръб λ_s (фиг.2.11) – измерва се в равнината на рязане λ_s и е заключен между основната равнина P_s и главния режещ ръб S . Ъгълът λ_s може да е положителен, отрицателен или равен на нула градуса. Това се отразява на посоката на отвеждане на стружката - към заготовката или към работника, но не и на работоспособността на инструмента.

Когато върхът на ножа е най-високата точка от главния режещ ръб, ъгълът λ_s е положителен, ако е най-ниската точка λ_s е отрицателен. Когато главният режещ ръб лежи в основната равнина, ъгълът $\lambda_s = 0^\circ$.

----- www.eufunds.bg -----



Фиг.2.11. Ъгъл на наклона на главния режещ ръб в статичната система на инструмента

Съществуват следните зависимости между ъглите в статичната система:

$$\alpha_0 + \beta_0 + \gamma_0 = 90^\circ \quad \alpha_p + \beta_p + \gamma_p = 90^\circ \quad \alpha_f + \beta_f + \gamma_f = 90^\circ$$

$$\kappa_r + \kappa'_r + \varepsilon_r = 180^\circ$$

Динамична система за определяне на геометричните параметри на режещите инструменти

Статичните геометрични параметри на инструментите се ориентират относно вектора на статичната скорост на рязане, чието направление се приема спрямо базова повърхнина на инструмента. Статичните ъгли в дадена точка на режещия ръб са еднозначно определени и фигурират в конструктивната документация на инструмента.

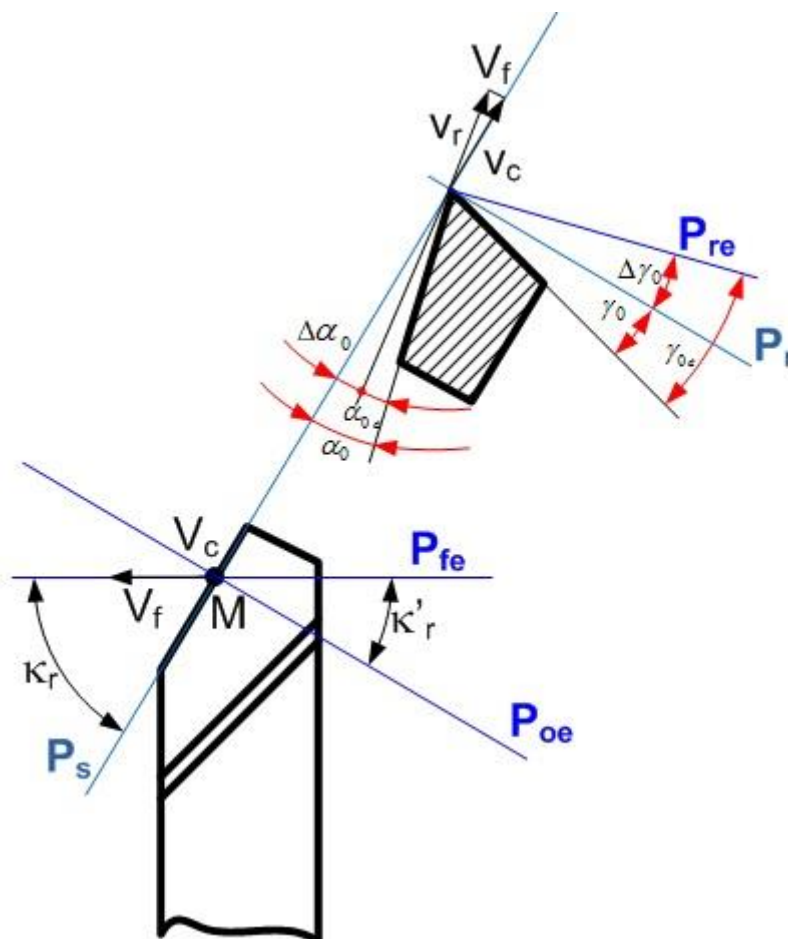
Работните геометрични параметри се реализират при рязане. Те отчитат разположението и формата на обработената повърхнина и формообразуващите движения, силовото, температурното натоварване и геометричната работоспособност на инструмента, поради което трябва да се определят внимателно при избиране режима на експлоатация. По време на обработване освен скоростта за реализиране на главното движение, действа и скоростта на подавателното движение (фиг.2.12). В резултат се получава резултантна скорост като дефинираните в статичната система се преориентират



спрямо тази резултантна скорост. Получените ъгли се дефинират по същия начин както в статичната система, но се отбелязват с индекс “e”.

Анализът на факторите, влияещи на разликата между статичните и работните ъгли се дължи на два фактора - разположението на т.М спрямо равнината P_r , което поражда изменения в равнината P_r и променя статичната геометрия. Това влияние не зависи от режимните фактори, а от статичните ъгли и дълбочината на срязвания слой.

Вторият фактор е наличието на подавателно движение, пораждащо изменение в равнината на подавателното движение P_f , което е свързано с кинематичния параметър и може да има различни стойности при постоянна статична геометрия.



Фиг.2.12. Ъгли в динамичната система на инструмента



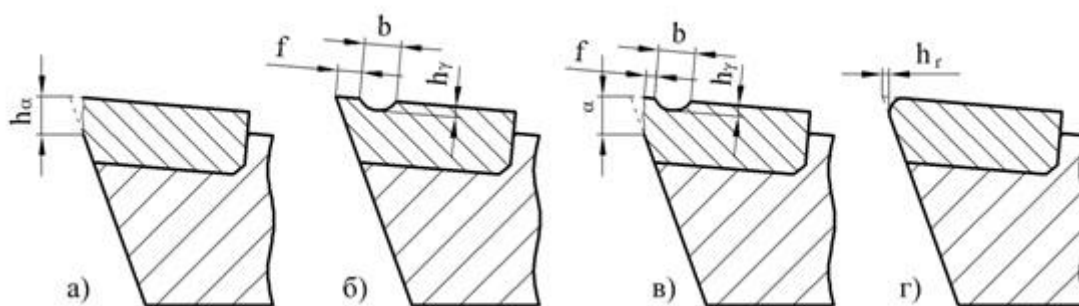
Износване на режещите инструменти

Износването на режещите инструменти се получава в резултат на триенето между повърхнините на режещите им части и обработвания материал, силовото натоварване и повишените температури в зоната на рязане.

Износването се образува по предната повърхнина h_y (получава се падина), по задната повърхнина h_x (получава се площадка) и радиално h_r (фиг.2.13).

В зависимост от режимите на рязане и обработвания материал може да настъпи износване едновременно по двете повърхнини или предимно по едната повърхнина.

Износването протича главно по задната повърхнина при пластични материали с дебелина на срязвания слой $a < 0,1\text{mm}$, както и при крехки метали. При обработване на пластични материали с $a > 0,5\text{mm}$, износването протича по предната повърхнина. При рязане на пластични материали с $a = 0,1 \dots 0,5\text{mm}$, износването е и по двете. Върху точността на обработване най-голямо влияние оказва радиалното износване, което се получава нормално на обработената повърхнина. То е известно под названието размерно износване.



Фиг. 2.13. Видове износване на режещия клин по повърхнините

а – по задната; б – по предната; в – по предната и задната; г – радиално (размерно)

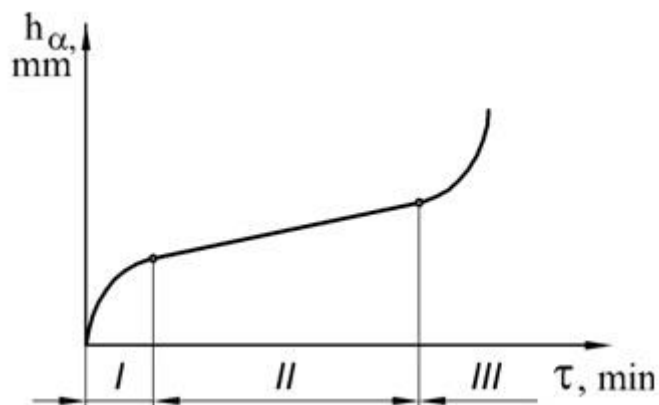
Елементите на режима на рязане влияят различно върху износването на режещите инструменти. Най-голямо влияние върху износването оказва скоростта, след това – подаването и най-малко – дълбочината.

Износването по задната повърхнина h_x на инструментите в течение на времето протича в три периода - фиг.2.14. Първият период (на сработване) I се характеризира с голям наклон на кривата на износване, като става заглаждане на грапавините по предната и задната повърхнина на режещия инструмент. Вторият период (на нормална работа) II се характеризира с постоянен наклон на кривата – плавно износване. През третия период III

www.eujiplus.bg



настъпва катастрофално (интензивно) износване – наклонът на кривата рязко нараства и трябва да се преустанови работата.



Фиг. 2.14. Крива на износване

При обработването инструментът може да се използва до определена степен на износване, която нарича *допустимо износване*. Времето на работа на инструмента до достигане на големината на допустимото износване се нарича *трайност*.

Критериите за определяне на допустимото износване са: силов; на лъскав пояс или тъмни петна; оптимален и технологичен.

Според *силовия критерий* инструментът се счита за износен при оная стойност на h_{α} , при която възникналото силово натоварване е надхвърлило в определена степен нормалното.

Лъскавият пояс се наблюдава и може да служи за критерий на износване при обработване на пластични материали, когато се появява лъскав пояс от силно пластично деформирани частици от обработвания метал. При обработване на сиви чугуни се наблюдават черни петна от размазването на графитните зърна.

Според *оптималния критерий* инструментът се счита за износен при такава стойност на износването h_{α} , при която в резултат на многократните презаточвания се осигурява най-продължителното му използване.

При *технологичния критерий* големината на износването h_{α} се ограничава до такава стойност, до която все още обработената повърхнина отговаря на поставените върху нея изисквания за точност или грапавост.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Абразивното износване се дължи на твърдите, включения от обработвания материал, които правят микродраскотини по повърхнините на режещия инструмент. Наслойката, която периодично се разрушава – също прави микродраскотини по повърхнините на режещия инструмент.

Дифузионното износване се получава, когато температурите в зоната на рязане са високи над 800°C , при дифузионно разтваряне на инструменталния материал в обработвания.

Адхезионното износване се появява при висока температура, големи налягания и гладки повърхнини в зоната на рязане, като вследствие на адхезионните сили от триещите се повърхнини се отделят частици от режещия инструмент, които се отнасят от обработвания материал и от стружката.

Термичното износване се дължи на протичащите структурни изменения в инструменталния материал при температура над 600°C .

При високата температура в зоната на рязане под действието на кислорода от въздуха по повърхността на режещия инструмент се появява окисна кора, която лесно се разрушава и се получава **химично (окислително) износване** на режещия инструмент.

В зависимост от условията на рязане могат да съществуват едновременно няколко вида износване, да преобладава даден вид износване или да съществува само един вид износване.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Раздел 3. МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ – ВИДОВЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ: КОНСТРУКТИВНИ, КИНЕМАТИЧНИ, ТЕХНОЛОГИЧНИ

3.1 Общи сведения, основни понятия и определения. Класификация на металорежещите машини.

1. Общи сведения, основни понятия и определения.

Металорежещите машини са предназначени за обработване на заготовки от различни материали чрез снемане на стружки. Голямото разнообразие на обработваните детайли и на процесите за обработване на материали чрез рязане е довело до създаване на многообразие от машини по вид, тип и габарити.

Към тези машини се причисляват и технологичното оборудване за осъществяване на електроерозийно и електрохимично обработване, повърхностно пластично деформиране, обработване с ултразвук, обработване с електронен или лазерен лъч и други.

Система - съвкупност от множество свързани помежду си краен брой елементи. Една система може да бъде определена като техническа или технологична.

Техническа система е тази, която се отнася до обектите на техниката. Когато една техническа система изпълнява определени функции на преобразуване на маса, енергия или информация, тя е **технологична**.

Металорежещата машина (ММ) е технологична система, чиято основна функция е свързана с изменение на формата и размерите на дадена заготовка до получаване на детайл с определени форма, размери и други технически изисквания, които се задават в работния чертеж.

Всяка металорежеща машина е изградена от няколко основни възли: **главен превод, подавателен превод, превод за позициониране и носеща система**.

Главния превод задвижва с определена скорост заготовката или инструмента. При повечето металорежещи машини главният превод предава въртливо движение на крайното звено - вретеното, на което е закрепен режещият инструмент или обработваният детайл.

----- www.eufunds.bg -----

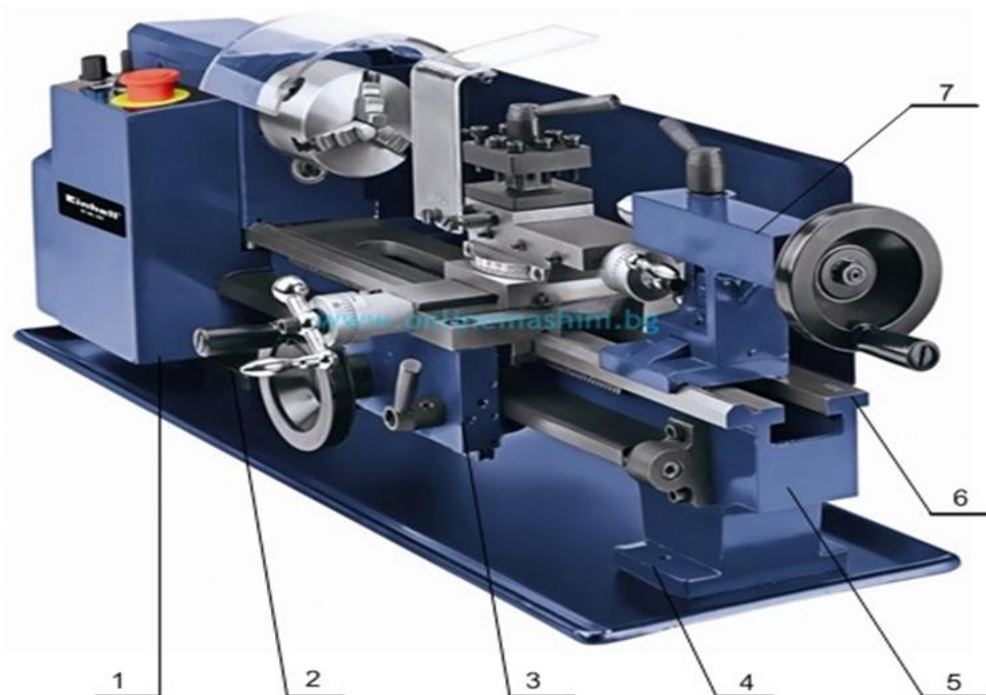
Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Подавателният превод осъществява преместването на инструмента или заготовката, за да ѝ се придаде определена форма. Подавателните движения се реализират чрез винтовете 3, които преместват възлите 2.

Преводът за позициониране служи за преместване на определен възел от изходна до зададена позиция.

Носещата система се състои от свързани помежду си основни детайли. Свързването може да бъде неподвижно или подвижно. Носещата система осигурява правилното взаимно разположение на режещия инструмент и обработвания детайл при въздействието на силовите и температурните фактори.



Фиг.1.1. Основни елементи на носещите системи на металорежещите машини
1 – предно неподвижно седло; 2 – преден крак; 3 – супортна кутия; 4 – заден крак;
5 – тяло; 6 – направляващи; 7 – задно подвижно седло

Устройствата за управление могат да бъдат с ръчно обслужване от оператор, механично или с ЦПУ.



С контролноизмервателните устройства се следи състоянието на най-отговорните части на ММ, износването на режещия инструмент размерите и формата на обработвания детайл.

Устройствата за манипулиране са необходими за автоматизация на различни спомагателни движения на ММ (смяна на режещите инструменти, установяване, затягане или завъртане на заготовките, отстраняване на стружките).

2. Класификация на металорежещите машини

Класификацията на металорежещите машини може да се извърши по много показатели, основните от които са (фиг.2.1):

2.1. *По предназначение* – признакът определя вида на машината и нейното общо предназначение; Наименованието на машините е свързано с технологичния процес за обработване на детайлите: стругове, фрези, резбообработвачи, зъбообработвачи, отрязвачи и др.

2.2. *По степен на универсалност (специализация)* – признакът определя броя на видовете повърхнини, които могат да се обработват върху дадена машина:

- ✓ **универсални** – осъществяват разнообразни операции върху различни изделия. Използват се основно в единичното, дребносерийното и ремонтното производство;
- ✓ **специализирани** – служат за обработване на еднотипни и сходни по конфигурация детайли, но с различни размери. Използват се в серийното производство;
- ✓ **специални** – предназначени са за обработване на един детайл или един типоразмер детайли. Използват се в едросерийното и масовото производство.

2.3. *По степен на автоматизация* – показателят информира за участието на оператора в процеса на обработване:

- ✓ **ръчно управление** – работникът извършва всички манипулации по настройването на машината и нагласяването на инструмента, заготовката, екипировката, снемането на готовия детайл. Обикновено това са универсални машини, при които подготвително-заклучителното време е най-голямо;
- ✓ **полуавтомати** – обработването се извършва автоматично от машината, а дейностите за повторения на операционния цикъл се извършват от работника - закрепване на заготовката, пускане и спиране на машината и снемане на готовото изделие;

----- www.eufunds.bg -----



- ✓ **автомати** – работникът извършва само пускане, спиране и контрол за цикъла на работа на машината.

2.4. Според вида на главното движение:

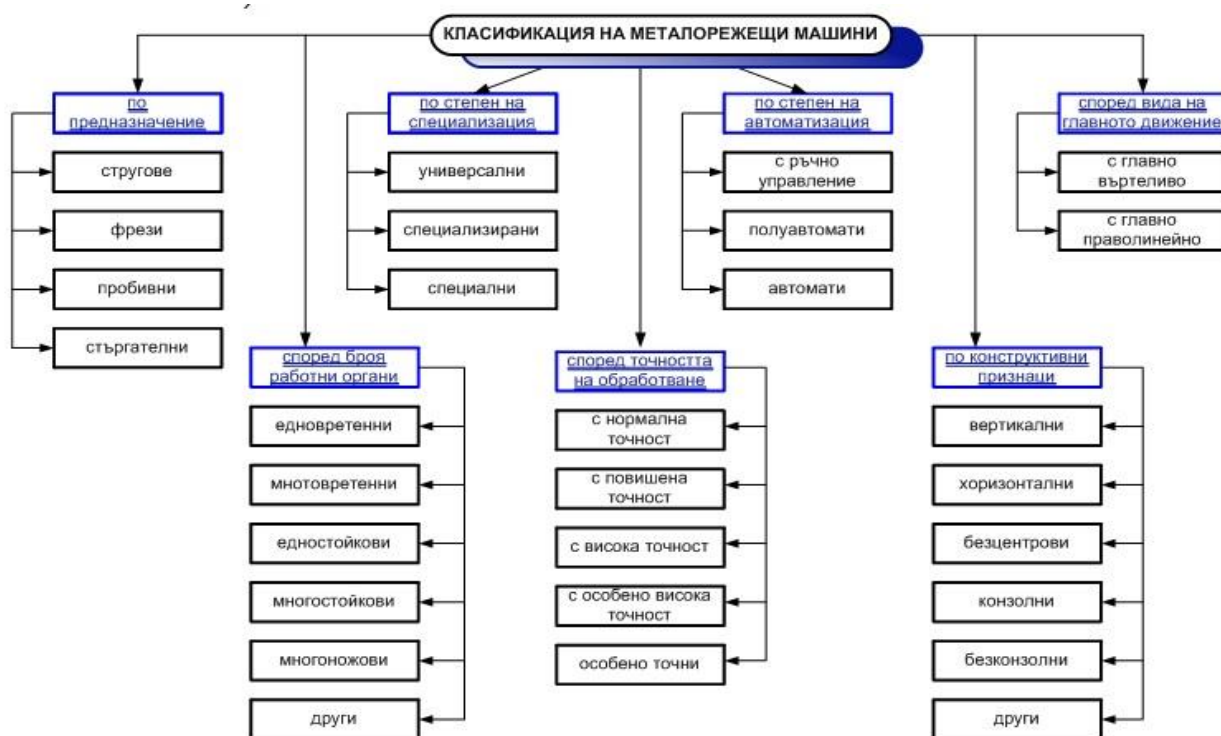
- ✓ с главно въртливо движение – стругове, фрези, пробивни и др.
- ✓ с главно праволинейно движение – стъргателни, дълбачни, протеглящи и др.

2.5. Според броя на работните органи: едновретенни и многовретенни; едно-, дву- и многостойкови; многоножови и др.

2.6 Според точността на обработване – с нормална точност, с повишена точност, с висока точност (прецизни), с особено висока точност, особено точни.

2.7. По конструктивни признаци: хоризонтални и вертикални; конзолни и безконзолни; безцентрови и др.

2.8. Според теглото на машината: леки (до 1t); средни (до 10t) и тежки (до 30 t), много тежки (до 100 t) и особено тежки или уникални (над 100t).





3.2 Формообразуване. Видове движения в металорежещите машини.

1. Формообразуване.

Повърхнините на детайлите се получават в процеса на обработването чрез съчетаване на въртеливи и праволинейни движения на режещия инструмент и заготовката. Процесът на съчетаване на различни движения на заготовката и инструмента за получаване на желаната форма на детайла се нарича **формообразуване**. Движенията на ММ се класифицират на работни, установъчни и движения за обслужване.

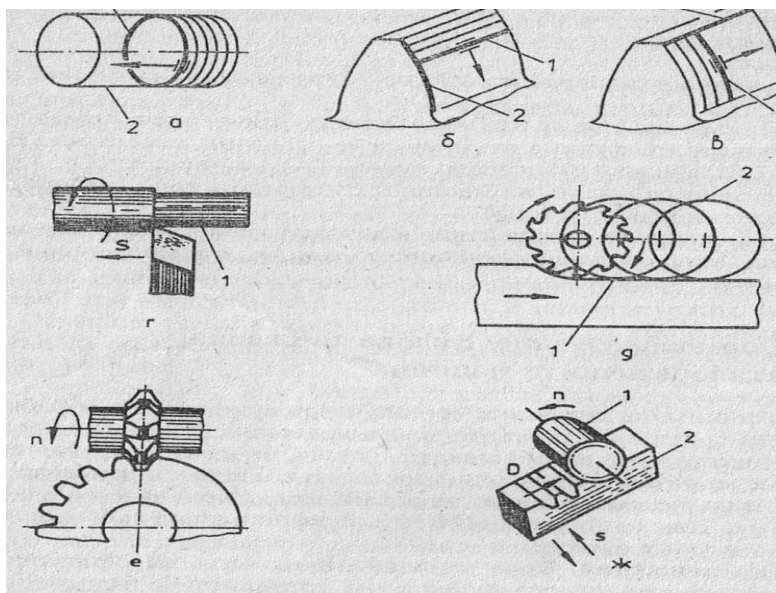
2. Видове движения в металорежещите машини.

2.1 Работни движения.

Това са движения, които са свързани с формообразуването на повърхнините на детайлите. За формообразуването са необходими една образуваща 1 и една направляваща 2 права или крива линия (фиг. 2.1 а-в), които се движат по определен начин в пространството. Едно от движенията е **главно**, а другото е **подавателно**. В зависимост от траекторията тези движения могат да бъдат:

- ✓ *Прости* - извършват се по права линия или окръжност
- ✓ *Сложни* - получени от съчетанието на две или повече прости движения.

Изпълнителните органи на ММ могат да извършват само прости движения.



Сложните се получават в резултат на наслагване на няколко движения.

фиг. 2.1 Движения определящи формата на повърхнините

Производящата линия (от образуващата и направляващата) може да бъде получена чрез:

----- www.eufunds.bg -----

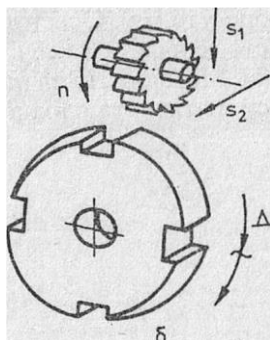
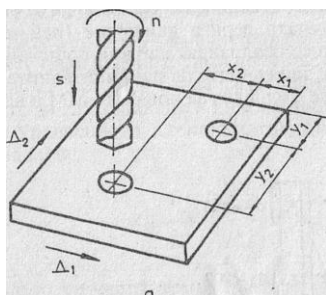
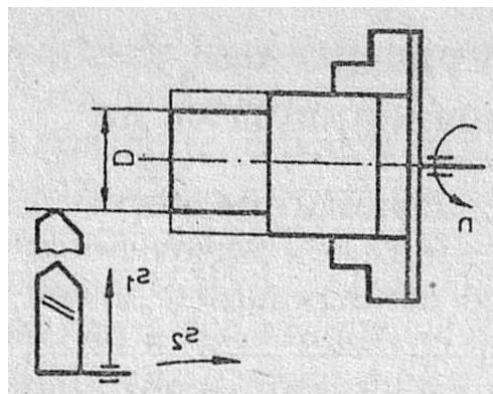


- ✓ **метод на следата** - образуващата линия 7 се получава като следа на върха на инструмента (фиг. 2.1 г);
- ✓ **метод на допирането** - образуващата линия 7 се получава като допирателна към последователността от геометрични точки, образувани при движението на режещите ръбове на инструмента (фиг.2.1 д);
- ✓ **метод на копирането** - формата на режещия ръб на инструмента съвпада с образуващата линия (фиг. 2.1 е);
- ✓ **метод на обхождането** — образуващата линия се получава като обвиваща на последователните положения на режещите ръбове на инструмента в резултат на неговите движения спрямо детайла. Чрез метода на обхождането се обработват зъбни колела. фиг. 2.1 ж е показана технологичната схема на обработване на зъбно колело.

2.2 Установъчни движения.

Установъчните (позициониращите) движения предхождат или следват работните движения. Те определят взаимното разположение между инструмента и обработвания детайл. В зависимост от предназначението им установъчните движения могат да бъдат:

фиг. 2.2 Движения, определящи размерите на обработваните повърхнини.



Фиг. 2.2 а,б Движения, определящи взаимното разположение на повърхнините.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

2.3 Движения за обслужване на ММ.

Към тези движения се отнасят неформообразуващите движения.

- ✓ **Спомагателни движения** - движенията за закрепване на заготовката и освобождаване на детайла, ориентиране и транспортиране на заготовката и инструмента, установяване и снемане на инструмента, контролиране на размерите на детайла, отстраняване и транспортиране на стружките и други.
- ✓ **Движения за управление** - движения регулиращи процеса на формообразуване както в пространството, така и по време. Чрез тях се задействат ръкохватки, бутони, съединители, упори, фиксатори, реверсиращи устройства, ограничители на хода и други.

3.3 Кинематични схеми и настройване на ММ

1. Кинематични схеми

За да се осъществи процесът на рязане, изпълнителните органи на металорежещата машина трябва да получат съответно движение посредством последователно включени в кинематична верига механизми за преместване в пространството на инструмента или заготовката – главно и едно или повече подавателни движения.

Кинематичната схема които представлява съвкупност от всички кинематични вериги, условно изобразени в една равнина. Елементите и предавките в структурата на машината се изобразяват условно, съгласно БДС 1974-72.

----- www.europas.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Наименование	Означение	Наименование	Означение
Вал, ос, прът		Маховик на вал	
Плъзгащи лагери:		Съединения на два вала:	
а) радиален		а) неподвижно	
б) радиално-упорен еднопосочен		б) неподвижно с предпазване от претоварване	
в) радиално-упорен двупосочен		в) еластично	
Търкалящи лагери:		г) шарнирно	
а) радиален съчмен		д) телескопично	
б) радиален ролков		е) с плаващ съединител	
в) радиално-аксиален еднореден сачмен, ролков		ж) със зъбен съединител	
г) радиално-аксиален двуреден сачмен, ролков		з) с челен зъбен съединител	
д) аксиален съчмен еднопосочен		и) с челен зъбен съединител едностранен	
Ремъчни предавки:		к) с челен зъбен съединител двустранен	
а) с плосък ремък		Предавка ходов винт и гайка:	
б) с клинови ремъци		а) с цяла гайка	
		б) с двуделна гайка	
		Запиращи зъбни механизми (храпови) с външно зацепване, двустранни	



Наименование	Означение	Наименование	Означение
Триещи съединители: а) едностранен общо означение		Съединение на детайл с вал: а) свободно с възможност за въртене	
б) едностранен електромагнитен		б) осово подвижно без възможност за въртене	
в) едностранен хидравличен		в) с изтегляща се шпонка	
г) двустранен общо означение		г) неподвижно	
д) двустранен електромагнитен		Спирачки: а) дискова	
е) конусен едностранен		б) конусна	
ж) конусен двустранен		в) челюстна	
з) дисков едностранен		г) лентова	
Съединител самовключващ се едностранен		Електродвигател – общо означение	



Наименование	Означение	Наименование	Означение
Верижна предавка		Кривошипно-кулисни механизми с люлееща се кулиса и променлив радиус на кривошипа	
Зъбни предавки: а) с цил. зъбни козела, външно зацепване – общо означение		Съединение на кривошип с мотовилка с променлив радиус	
		Гърбици плоски дискови	
б) с цилиндрични зъбни козела, вътрешно зацепване		Гърбици барабанни цилиндрични	
в) с конусни зъбни козела – общо означение		Краища на вретена: а) центрови	
г) червячна предавка с цилиндричен червяк			б) патронни
Предавка със зъбен гребен (реечна) – общо означение		в) прътови	
		г) пробивни	
		д) фрезови	
		е) шлифовъчни	



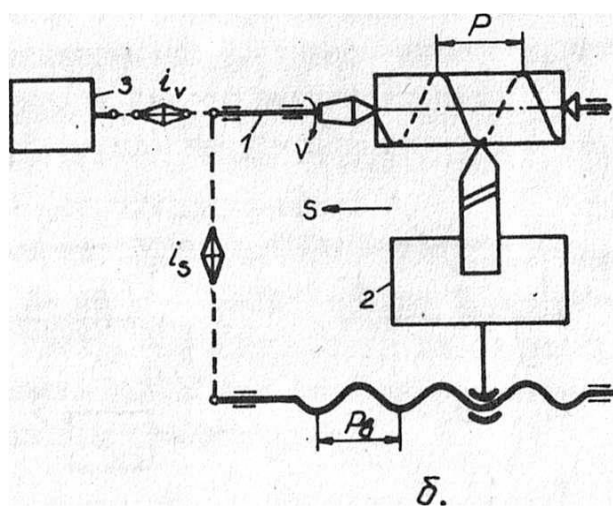
2. Настройване на металорежещите машини

Чрез кинематичното настройване на металорежещата машина трябва да се осигурят необходимите премествания на крайните звена на кинематичните вериги, за да се получат зададените форма и размери на обработвания детайл. Затова е необходимо да се определи предавателното отношение на елемента за настройване на кинематичната верига или положението на органите за управление на главния и подавателния преводи.

С **кинематичното настройване** се цели количествено да се определи изходящото за кинематичната верига движение (най-често скоростта му). Освен това, за да се реализират сложни повърхнини често се налага да се съгласуват движенията на изпълнителните органи. Методиката за настройване е еднаква за повечето ММ и не зависи от тяхната сложност.

За целта е необходимо кинематичната схема на машината да се анализира на части. Най-напред се разглеждат кинематичните групи, които създават работните и някои (делителни, обхождащи, връзване) от спомагателните движения, а след това останалите групи за другите спомагателни движения. При анализа на кинематичните групи се разглеждат кинематичните вериги, които осигуряват вътрешната кинематична връзка в групата, а след това кинематичната верига от двигателя (външната връзка).

Методиката за кинематично настройване на металорежещата машина може да се разгледа например за универсален струг (фиг.2- б).



фиг. 2-б



Кинематичната структура на машината се състои от една кинематична група, която осъществява винтово движение на режещия ръб на инструмента спрямо обработвания детайл. За тази кинематична група вътрешната кинематична връзка между вретеното и супорта се осъществява от резбонарезната верига с орган за настройване i_s и външна кинематична връзка - от веригата на главния превод с орган за настройване i_v за скоростта на главното движение.

Вътрешната кинематична верига, която свързва въртеливото движение на вретеното с праволинейното преместване на супорта трябва да осигурява следните изчислителни премествания на началното звено (вретеното) и крайното звено:

1 оборот на детайла – p , mm - преместване на супорта

Между вретеното и двигателния винт със стъпка p_v на универсалния винтонарезен струг има определен брой постоянни зъбни предавки с предавателно отношение - i и такива за настройване - i_s . В най-общ случай уравнението на кинематичния баланс за винтонарезната верига има вида:

$$p = 10б * i * i_s * p_v$$

Формулата за настройване ще бъде

$$i_s = \frac{p}{i * p_v}$$

Външната кинематична верига е с начално звено- електродвигателя 3, и крайно звено - вретеното. При честота на въртене на електродвигателя. $n_{ел}, \text{min}^{-1}$, вретеното трябва да има. честота на въртене n, min^{-1} в зависимост от зададената скорост на рязане. Между крайните звена на веригата има предавки с постоянно предавателно отношение i и предавки i_v от органа за настройване на кинематичната верига. Изчислителните премествания на крайните звена са: $n_{ел}, \text{min}^{-1}$ на вала на електродвигателя - n, min^{-1} на вретеното

Уравнението на кинематичния баланс ще има вида:

$$n = n_{ел} * i * i_v$$

а формулата за настройване

$$i_v = \frac{n}{i * n_{ел}}$$



За настройване на коя и да е кинематична верига от дадена металорежеща машина е необходимо при определени движения на началното и крайно звена от кинематичната верига, да се състави уравнението на кинематичния баланс, да се определи формулата за настройване и се намери търсеното предавателно отношение на елемента за настройване.

3.4 Основни кинематични параметри

Всяка техническа система, в частност и ММ, има определени кинематични параметри, които определят нейните производствени възможности.

Работните движения на ММ биват два вида - **главни и подавателни**.

Когато главното движение е въртеливо, то се характеризира със скоростта на рязане v_p , респективно честотата на въртене (оборотите) на инструмента - n , min^{-1} . Подавателните движения се характеризират със скоростта на подаване v_n , m/min или с големината на подаването s , измерено за един оборот, mm/об .

Големината на подаването при чисто обработване зависи от качеството на обработената повърхнина, а при грубо обработване - от експлоатационните възможности на системата „машина - приспособление - инструмент - детайл“.

Честотата на въртене, с която се обработва даден детайл, зависи от диаметъра му и скоростта на рязане.

При обработване на даден детайл е необходимо ММ да разполага с повече степени на честотите на въртене и подавателни степени, подредени в определени обхвати или редове. По принцип обхватът на честотите на въртене и подаванията на една ММ зависи главно от вида и габаритния обхват на детайлите, за които тя е предназначена.

При конвенционалните ММ, задвижвани от асинхронни електродвигатели, честотите на въртене обикновено са подредени в геометрична прогресия. Редът на честотите на въртене на вретеното на такава ММ представлява степенен геометричен ред със стандартизиран степенен показател ϕ . Всъщност степенният показател е частното на геометричната прогресия.

Подаванията при струговите машини са подредени в аритметична прогресия с оглед получаването на по-сгъстен ред. В аритметична прогресия са стандартизирани и стъпките на резбите.

----- www.eufunds.bg -----



3.5 Преводи - видове, кинематични зависимости

Универсалните ММ обикновено са с ръчно управление и са предназначени за обработване на голямо разнообразие от детайли. Най- често задвижването при тях е от едно- или двускоростни електродвигатели и е със степенни редове на честотите на въртене (оборотните редове).

Степенният показател на реда на честотите на въртене е стандартизиран и приема следните седем стойности: 1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2. Стандартизирани са и честотите на въртене на различните редове.

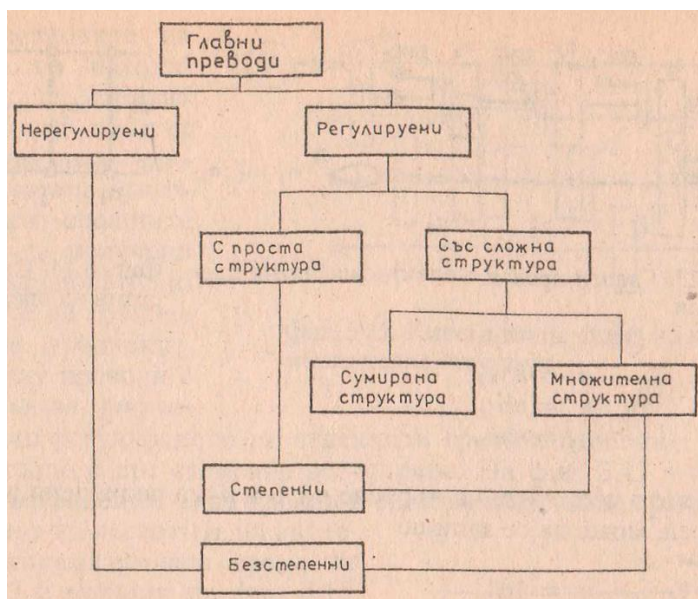
Допустимите отклонения от стойностите на честотите на въртене на стандартните редове трябва да бъдат в рамките на

$$\Delta n = \pm 10 (\varphi - 1) \%$$

Същото важи и за броя на двойните ходове в минута при машини с праволинейно (възвратно-постъпателно) главно движение, както и за подавателните степени при почти всички ММ.

1. Главни преводи. Видове структури

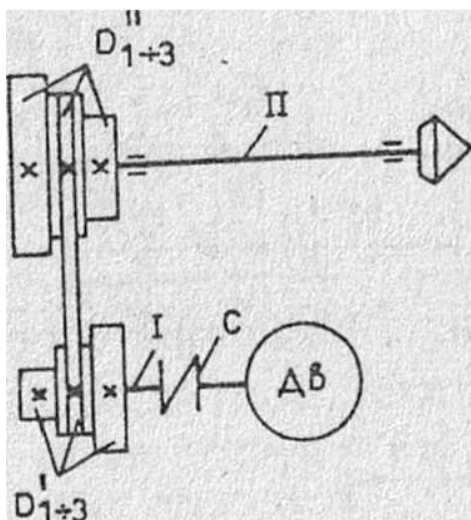
В зависимост от възможността за регулиране преводите биват нерегулируеми и регулируеми. От своя страна те могат да бъдат с проста или сложна структура. На фигурата е показана примерна класификация на главни преводи.



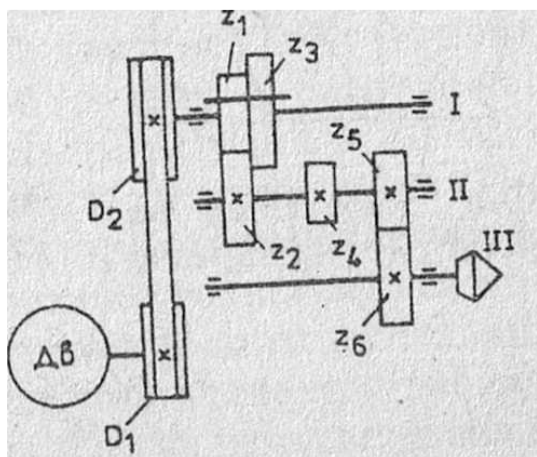
Аналогичен е случаят и при подавателните преводи.

Преводи с проста структура. При регулируемите преводи с проста структура промяната на честотите на въртене на вретеното се извършва чрез използването на:

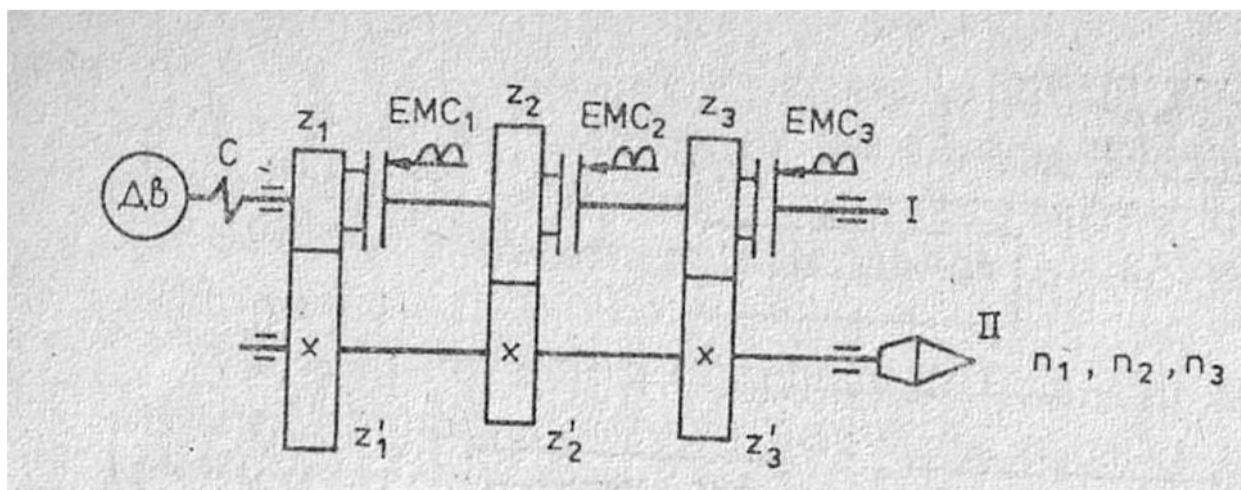
- многоскоростни електродвигатели;
- сменяеми ремъчни шайби;
- сменяеми зъбни предавки;
- степенни ремъчни шайби;
- придвижващи се зъбни колела



Регулируем превод с проста структура, при който различните честоти на въртене на вретеното се превключват чрез тристепенна ремъчна предавка

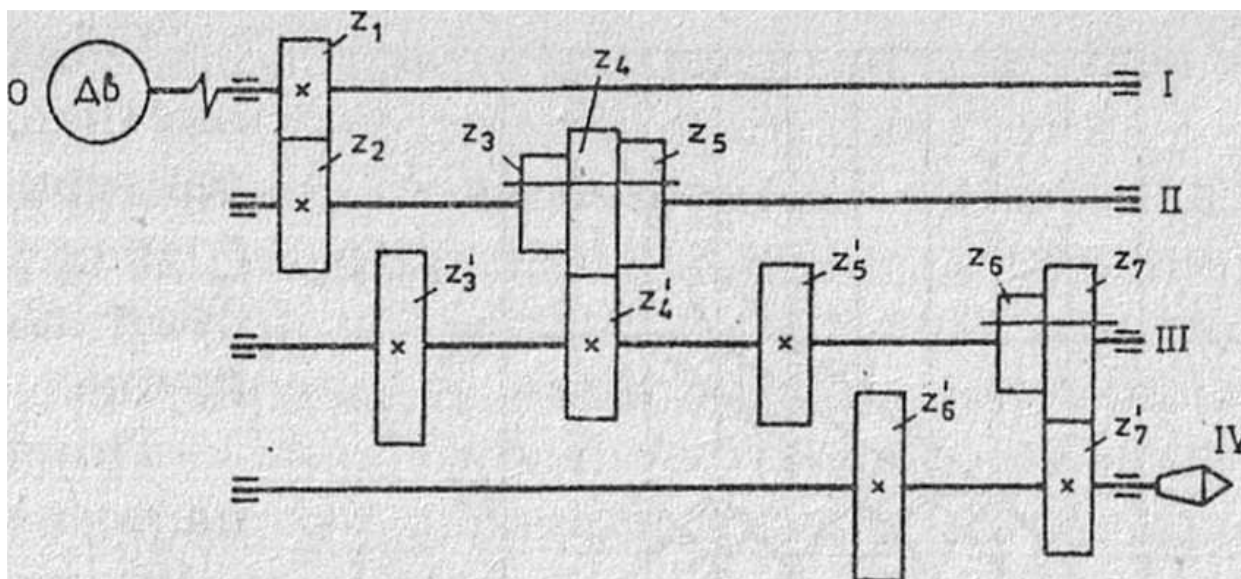


Главен превод с придвижващи се зъбни колела



Главен превод с електромагнитен съединител

Преводи със сложна структура. Преводи, които са изградени от няколко групи или механизми, даващи възможност да се регулират честотите на въртене на изходящия вал, се наричат преводи със сложна структура или накратко сложни преводи. Когато сложните преводи са получени чрез последователно свързване зъбните предавки, се наричат преводи с множителна структура. Ако регулирането на отделните групи е степенно, целият превод също е със степенно регулиране.



Кинематична схема на превод с множителна структура изграден от една тройна и една двойна зъбна група

Разгледаните до тук главни преводи са с въртливо движение. Главните преводи за праволинейно движение по принцип са със същата структура както тези за въртливо движение, само че имат механизъм за трансформиране на въртливото движение в праволинейно. В практиката по-широко разпространение са получили следните механизми за трансформиране на въртливото в праволинейно постъпателно движение:

- зъбно-гребенна предавка - използва се предимно при надлъжностъргателните машини;
- винт и гайка - при стругови, фрезови машини, ММ с ЦПУ и др.;
- червячно-гребенна предавка - надлъжностъргателни машини, зъбообработващи машини;
- коляно-мотовилков механизъм - дълбачни, зъбодълбачни и зъбостъргателни машини и т.н.

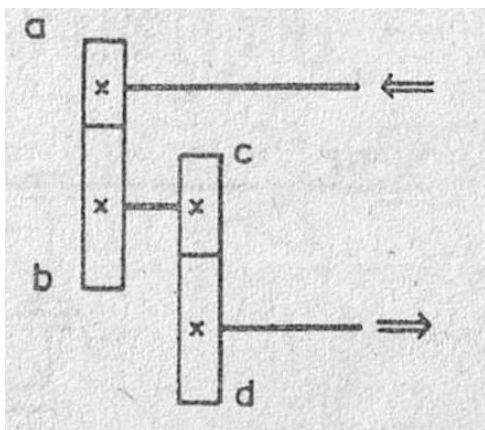
2. Подавателни преводи

Структурата на подавателните преводи е аналогична на структурата на преводите за главното движение. Разликата е в пренасяните по-малки мощности при подавателните преводи при по-малки периферни скорости на въртящите се елементи. За задвижващо звено може да служи освен отделен електродвигател също и някой елемент от главния превод, например вретеното. Освен това, тъй като броят на подаванията най-често е



повече от едно, трябва да има и съответен брой подавателни преводи, които да реализират движение по различни координати.

Специални механизми

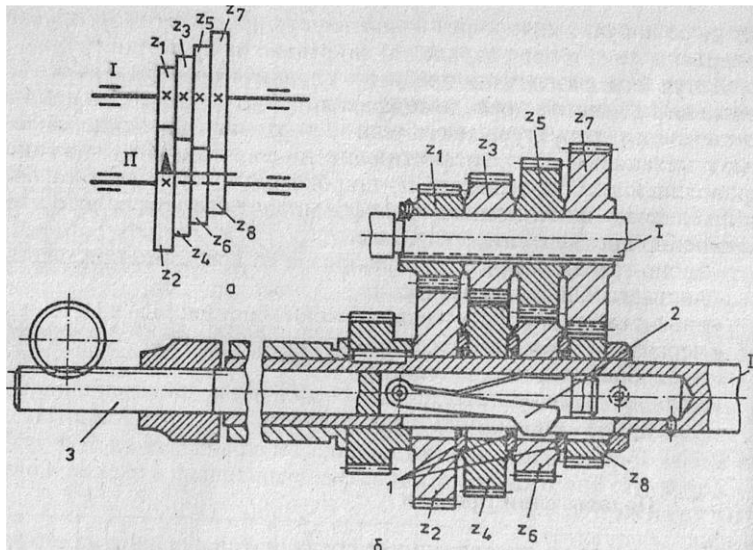


Механизъм със сменяеми зъбни кола.

Това са двойни лири. Предимството на тези лири е в по-големите възможности за постигане на желано предавателно отношение. Недостатък на двойните лири е, че не могат да осигурят достатъчно стабилно междуосово разстояние и не се използват при главните преводи.

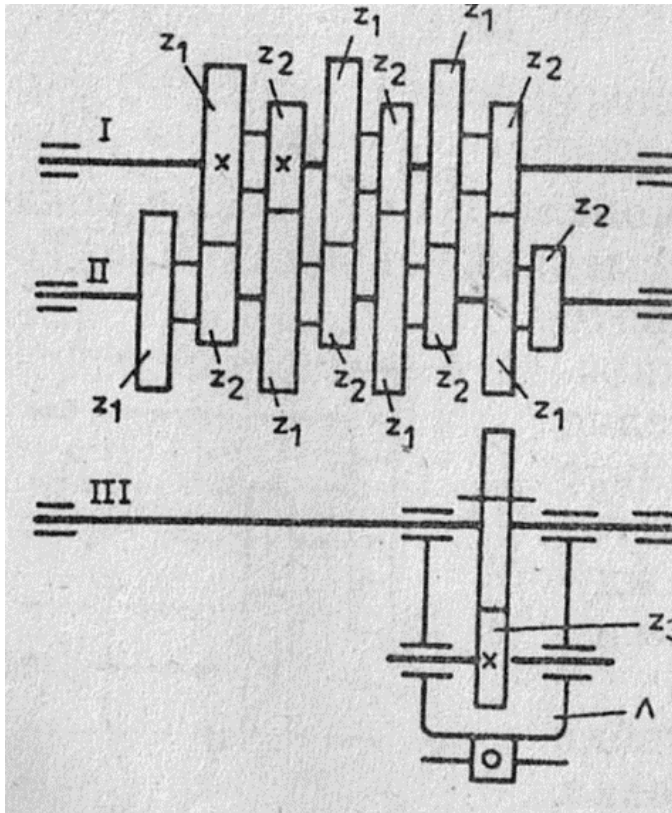
Механизъм с постоянно зацепени зъбни кола и осово придвижваща се шпонка.

Зъбните двойки отделени с дистанционните втулки са постоянно зацепени. Движението от вал I се предава на вал II чрез шпонката 2, която чрез оста 3 се премества в осово направление. Предимство е компактността на конструкцията и простото управление.





Меандров механизъм. Този механизъм е тривалов. Върху първите два вала са

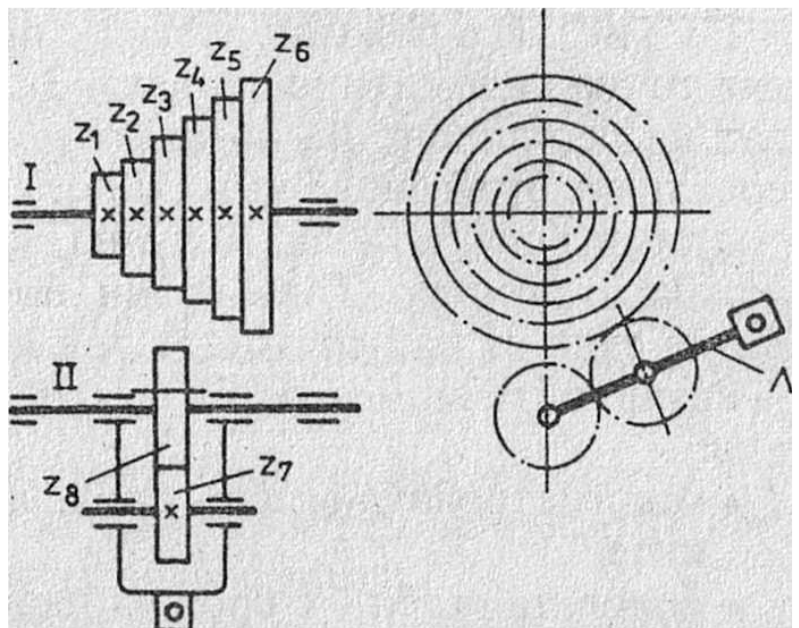


поставени няколко еднакви зъбни блока, съставени от едно голямо и едно по-малко зъбно колело. Един зъбен блок е закрепен неподвижно върху вал I. Всичките останали 6 зъбни блока са свободно лагерувани върху валове I и II. Люлката Л може да се движи осово по шлицовия вал III и зъбното колело z_3 да се зацепва със зъбните колела z_1 или z_2 от зъбните блокове, които са разположени върху вал II. Така се реализират 8 предавателни отношения. Недостатък еса загубите от триене поради постоянното въртене на зъбните

колела на празен ход и нестабилността на люлката.

Нортонов механизъм

Двувалов механизъм. Върху вал I неподвижно са закрепени зъбни колела, които са подредени диаметрално по реда на нарастване на броя на зъбите. Върху вал II е монтирана люлката Л, която носи междинното зъбно колело z_7 . Зъбното колело z_8 предава въртеливото движение от зъбното колело z_7 върху вал II. Недостатък на нортоновият механизъм е наличието на люлка, която намалява стабилността му.





Подавателни преводи, осъществяващи точна кинематична връзка

Подавателните преводи заедно с главния превод трябва да осигурят движенията, необходими за формообразуването на детайлите. Сложни повърхнини се получават чрез съгласуване на главното и подавателните движения. Реализирането и съгласуването на тези движения се извършват чрез кинематични вериги, които се наричат вериги за точна кинематична връзка, а преводите - преводи за точна кинематична връзка.

Характерно за тези преводи е, че трябва да имат къси кинематични вериги, а елементите да са с прецизна изработка и монтаж.

3.6 Системи за управление, мазане и охлаждане

1. Система за управление на металорежещите машини

Под управление на металорежещата машина се разбира въздействие върху механизмите на преводите им за осигуряване на съгласувано въздействие на изпълнителните органи за изпълнение на определен технологичен процес със зададена точност и производителност на обработване. В зависимост от изпълнението, управлението може да бъде ръчно и автоматично.

1.1 Ръчно управление – осъществява се от оператор на базата на неговите познания и умения. Характеризира се с:

- ✓ голяма универсалност и възможност,
- ✓ липса на загуба на технологично време за подготовка на производството при смяна на номенклатурата,
- ✓ ограничени възможности за повишаване на производителността,
- ✓ нестабилност на качеството и точността на обработените изделия.

В зависимост от начина на управление на сменните предавки, ръчното управление бива:

- **многоръчково** – всяка група сменни предавки или превключващ се механизъм има ръчка за управление, което осигурява сравнително проста конструкция на машината, но увеличава времето за настройване и повишава изискванията към квалификацията на обслужващия персонал;



- **едноръчково** – всяка група сменни предавки има поне една собствена ръчка за управление; конструкцията на машината се усложнява, но се намаляват възможните движения за настройка, извършвани от обслужващия персонал и се намалява времето за обслужване.

1.2. Полуавтоматични системи за управление

В системите от този вид са предвидени редица устройства (револверни глави, копирни устройства, система от упори и т. н.), които позволяват значителна част от спомагателните движения, които работникът трябва да извърши да се извършват от машината, с което се опростява управлението ѝ и се повишава производителността на труда. Подходящи са за ползване в серийното производство поради това, че обслужването им е сравнително просто и бързо и изискват персонал със сравнително ниска квалификация.

1.3. Автоматични системи за управление

При системите за автоматично управление на металоурежещите машини се осигурява извършването на всички основни и спомагателни движения на металоурежещата машина, самостоятелно от механизмите на машината. В зависимост от вида на информацията, включена в програмата за управление се делят на:

- ✓ I група - системи за автоматично управление, при които началната програма за работа се съдържа в програмоносител без възможност за корекция – системи за управление с разпределителен вал, кинематично програмно управление, системи за цифрово-програмно управление;
- ✓ II група - системи за автоматично управление, които работят с непълна начална информация, която се променя и допълва по време на обработването – самоприспособяващи се (адаптивни), самообучаващи се.

2. Мазане и охлаждане

При рязане се използват мазилно-охладителни средства с цел да се намали температурата и коефициента на триене, които от своя страна облекчават процеса на рязане, като спомагат за намаляване интензивността на износване на режещия инструмент, намаляване на силите на рязане и подобряване на качеството на обработената повърхност.

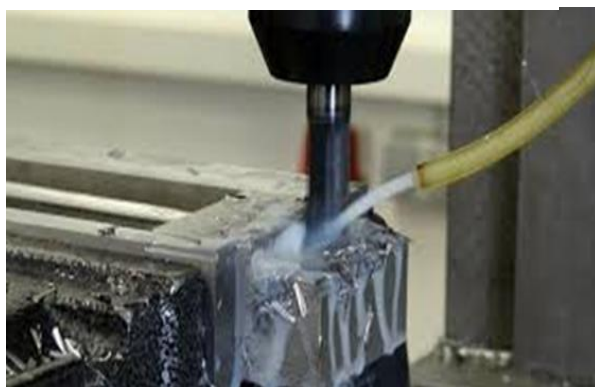


МОТ създават на контактуващите повърхнини на инструмента, стружката и заготовката тънък междинен слой, който напълно или частично предотвратява непосредствения контакт на тези повърхнини. Намалява се коефициентът на триене и адхезията, а следователно и работата за триене, силите и мощността на рязане и отделеното количество топлина. МОТ намалява износването на инструмента. Това действие е ефективно при малки и средни скорости на рязане.



Охлаждащото действие на МОТ е за сметка на конвективен топлообмен и в по-малка степен за сметка на изпаряването на част от МОТ. Чрез охлаждането се понижава температурата в зоната на рязане и в частност - температурата на инструмента.

Миешото действие на МОТ спомага за лесното отстраняване на стружките, наслойката по контактните повърхнини и частиците от износване на инструмента



2.1 Видове МОТ

- според химичния им състав
 - ❖ синтетични
 - ❖ емулсионни
 - ❖ маслени,
- според предназначението си - на три групи
 - ❖ течности с охлаждащо действие;
 - ❖ течности с преобладаващо охлаждащо и частично мазилно действие;
 - ❖ течности с преобладаващо мазилно и частично охлаждащо действие.
- Емулсията представлява сапунен воден разтвор, в който са разпределени много малки капки масло. Емулсионните МОТ имат силно охлаждащо и сравнително слабо мазилно действие.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

- Маслените МОТ представляват минерални, растителни и животински масла или смес на минерални и растителни масла. Към тях понякога се добавя сяра. Маслените МОТ имат силно мазилно и сравнително слабо охлаждащо действие.
- Синтетичните МОТ съдържат повърхностно активни и мокреци вещества, антифрикционни и противозадираци добавки. Те имат добро мазилно и охлаждащо действие.

Избирането на МОТ зависи от материала на инструмента и на обработвания детайл и от режима на рязане.

- ❑ МОТ с преобладаващо охлаждащо действие се използват при грубо и чисто обработване на стомани с големи скорости на рязане, тъй като при тези скорости мазилното действие се проявява слабо.
- ❑ МОТ с преобладаващо мазилно действие се използват при грубо обработване с малки скорости на рязане и при чисто обработване с малки и средни скорости на рязане.

При рязане с твърдосплавни инструменти много често не се използват МОТ, тъй като при рязкото нагриване и охлаждане на инструмента в него се появяват пукнатини. Рядко се използват МОТ и при грубото обработване на чугуни, тъй като работното място се замърсява много силно.

Не се допуска използването на емулсии при обработването на магнезиеви сплави, тъй като това може да доведе до възпламеняване в зоната на рязане.

2.2 Видове подаване на МОТ

Поливане със свободно падаща струя - универсален и надежден метод и затова е широко разпространен. Количеството на подаваната течност зависи от метода на обработване,

Подаване на МОТ под налягане

Течността се подава през отвор с диаметър 2-5 mm под налягане 0,1 - 0,2 МРа или през отвор с диаметър 0,4- 0,6 mm под налягане 1,5 – 2 МР. Интензивността на охлаждане се повишава 2-3 пъти.

Подаване на МОТ в аерозолно състояние. Тук разходът на МОТ е малък, охлаждането е ефективно, а работното място - по-чисто.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



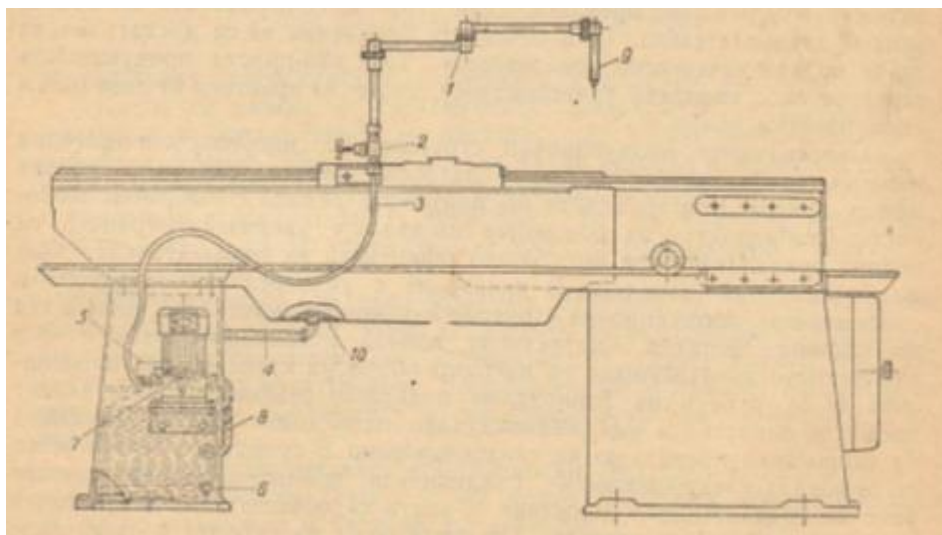
ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

За мазане и охлаждане в процеса на рязане освен течности се използват газообразни и твърди вещества.

Газообразните вещества (азот, въглероден оксид и др.) освен мазилно-охлаждащи свойства имат и химично действие върху процеса на рязане. Техният охлаждащ ефект може да се увеличи чрез понижаване на температурата на подавания газ.

Като твърди мазилни вещества се използват сапун, парафин, восък, графит, калциев хлорид и др. В някои случаи те се нанасят непосредствено върху повърхнините на режещата част на инструмента.

Охладителна
инсталация на струг



Охладителната инсталация на струга служи за подвеждане на смазочно-охлаждащата течност в зоната на рязане. Тя се състои от помпа, чупещ се тръбопровод, кран и гъвкави черва (маркучи).

От резервоара течността се засмуква чрез електропомпата 7 и нагнетява в гъвкавия тръбопровод 3. Регулирането на количеството на течността се осъществява с крана 2. Течността се изпраща по чупещия се тръбопровод до накрайника 9, който насочва и разпръсква струята. Изтеклата от накрайника течност се събира във ваната на машината, прецежда чрез решетка 10 от едрите стружки и отива през тръбата 4 в утаителното казанче 5. В утаителя МОТ се пречиства от дребните метални частици и прелива в резервоара. Когато се източва охлаждащата течност, се използва пробката 6.

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Въпроси за контрол към **раздел 3.Металорежещи машини – видове и характеристики**

1. От кои движения се определя формата на повърхнините на детайлите и от кои размерите?
2. Какво представлява кинематичната група?
3. Кои движения са главни и кои - спомагателни?
4. Какви видове металорежещи машини познавате.
5. Какви видове главни преводи познавате?
6. Какви специални механизми познавате?

Раздел 4. СТРУГОВАНЕ – ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТИ, МАШИНИ

4.1 Кинематични схеми на обработване. Режещи инструменти. Видове

1. Технологични възможности на процеса струговане.

Струговането е един от най – разпространените методи за обработване чрез рязане. Този метод се осъществява на металорежещи машини наречени стругове, при използване на режещи инструменти – стругарски ножове. Чрез струговането се извършва обстъргване на външни ротационни повърхнини, разстъргване на вътрешни ротационни повърхнини, подрязване на челни повърхнини, отрязване, прорязване на

----- www.eufunds.bg -----



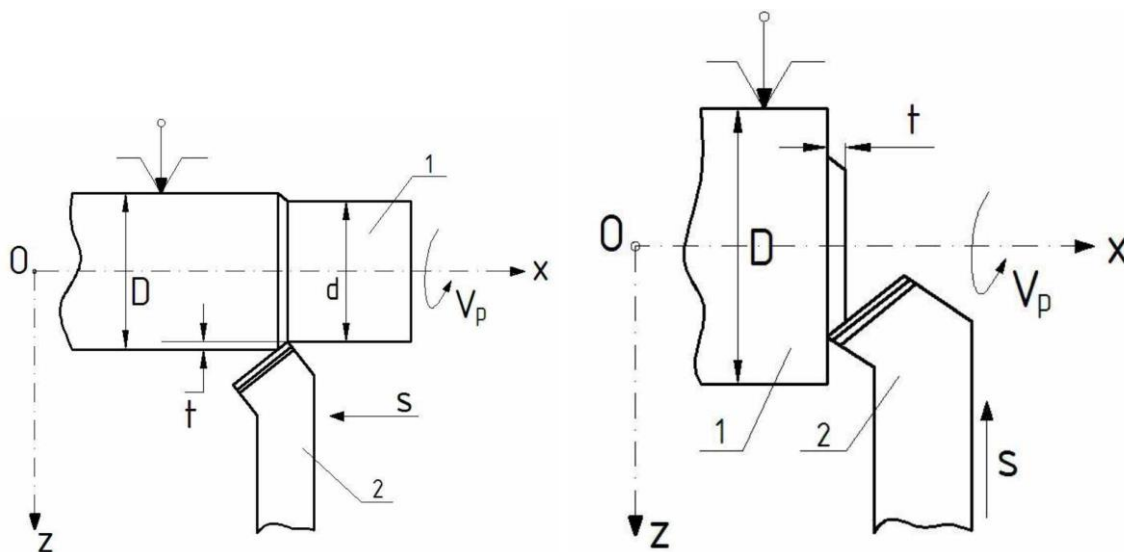
каналы, нарязване на резби, обработка на сложни повърхнини със специален инструмент.

В зависимост от изискванията към обработената повърхнина, то се изпълнява като груби и чисти технологични преходи (грубо или чисто струговане). При нормални условия на работа, струговането гарантира $7 \div 13$ – та степен на точност на размерите на обработените детайли и минимална грапавост на повърхнините до $Ra = 0,63 \div 0,80$ μm . При използване на диамантни ножове тоността на обработване може да бъде доведена до 5 клас на точност, а грапавостта намалена до $Ra = 0,32$ μm . Точността на обработване върху универсалните стругове зависи от общите фактори, влияещи на показателите на качество – стабилност и виброустойчивост на технологичната система, режимни параметри, сили на рязане, обработваем материал, материал, вид и геометрични параметри на инструмента, наличие на мазилно-охлаждаща течност.

2. Кинематика на процеса и режимни параметри

Процеса струговане се характеризира с главно и подавателно движение. Главното движение е въртеливо и се извършва най – често от заготовката, а подавателното движение е праволинейно и се извършва от режещия инструмент. В зависимост от посоката на подавателното движение рязането се извършва по три кинематични схеми:

- С надлъжно подаване;
- С напречно подаване;
- С комбинирано подаване, едновременно по двете оси.





Надлъжно струговане

Напречно струговане

Когато формообразуването се извършва по метода на обхождане, при обработване с надлъжно подаване се получава цилиндрична повърхнина. При обработване с напречно подаване се получава равнинна (челна) повърхнина. При обработване с комбинирано подаване- ротационно - профилна повърхнина.

Формообразуване по метода на копиране се използва обикновено за обработване на сложни профилни повърхнини.

3.Режещи инструменти. Видове

Видове стругарски ножове

Стругарските ножове са инструменти, работещи с едно режещо острие (един зъб).

Делят се на

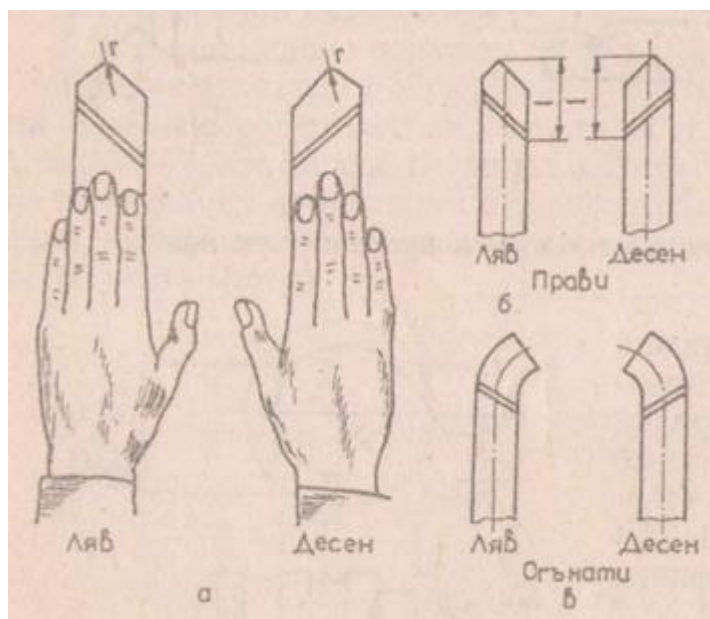
- ✓ ножове с общо предназначение, които са универсални и прости по конструкция. Използват се за обработване на най-различни повърхнини - цилиндрични, равнинни, конусни, ротационно-профилни.
- ✓ профилни ножове

Стругарски ножове с общо предназначение/монолитни/



Класификация на стругарските ножове по основни признаци

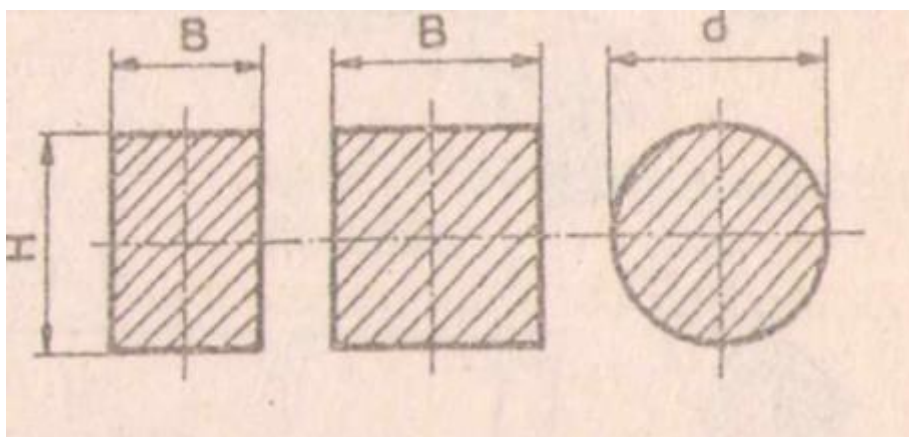
- ❖ по формата на обработваната





повърхнина и направлението на подаването - проходни, подрязващи, отрязващи и резбонарязващи;

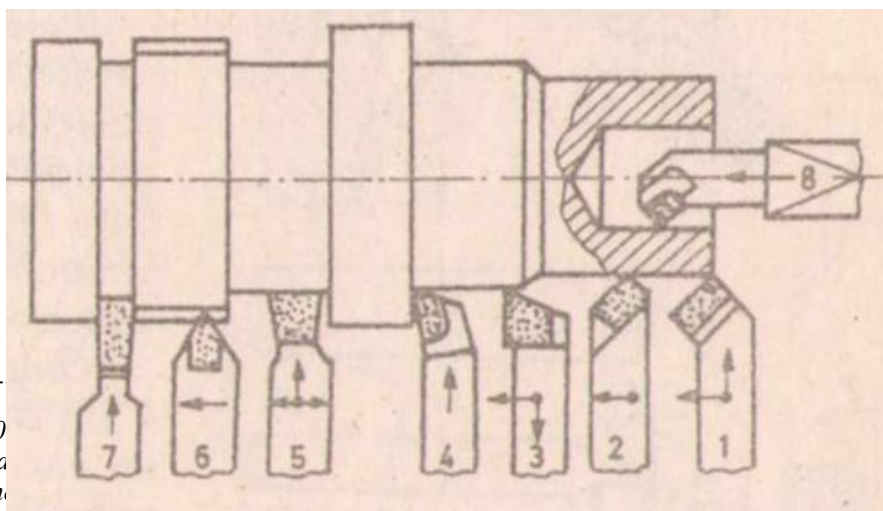
- ❖ по вида на обработваната повърхнина - за обработване на външна или вътрешна повърхнина;
- ❖ по характера на обработването - за грубо, чисто и фино обработване;
- ❖ по посоката на подаването - леви и десни
- ❖ по формата на режещата част (главата) на ножа - прави, криви, огънати и изтеглени;
- ❖ по напречното сечение на тялото - квадратни, правоъгълни и кръгли



- ❖ по материала на режещата част - от инструментални стомани, бързорежещи стомани, металокерамика, минералокерамика и свръхтвърди материали;
- ❖ по конструкцията си - цели, съставни (запоени или заварени и сглобяеми);
- ❖ по начина на експлоатация - презточваеми и непрезточваеми

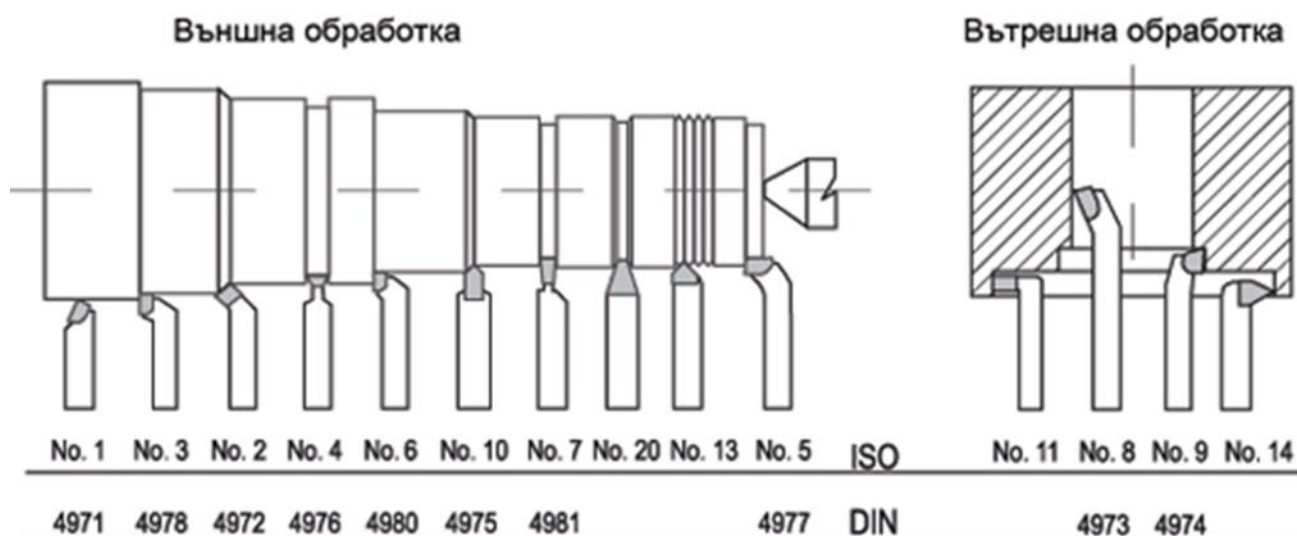
Класификация на стругарските ножове по формата и вида на обработваната повърхнина и по формата на режещата си част

- ✓ 2 прав проходен
- ✓ 1, 3 проходни с огънатата глава
- ✓ 4 подрезен
- ✓ 5 лопаткообразен
- ✓ 6 резбонарезен





- ✓ 7 прорезен
- ✓ 8 разстъргващ

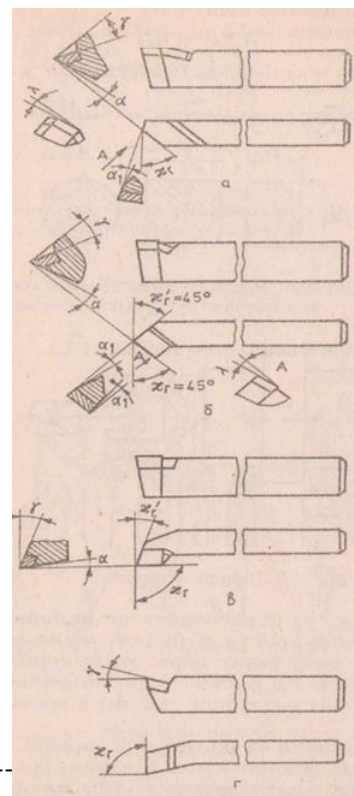


Проходните ножове се използват за обработване на външни ротационни и челни повърхнини. Те биват:

Прави проходни ножове - с тях се обработват външни цилиндрични и конусни повърхнини и фаски. Чрез завъртане на ножа на 90° могат да се обработват равнинни (челни) повърхнини.

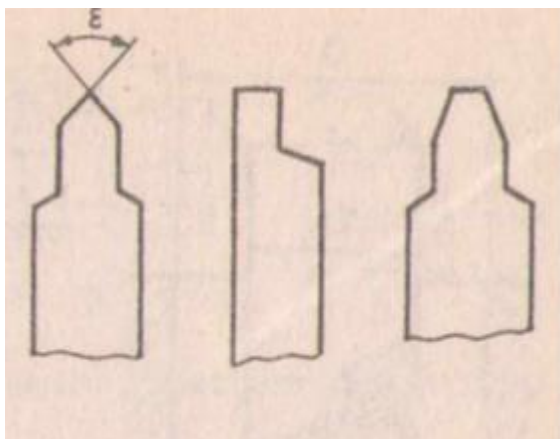
Проходни ножове с огънати глави - имат два режещи върха. С единия връх чрез надлъжно подаване се обработват цилиндрични и конусни повърхнини, а с другия чрез напречно подаване - челни повърхнини.

Проходни упорни ножове се използват за обработване на цилиндрични повърхнини или на цилиндрични и челни повърхнини едновременно.





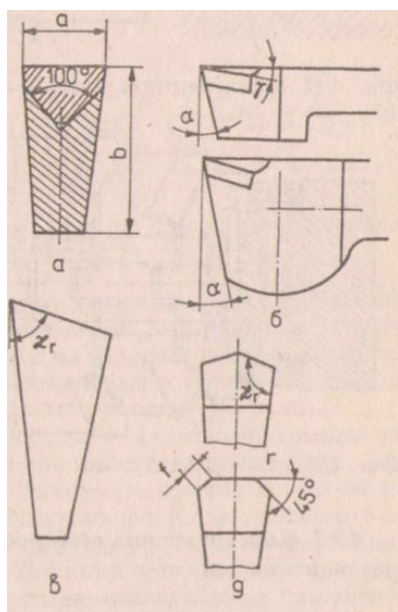
Подрязващи ножове се използват се за обработване само на челни повърхнини. Подрязването може да се извършва по две схеми - с подаване от периферията към оста на въртене на заготовката и обратно. При по-големи размери на заготовката ($d > 100 \text{ mm}$) и големи дълбочини на рязане ($f > 5 \text{ mm}$) се препоръчва обратното подаване - от оста на въртене към периферията на заготовката.



Резбонарезни ножове се характеризират се с формата на режещата си част, която зависи от профила на нарязваната резба - триъгълна, правоъгълна, трапецовидна, полукръгла, трионовидна

Стругарски нож за обработка на външна резба

Стругарски нож за обработка на вътрешна резба



Отрязващите ножове се използват за отрязване на заготовки от прътов материал със сравнително малък диаметър



Стругарски нож за обработка на трапецовидни канали



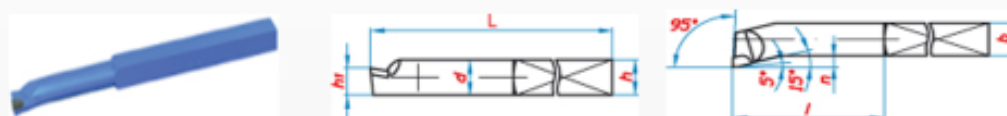
Прорязващи ножове се използват за обработване на канали и имат широчина, равна или по-малка от широчината на обработвания канал. Формата на режещата част съответства на формата на канала.



Челен стругарски нож



Стругарски нож за обработка на глухи отвори



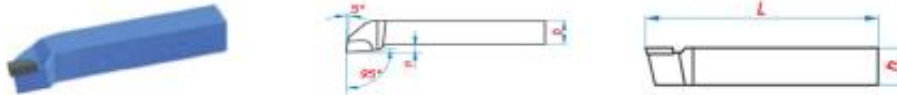
Стругарски ножове за проходни отвори



www.cajimad.bg



Подрезен стругарски нож:



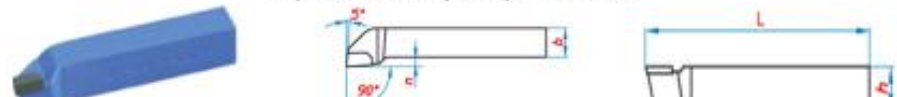
Проходен извит нож



Проходен прав нож:

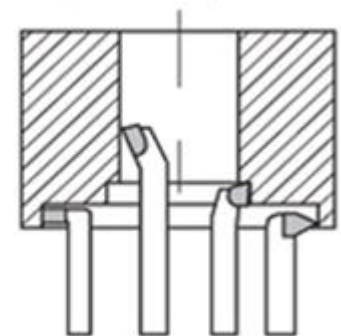


Проходен упорен нож:



Разстъргващите ножове служат за обработване на вътрешни повърхнини. В зависимост от вида на обработваната повърхнина те могат да бъдат проходни, подрязващи, прорязващи, резбонарезни и др. Разстъргващите ножове работят при много по-тежки условия, отколкото ножовете за обработване на външни повърхнини. Сечението на тялото им е ограничено от диаметъра на обработвания отвор, а дължината им е по-голяма от дължината на този отвор. Поради това те са нестабилни и склонни към

Вътрешна обработка

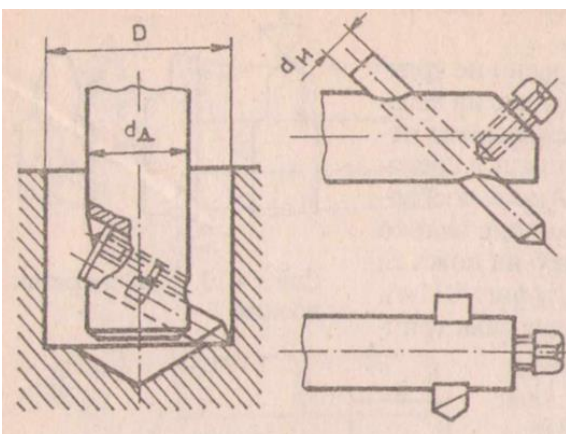


трептения.

При разстъргване на отвори с голяма дължина широко се използва държачи, в които се

www.eufunds.bg

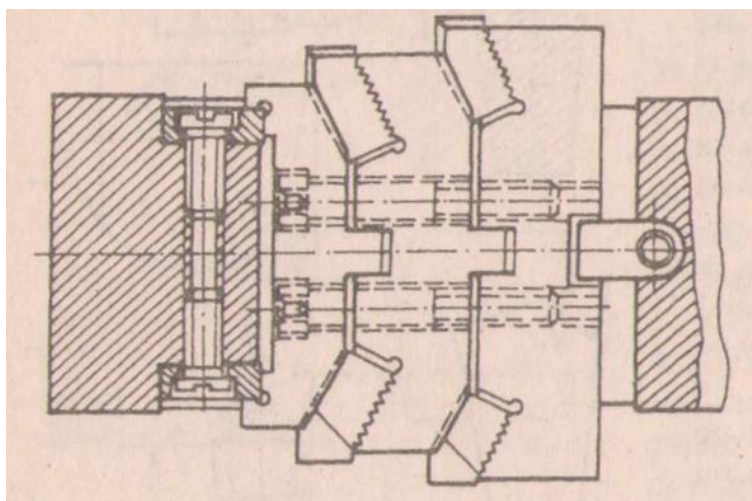
репа за дуалната система на обучение“, финансиран от за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския структурни и инвестиционни фондове.





закрепват разстъргващи ножове скръгло или квадратно сечение на тялото

Разстъргването на отвори с големи размери може да се извършва с двустранни разстъргващи ножове или с разстъргващи глави, състоящи се от няколко ножа. Тези инструменти осигуряват по-голяма производителност на процеса на рязане, но по-малка точност. Затова се използват за грубо обработване.



Конструктивни особености на ножове с преточваеми режещи пластини

Използването на цели ножове е икономически неизгодно, защото само една малка част от скъпия инструментален материал се използва непосредствено за рязане. Останалата по-голяма част служи за закрепване и след окончателното износване на ножа се претопява.



Затова цели ножове се изработват предимно от по-евтините въглеродни и легирани инструментални стомани. Ножовете от останалите материали - бързорежеща стомана, метало- и минералокерамика, свръхтвърди материали - се изработват съставни. Режещата част е сменяема пластина, която се закрепва към тялото на инструмента чрез ексцентрик или винт. Предимството на сменяемите режещи пластини се състои в това че, след износването на режещия ръб на пластината, тя може да бъде завъртяна, сменена или презаточена.

Символ	Наименование	Заден ъгъл	Форма
H	Шестоъгълна	120°	
O	Осмоъгълна	135°	
P	Петоъгълна	108°	
S	Квадратна	90°	
T	Триъгълна	60°	
C	Ромбоидна	80°	
D		55°	
E		75°	
F		50°	
M		86°	
V		35°	
Y	Ромбоидна	25°	
W	Неправилна	80°	
L	Правоъгълна	90°	
A	Успоредна	85°	
B		82°	
K		55°	
R	Кръгла	—	



Закрепването на пластината при ножовете с презаточваеми пластини се извършва чрез запояване, заваряване или механично. За тази цел се произвеждат пластини от бързорежещи стомани и твърди сплави с различни форми и размери

Закрепването трябва да осигурява неподвижност на пластината към гнездото в процеса на рязане, да е технологично лесноизпълнимо и да не предизвиква напрежения в пластината. За презаточваеми пластини се прилагат следните начини на закрепване: заваряване, спояване, механично и с помощта на силите на рязане.



Бързорежещите пластини се заваряват, а твърдосплавните се спояват. Тези начини на съединяване осигуряват неподвижност на пластините, но са склонни към образуване на вътрешни напрежения.

Механичното закрепване дава възможност да се избягнат вътрешните напрежения и да се осигури стружкочупене.

4.2 Режи ми на рязане - елементи. Сили на рязане при струговане

1. Елементи на режима на рязане

Елементите на режима на рязане при струговане са:

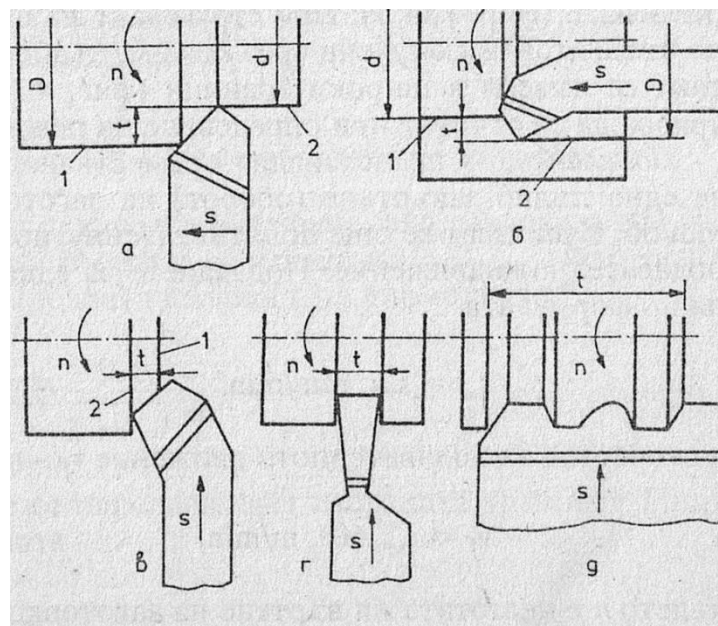
- ✓ скоростта на рязане v ;
- ✓ дълбочината на рязане t ;
- ✓ подаването s .

Тези елементи се избират в последователност t - s - v .

Дълбочината на рязане t е перпендикулярна към направлението на подаването.

При струговане на външни цилиндрични повърхнини и на челни повърхнини тя е равна на разстоянието между обработваната 1 и обработената 2 повърхнина (а, б, в).

При прорязване на канали и при отрязване дълбочината на рязане t е равна на широчината на отрезния нож (г).



При струговане с профилен нож дълбочината на рязане t е равна на проекцията на режещия ръб на ножа върху оста на обработвания детайл (д).

При струговане на външни и вътрешни цилиндрични повърхнини дълбочината на рязане се определя по формулата:

----- www.eufunds.bg -----



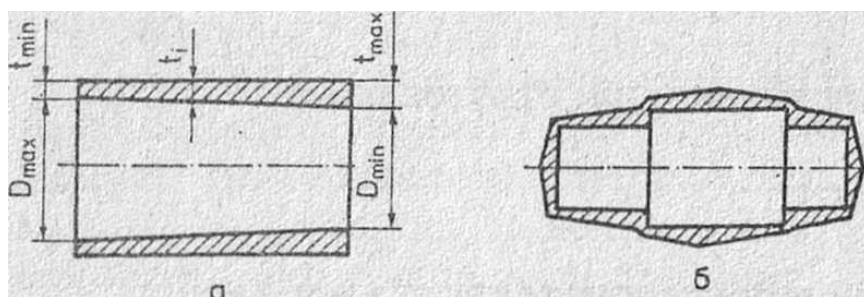
$$t = \frac{D-d}{2}, mm$$

Дълбочината на рязане при грубо струговане се избира равна на прибавката за обработване z . Когато прибавката е голяма и не може да се свали за един работен ход, обработването се извършва за i работни хода, така че

$$\sum t_i = z$$

Чистото струговане се извършва за един работен ход и дълбочината на рязане е равна на прибавката. Тази прибавка се определя от съображения за осигуряване на качеството на обработената повърхнина.

Дълбочината на рязане невинаги е постоянна. Тя се променя в зависимост от формата на обработваната и обработената повърхнина. Например при струговане на конусна



повърхнина при изходна (обработвана)

цилиндрична повърхнина дълбочината на рязане се увеличава или намалява

непрекъснато (а). При

струговане на цилиндрична повърхнина от заготовка, получена чрез коване, дълбочината на рязане също така се изменя в широки граници (б). Тези особености трябва да се отчитат при определяне на режимите на рязане.

Подаването s представлява преместването на стругарския нож за едно пълно завъртане (оборот) на заготовката и се измерва в mm/об. Използват се още понятията минутно подаване и скорост на подавателното движение. Подаването за една минута s_m се определя по формулата

$$s_m = s \cdot n, mm/min, \quad n \text{ е честотата на въртене на заготовката}$$

а скоростта на подавателното движение $v_f = s_m \cdot 60^{-1}, m/min,$

Подаването при грубо струговане се избира възможно най-голямо, като се изхожда от мощността на технологичната система и якостта и стабилността на нейните елементи -



стругарски нож, обработван детайл, подавателен превод. Най-голямото допустимо подаване $S_{доп}$ може да се изчисли или да се избере от справочници .

Подаването при чисто струговане се избира от условието за осигуряване на зададената грапавост на обработената повърхнина. Необходимо е да бъде спазено условието $S \leq S_{доп}$.

Скоростта на рязане v се определя по формулата

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000}, \text{ m/min,}$$

където D е най-големият диаметър на обработваната повърхнина.

При струговане и разстъргване с надлъжно подаване скоростта на рязане е постоянна, а при струговане с напречно или комбинирано подаване тя непрекъснато се променя, тъй като диаметърът D на обработваната повърхнина непрекъснато се променя от D_{max} до D_{min} .

За да се осигури постоянна скорост на рязане, е необходимо честотата на въртене на вретеното n да се изменя обратнопропорционално на изменението на диаметъра D на обработваната повърхнина.

Скоростта на рязане се определя чрез избраната трайност T на инструмента по формулата

$$V_T = \frac{Cv * Kv}{Tm * Sv * tv}$$

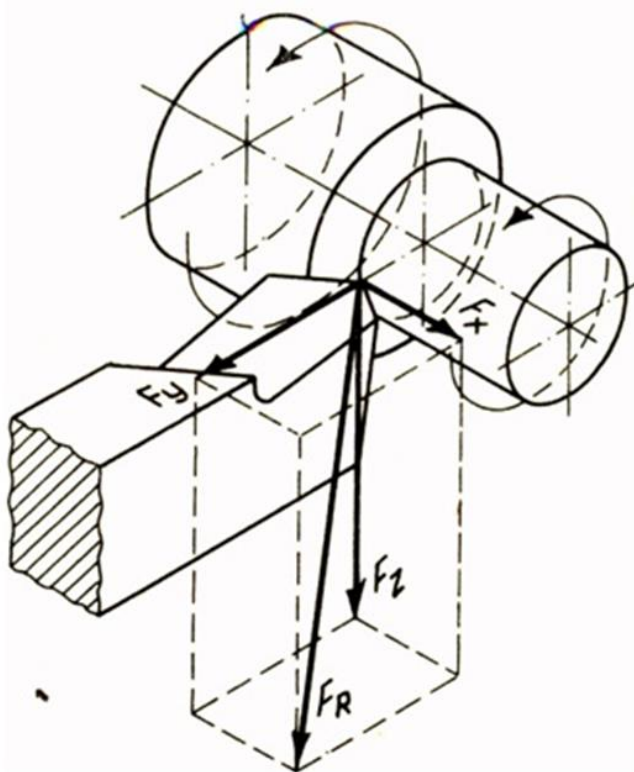
Стойностите на константите и степенните показатели в тази формула се избират от технологични справочници в зависимост от условията на работа. Трайността на стругарския нож се приема от технолога в границите, които се препоръчват в справочниците. Обикновено $T = 30 - 60 \text{ min}$, но може да приема и други стойности.

Честотата на въртене на заготовката n се определя по формулата

$$n = \frac{1000 * v}{\pi * D}$$

2. Сили на рязане при струговане

В процеса на рязане, при отделянето на стружката се получава сила на рязане F_R , която представлява съпротивлението на обработвания материал върху режещия инструмент . Тъй като силата F_R има пространствен характер за по-лесното ѝ определяне тя се разлага на съставни, измерени в три взаимно перпендикулярни направления:



F_z – тангенциална (главна) сила на рязане, действаща по направление на главното движение;

F_y – радиална сила, действаща в хоризонталната равнина, перпендикулярно на оста на заготовката;

F_x – осова (подавателна) сила, действаща в направление, успоредно на оста на заготовката, противоположно на направлението на подаването.

Чрез тангенциалната сила на рязане F_z се извършва пресмятане на ножа на якост и стабилност и се определя необходимата мощност за

осъществяване на процеса на рязане.

Радиалната сила на рязане F_y се използва за определяне на провисването на заготовката, якостта и стабилността на отделни детайли на машината.

Осовата сила F_x се използва за пресмятане на детайлите от подавателния механизъм и необходимата мощност за осъществяване на подавателното движение.

За измерване на силите на рязане при струговане се използват уреди, наречени динамометри. С достатъчна за практиката точност може да се приеме, че при обработване на конструкционни стомани и чугуни с , и съотношението на силите на рязане е както следва: $F_y = (0,4...0,5) \cdot F_z$, а $F_x = (0,3... 0,4) \cdot F_z$.

За определяне на големината на силите на рязане се използва емпирични формули от вида:

$$F_z = C_{F_z} \cdot i^{x_{F_z}} \cdot S^{y_{F_z}} \cdot V^{n_{F_z}} \cdot K_{F_z} \quad , \text{ N} ,$$

$$F_y = C_{F_y} \cdot i^{x_{F_y}} \cdot S^{y_{F_y}} \cdot V^{n_{F_y}} \cdot K_{F_y} \quad , \text{ N} ,$$

$$F_x = C_{F_x} \cdot i^{x_{F_x}} \cdot S^{y_{F_x}} \cdot V^{n_{F_x}} \cdot K_{F_x} \quad , \text{ N} ,$$



където:

$C_{F_z}, C_{F_y}, C_{F_x}$ са константи, зависещи от физико-механичните свойства на обработвания материал, геометрични параметри режещия инструмент и други постоянни условия на обработването;

$x_{F_z}, y_{F_z}, n_{F_z}, x_{F_y}$ - степенни показатели, отчитащи съответно влиянието на всеки елемент на режима на рязане;

$K_{F_z}, K_{F_y}, K_{F_x}$ - общи поправъчни коефициенти, отчитащи разликите в условията на обработването.

Общият поправъчен коефициент за всяка сила на рязане представлява произведение от частните поправъчни коефициенти:

$$K_F = K_m \cdot K_{\gamma_0} \cdot K_{\kappa_1} \cdot K_{s_r} \cdot K_{\lambda_1} \cdot K_h \cdot K_{\text{мощ}}$$

където: e е коефициент, отчитащ влиянието на механичните свойства на обработвания материал;

K_{γ_0} - главен преден ъгъл;

K_{κ_1} - главен установъчен ъгъл;

K_{s_r} - радиус на закръгление на върха на ножа;

K_{λ_1} - ъгъл на наклона на главния режещ ръб;

K_h - допустимо износване на ножа;

$K_{\text{мощ}}$ - използвана мажещо-охлаждаща течност.

Необходимата (ефективната) мощност за осъществяване на процеса на рязане се определя

$$P_p = \frac{F_z \cdot V_c}{60000}, \text{ kW},$$

от израза:

където:

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



F_z е главна сила на рязане;

V_c - скорост на рязане.

При известна мощност на рязане, като се има предвид коефициента на полезно действие на машината η и коефициента на претоварването K_n , мощността на електродвигателя на

$$P_{\text{ед}} = \frac{P_p}{\eta K_n}, \text{ kW}.$$

главния превод е:

За коефициента на полезно действие на металорежещите машини се приема = 0,75...0,85, а за коефициента на претоварването им = 1,3...1,5.

4.3 Стругови машини - видове, предназначение и приложение.

В практиката се използват най - различни по вид, конструкция, точност, габарити, степен на автоматизация стругови машини. Съществува следната класификация на струговите машини:

- ✓ разположение на главната ос на машината - стругове с хоризонтална и вертикална конструкция;
- ✓ степен на автоматизация - стругове с ръчно и програмно управление, многооперационни машини с транспортни и захранващи устройства;
- ✓ според вида на управление - механични, хидравлични, електрически, електрохидравлични;
- ✓ според начина на реализация на главното и подавателното движения - чрез въртеливо движение на заготовката, инструмента или различни комбинации;
- ✓ според степента им на универсалност - универсални, много - и едноцелеви стругове;
- ✓ според начина на закрепване на заготовката - патронникови, цангови, центрови и др.;
- ✓ според броя на едновременно обработваните заготовки - едно - и многовретенни стругове;

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.

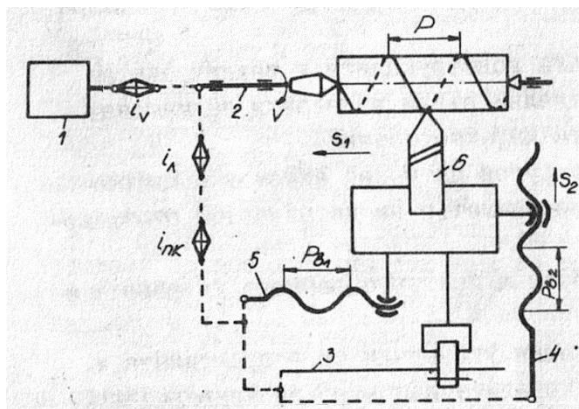


- ✓ според закрепването на инструмента - едно - и многостепенни, револверни, магазинни.

Най-широко приложение за единично, дребносерино и ремонтно производство са намерили универсалните винтонарезни стругове, имащи връзка между главното и подавателно движение.

Струговете, при които няма синхронизиране между главното и подавателно движение се наричат продукционни стругове. Намират приложение в дребно- и средносерииното производства. Липсата на връзка между работните движения дава възможност за независимо задвижване на подавателния превод, значително увеличаване на мощността на главния превод, повишаване стабилността на машината. Съвременните продукционни стругове са с автоматично или полуавтоматично управление, което позволява намаляване на спомагателното време при обработване и облекчаване на обслужването им от работниците.

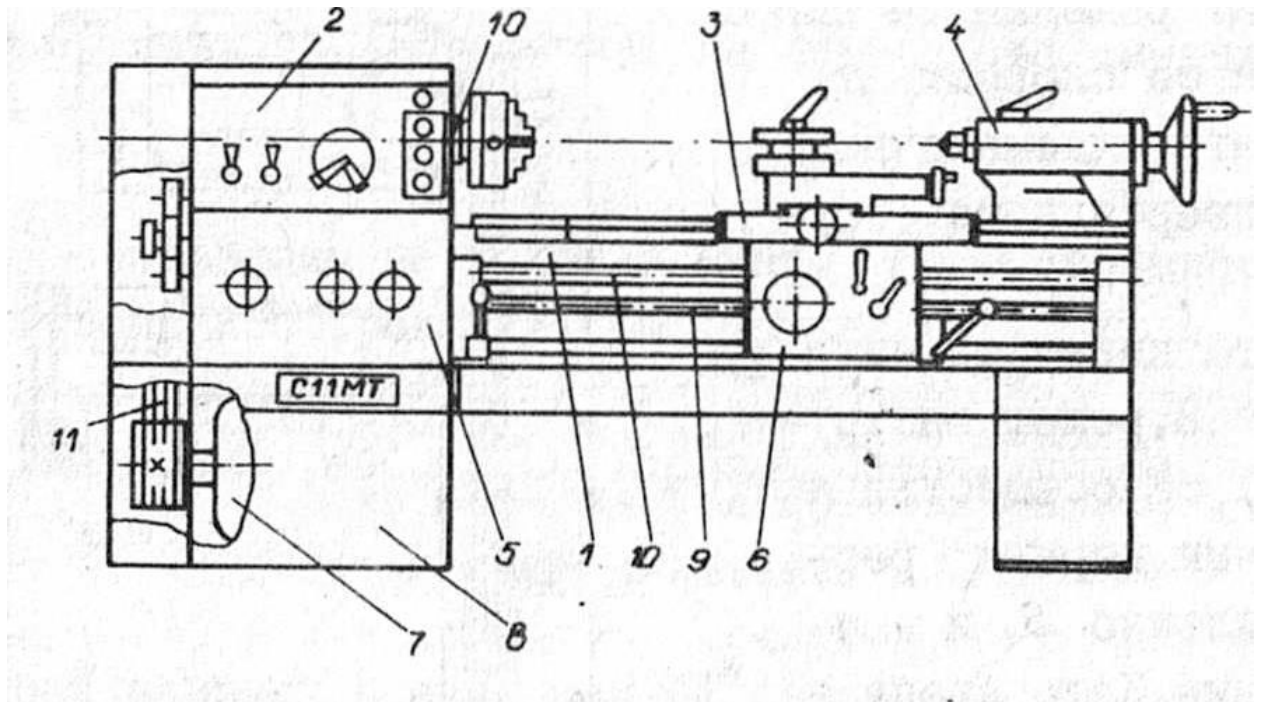
4.4 Универсални стругове: предназначение, технологични възможности и устройство. Работа и настройка на универсален струг.



На структурната схема на универсален струг са дадени кинематичните вериги за осъществяване на работните движения. Въртеливото движение на обработвания детайл V се реализира по веригата: електродвигател 1, звено за настройване i_v - вретено 2. Праволинейните премествания (S_1 , S_2) на режещия инструмент 6 - по веригата вретено 2, звена за настройване - лира i_l / подавателна кутия $i_{пк}$ - вал 3 или винт 4 (при струговане) или по веригата-вретено 2, i_l , $i_{пк}$ - двигателен винт 5 (при нарязване на резби)



Кинематиката на универсалния струг включва механизми, които са подобни на механизмите за голям брой металорежещи машини от различни групи, Това са скоростна и вретенна кутии, подавателна кутия, супортна кутия, супортни шейни, лири и други подобни. Освен това възлите и компоновката на универсалния винтонарезен струг са характерни и за други типове металорежещи машини.

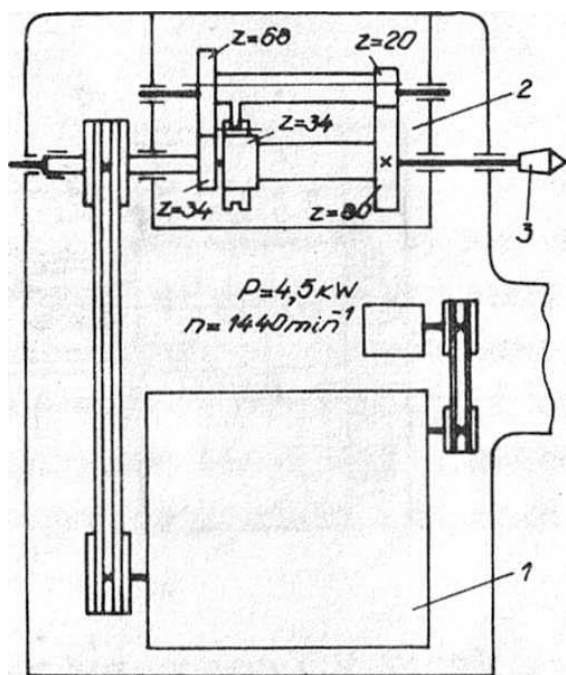


На тяло 1 с кутиеобразна форма са монтирани неподвижно предното седло 2, супортът 3, задното седло 4. В предното седло 2 е поместен главният и част от подавателяя преводи (скоростна кутия). Супортът и задното седло се преместват по шлифованите направляващи на тялото. В лявата страна на тялото неподвижно е закрепена подавателната кутия 5. Към супорта е монтирана супортята кутия 6, на която са ръчките за превключване на механизмите за реализиране на преместванията (подаванията) S_1 и S_2 . Електродвигателят 7 е монтиран в предния крак 8 на струга.

Главното движение за повечето конструкции универсални стругове, а с това и външната кинематична връзка, се осъществява от превод, който включва електродвигател 7, ремъчна предавка 11, скоростна кутия с вретеното 10. Чрез зъбни предавки в



скоростната кутия 2 може да се изменя скоростта на главното движение V в широк диапазон.



Главен превод на универсален винтонарезен струг

Скоростната кутия 1 е отделена от вретенната кутия 2. Движението от скоростната кутия чрез клиноремъчна предавка се предава на вретеното 3. При такъв превод се намаляват предаването на трептенията и топлината от скоростната кутия на вретеното.

Вътрешната кинематична връзка - вретено, режещ инструмент, се осъществява от три кинематични вериги резбонарезна за надлъжно S_1 и напречно S_2 подавания. Като

звена за настройване се използва лира $i_{л}$ с една или две двойки сменни зъбни колела и подавателна кутия $i_{пк}$. Чрез подавателната кутия могат да се променят стойностите на преместването (S_1, S_2) на крайното звено б на кинематичните вериги.

Чрез зъбни и червячии предавки, съединители и разпределителни механизми в супортната кутия б от вал 9 се предава надлъжното S_1 , или напречното подаване S_2 на режещия инструмент.

При нарязване на резби преместването на супорта се осъществява от двигателния винт 10 и раздвижната гайка, която е неподвижно свързана със супортната кутия. Резбонарезната верига има механизми за реализиране на резби с нормална и увеличена стъпка, както и на резби с дясна и лява винтови линии. Необходимата стъпка на нарязваната резба може да се получи чрез превключване на предавките от подавателната кутия $i_{пк}$ и подходящо подбрани сменни зъбни колела от лирата $i_{л}$.

За осъществяване на бързи премествания на инструмента в универсалния струг има отделен електродвигател, който задвижва вал 9 и механизмите от супортната кутия б.



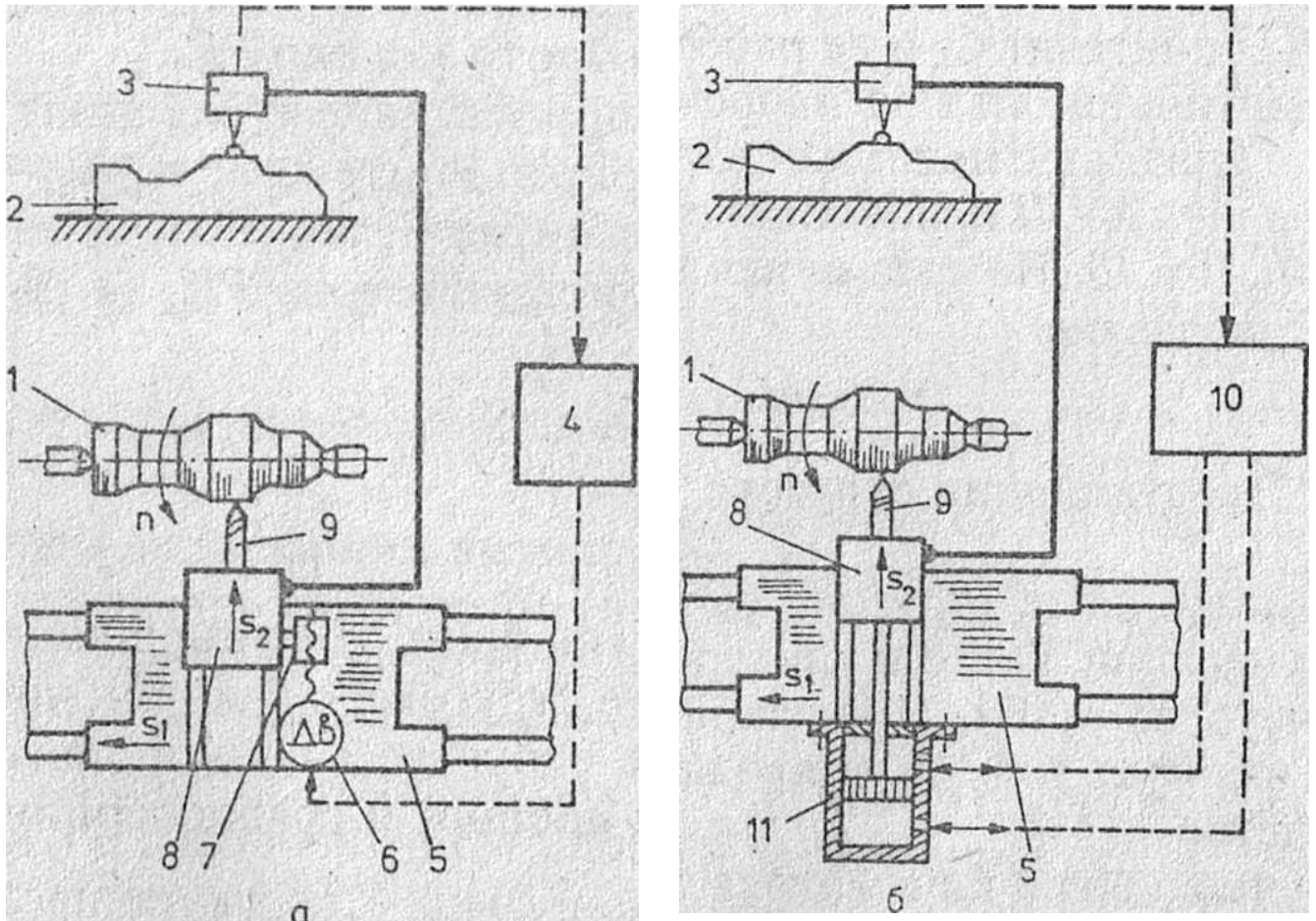
4.5 Продукционни стругове

Продукционните стругове са предназначени за извършване на същите операции, както и универсалните стругове, с изключение на нарязването на резби. Продукционните стругове са по-производителни и намират голямо приложение в дребно и средносериеното производство.

По външен вид и кинематика тези стругове са близки до универсалните. Подавателната кутия е опростена и не е необходимо да са съгласувани главното и подавателните движения. Към конструкцията на продукционните стругове се предявяват по-високи изисквания по отношение на: стабилността на основните възли, скоростта на подавателните движения, мощността на главното движение, индивидуално задвижване на подавателния превод, използване на електромагнитни съединители за автоматизиране на превключването на предавките и др.; налице са всички предпоставки за частична или пълна автоматизация на работния процес. Към това трябва да се прибави и възможността за многопроходна обработка, при което се използват различни системи напречни и надлъжни ограничители. В зависимост от системата за автоматизация продукционните стругове могат да бъдат с ръчно превключване или чрез гърбици, които задействат микропревключватели. Върху продукционните стругове може да се извършва многоножова обработка.

4.6 Копирни стругове

Копирните стругове са предназначени за обработване на детайли със сложна конфигурация на профила. В сравнение с универсалните стругове копирните имат по-ограничени технологични възможности, но са със значително по-висока степен на автоматизация и точност на формообразуването на сложни повърхнини. Поради необходимостта от по-продължително време за пренастройване копирните стругове са ефективни за серийно, едросерийно и масово производство.



Копирни системи

a - електрокопирна; *б* - хидрокопирна

Главното движение на рязане се извършва от детайла, а подавателите - от инструмента.

Общо за копирните стругове е, че се използват модели или шаблони, чийто контур е еднакъв с този на обработвания детайл. Копирните системи, които се вграждат в струговете, за да се реализира този метод, могат да бъдат изградени на различен принцип - механичен, електрически или хидравличен.

На схемите са показани две от най-често срещаните в практиката схеми на копирни системи - електрокопирна и хидрокопирна.

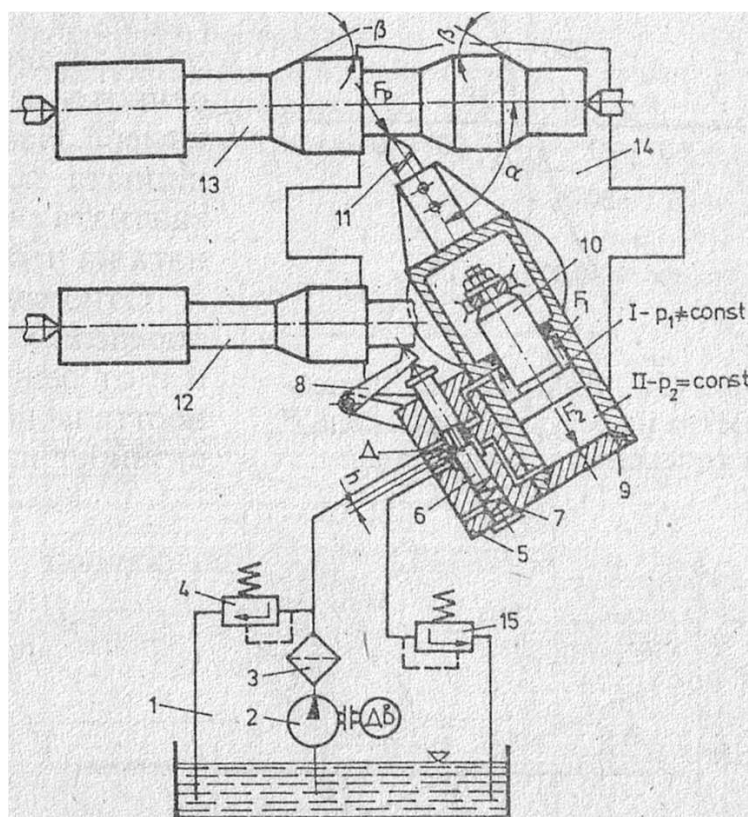
www.eufunds.bg

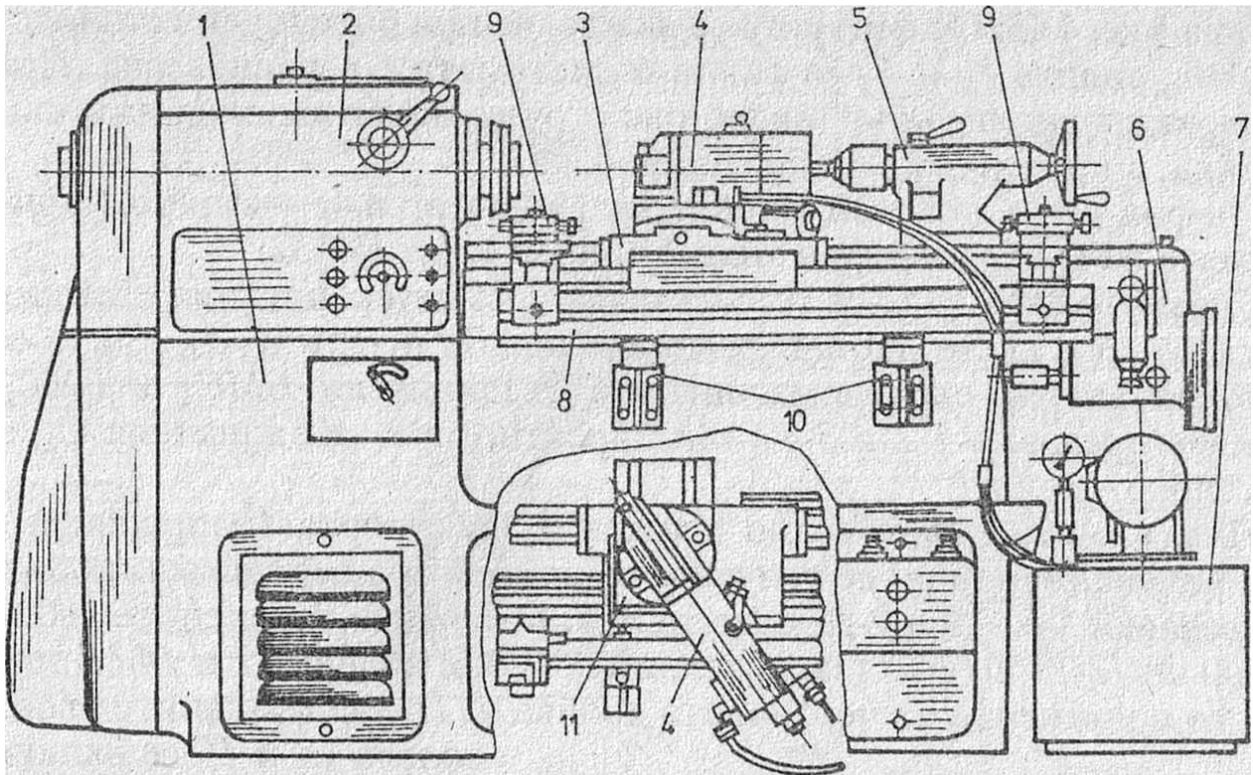
Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Общото и за двете схеми е, че сигналът за управление на напречното подаване s_2 се получава от копира 2, чийто профил е еднакъв с този на обработвания детайл 7. Осезателят 3 е притиснат към копира от пружина. При преместване на надлъжната шейна 5, а заедно с нея и на осезателя се обхожда профилът на копира. Полученият от осезателя сигнал управлява движението на напречната шейна 8 с режещия инструмент 9. Разликата в двете схеми е, че сигналът от осезателя 3 в единия случай е електрически (предава се през управляващото устройство 4 на електродвигателя 6 и чрез винтовата предавка 7 задвижва напречната шейна 8), а в другия - хидравличен (през хидрокопирното устройство 10 хидроцилиндърът 11 задвижва напречната шейна 8). По-широко разпространение са получили хидрокопирните системи

Основните възли на хидрокопирната система са: хидравличният агрегат 1, хидроследящият разпределител 5 и хидроцилиндърът 9. Ножодържачът с режещия инструмент 11 е монтиран към хидроцилиндъра 9, чието бутало 10 е закрепено към надлъжната шейна на струга. Маслото от помпата 2 постъпва през хидроследящия разпределител 5 в камера I на хидроцилиндъра. Налягането на маслото p_1 е променливо и зависи от отварянето h на дросела Д. След дросела Д маслото има две възможности - да постъпи в камера II на хидроцилиндъра или да изтече обратно в резервоара. По посока към резервоара маслото преминава през клапана 15, който поддържа постоянно налягане p_2 в камера II. Налягането в камера II на хидроцилиндъра остава постоянно независимо от дебита на маслото, преминаващо през клапана 15, докато налягането в камера I се изменя в зависимост от положението на плунжера 6 в разпределителя 5.



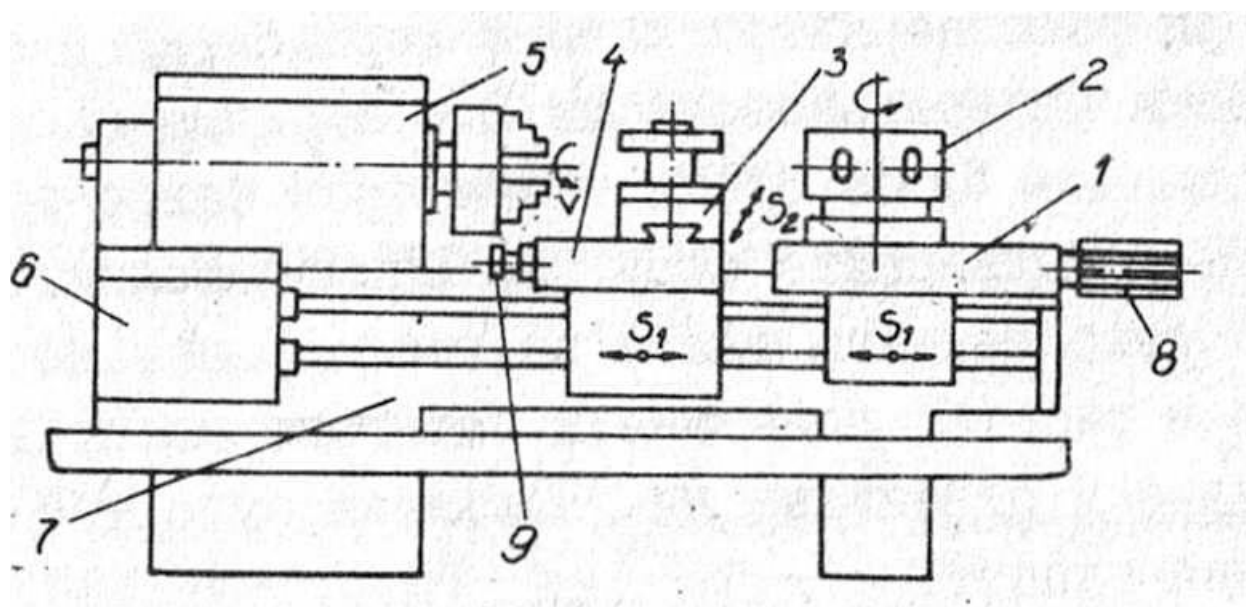


Общ вид на хидрокопирен струг - **1** - тяло; **2** - предно седло; **3** - надлъжна шейна; **4** - копирен супорт; **5** - подвижно седло; **6** - подавателна кутия; **7** - хидроагрегат; **8** - носеща греда; **9** - центри за закрепване на модела; **10** - конзоли; **11** - напречна шейна



4.7 Револверни стругове

Револверните стругове се използват в серийното производство за многоинструментно обработване на детайли от прътов материал или отделни заготовки.



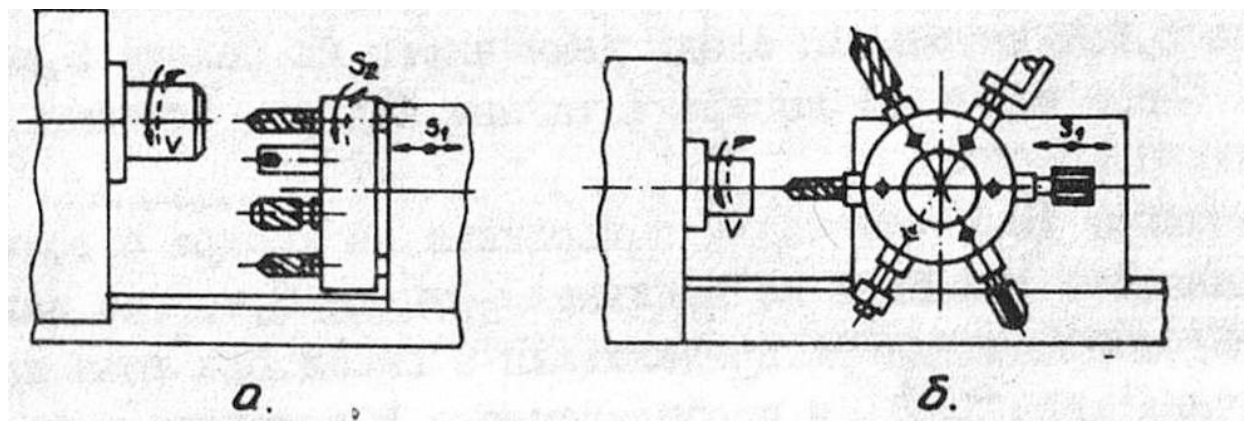
В първият случай струговете са снабдени с цангов патронник и механизъм за подаване и затягане на прътовия материал, а във втория - челюстен патронник. На револверните стругове освен струговане може да се извършва свредловане, разстъргване, зенкерване, райбероване, резбонарязване и други обработки.

За разлика от универсалните стругове, револверните стругове нямат задно седло и ходов винт. Характерна особеност на револверните стругове е надлъжният супорт 1 с револверна глава 2, в която по предварително избрана програма се установяват различни металорежещи инструменти. Възможно е револверните стругове да са снабдени с надлъжна и напречна шейни (позиция 3 и позиция 4). В ножодържача на напречната шейна 3 се установяват ножове за обработване на външни повърхнини.

Главното движение V на вретеното се предава от електродвигател и скоростна кутия 5, а надлъжното подаване S_1 и напречното подаване S_2 на супортите 1, 3 и 4 се предава от вретеното чрез подавателната кутия 6. Всички възли на машината са установени на тялото 7.



Револверните стругове имат призматични или цилиндрични револверни глави.

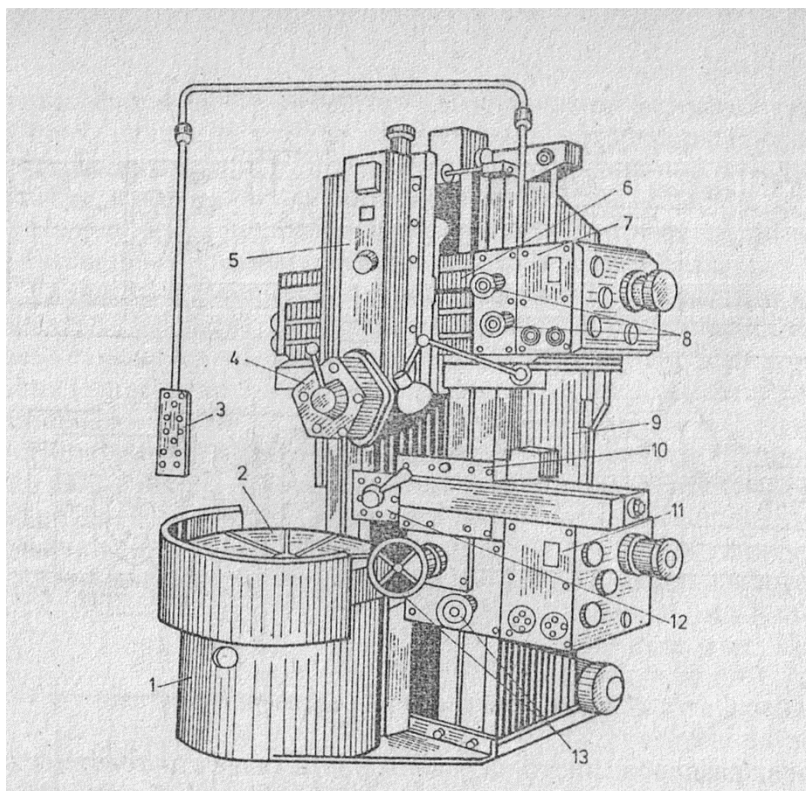


4.8 Каруселни стругове

Каруселните стругове се използват за обработване на голямогабаритни детайли с неголяма дължина. Върху тези машини могат да се изпълняват почти всички стругови операции.

При каруселните (вертикални) стругове вретеното е вертикално, а хоризонталното разположение на масата (планшайбата) спомага за по-лесно закрепване на обработвания детайл и осигурява по-голяма точност на обработване. В зависимост от големината на диаметъра на планшайбата каруселните стругове биват едностойкови (с диаметър до 1600 mm) и двустойкови.

На фигурата е показан едностойков каруселен струг. Върху стойката 9 на този струг има вертикални





направляващи, по които се движи гредата 6 с револверния супорт 5 и нождържача 4, и страничния супорт 10 с четирипозиционния нождържач 12. Върху тялото 1 е разположена планшайбата 2, на която се поставя обработваният детайл. Супортите 5 и 10 се задвижват съответно от подавателните преводи 7 и 11 (8 и 13 са колела за ръчно преместване на супортите). Стругът се управлява чрез таблото 3.

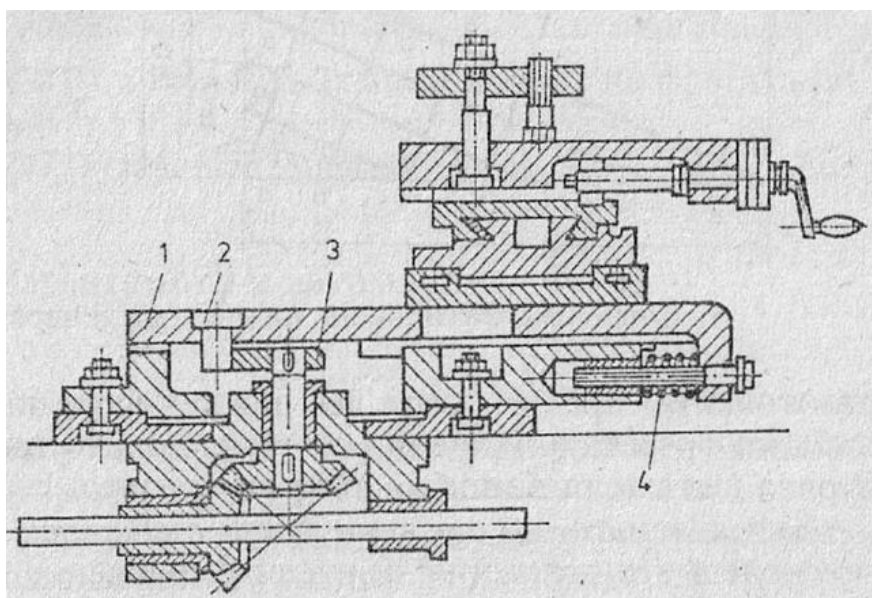
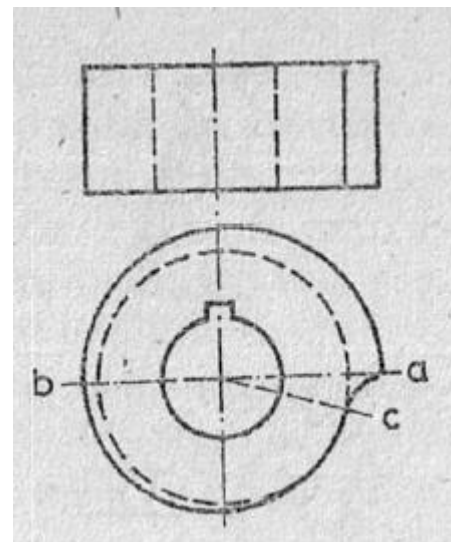
4.9 Затилувъчни стругове

Затилувъчните стругове са специализирани машини за инструменталното производство. Тези стругове могат да се използват за гладко струговане на ротационни повърхнини, наричване на резби, но специфичното за тях е това, че могат да обработват (затилуват) задната повърхнина на зъбите на дискови, цилиндрични, модулни, профилни фрези и др. Тази повърхнина обикновено е под формата на Архимедова спирала.

Затилувъчните стругове се различават от универсалните по конструкцията на инструменталния супорт, който извършва периодично напречно възвратно-постъпателно движение. За осъществяване на напречното движение на инструмента се използват гърбици, чийто профил обикновено е под формата на Архимедова спирала

По време на работния ход (напред) се сменя метал от задната повърхнина на зъба (обхождане по кривата sba от профила на гърбицата), а по време на бързия ход (назад) - инструментът се връща в изходно положение (обхождане по кривата ac).

Гърбиците могат да бъдат еднопрофилни (една работна крива abc) или многопрофилни (до четири).



Гърбиците се поставят в специални супорти. Напречната шейна 1 чрез палеца 2 непрекъснато се



допира до гърбицата 3 посредством пружината 4. Движението на напречната шейна 1 на супорта заедно с инструмента напред се съпровожда със свиване на пружината 4 под въздействие на работната крива на гърбицата, а връщането в изходно положение става под действието на пружината.

4.10 Стругови полуавтомати и автомати

Стругови автомати се наричат тези металорежещи машини, при които след настройване всички движения, свързани с цикъла на обработка на един детайл, се извършват без участието на оператора. При полуавтоматите поставянето на заготовките и снемането на детайлите се извършват от оператора на машината.

Струговите полуавтомати и автомати се използват за обработване на ротационни детайли чрез външно струговане, за пробиване на отвори, нарязване на резби, струговане на външни канали. Заготовките са от калиброван прътов материал.

Струговите автомати и полуавтомати могат да бъдат с широки възможности и специализирани, хоризонтални и вертикални, едновретенни и многовретенни. Едновретенните полуавтомати се подразделят на многоножови и копирни.

Струговите полуавтомати и автомати намират приложение главно в масовото производство поради сложността и продължителното време, което е необходимо за пренастройването им. Типичното за тези металорежещи машини е, че управлението се осъществява чрез предварително профилирани плоски или цилиндрични гърбици. Информацията, която се въвежда чрез тези гърбици, се отнася до:

- геометрията на обработвания детайл;
- параметрите на режима на рязане - скорост, подаване и дълбочина;
- последователността на работа на отделните инструменти и смяната на детайлите.

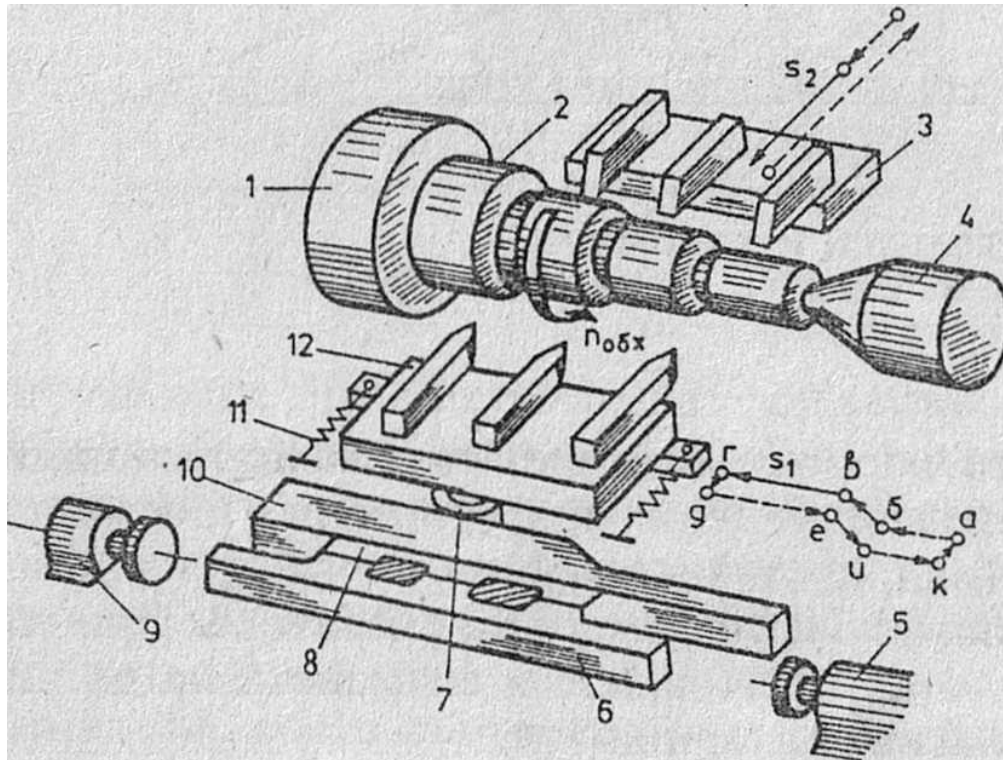
1. Многоножови стругови полуавтомати

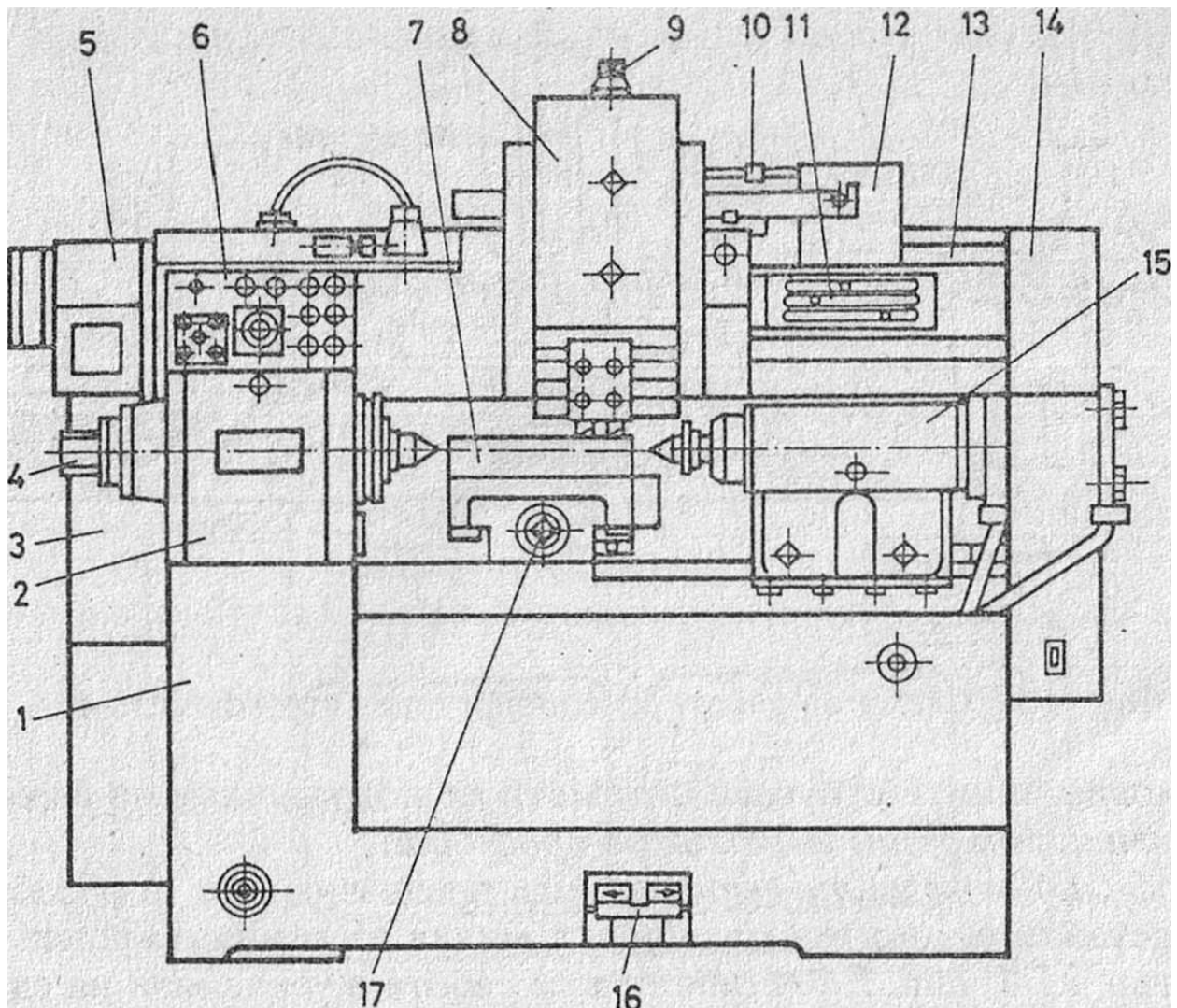
Многоножовите стругови полуавтомати обикновено имат надлъжен и напречен супорт, към всеки от които могат да се поставят по няколко инструмента. Тези полуавтомати се подразделят на центро-ви и патронникови. Върху многоножови

----- www.eufunds.bg -----



центрова полуавтомати се обработват детайли, чиято дължина е няколко пъти по-голяма от диаметъра им, а върху патронникови - къси ротационни детайли с голям диаметър.





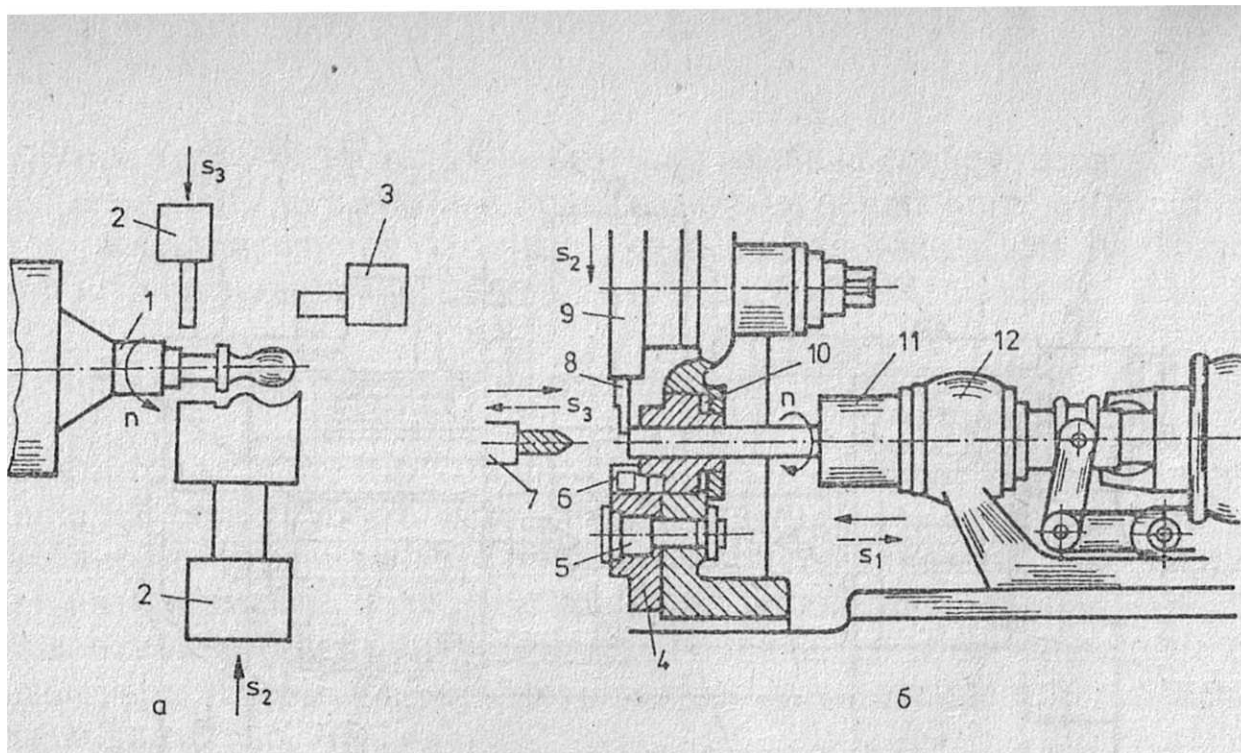
Многоножов полуавтомат 1H713

1 - тяло; 2 - главен превод; 3 - кожух, закриващ ремъчната предавка на главния превод; 4 - вретено; 5 — подавателен превод на надлъжния супорт 8; 6 - табло за управление; 7 - напречен супорт; 9 и 17 - квадратни ръкохватки за настройване на супортите 8 и 7; 10 - подвижен упор за установяване в работно положение на линейката на отскока на надлъжния супорт; 11 - апарат за управление; 12 - стойка на копирната линейка; 13 - направляващи; 14 - шкаф на електрообзавеждането; 15 - задно седло; 16 - педал, управляващ пневмосистемата на задното седло

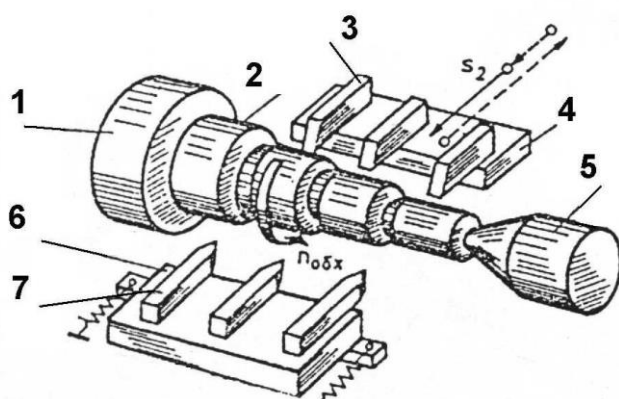


2. Едновретенни стругови автомати

Типичното за тези автомати е наличието само на едно вретенно. Те са предназначени за обработване на детайли с малък диаметър (до 40 - 50 mm), като се използват няколко последователно или успоредно работещи инструмента. Едновретенните стругови автомати се подразделят на револверни, профилно-отрезни и надлъжно-профилни.



3. Многовретенни стругови автомати - Характерна особеност на многовретенните



Обработваният детайл 2 е установен в патронника 1 и задния център 5. Върху надлъжния супорт 6 са закрепени няколко ножа 7, настроени за едновременно обработване на различните стъпала на детайла. Струговането на всички цилиндрични повърхнини се извършва за едно движение на надлъжния супорт. В напречния супорт 4 се установяват ножовете 3 за струговане на чела и канали.

www.eufunds.bg



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Въпроси за контрол към **раздел 4. Струговане - технологични възможности, инструменти, машини**

1. Кое е главното движение при струговане?
2. С какви ножове се обработват вътрешните повърхнини на детайлите?
3. Какво е предназначението на главния и подавателния превод?
4. Какви видове стругови машини познавате?

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.

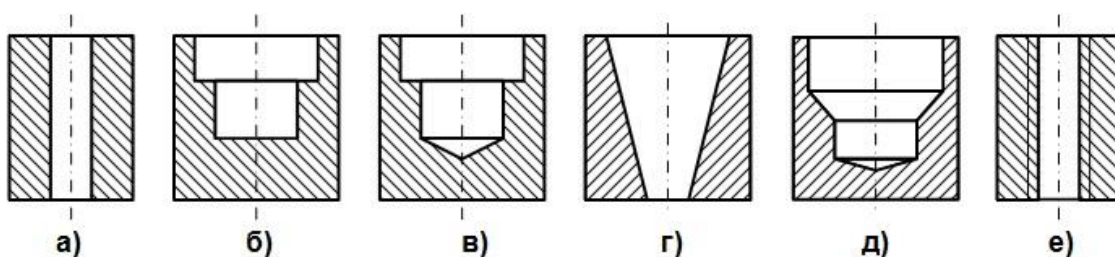


РАЗДЕЛ 5. ОБРАБОТВАНЕ И ДООБРАБОТВАНЕ НА ОТВОРИ: СВРЕДЛОВАНЕ, ЗЕНКЕРОВАНЕ, РАЙБЕРОВАНЕ –ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ, ИНСТРУМЕНТИ, МАШИНИ

Класификация на процесите за обработване на отвори

В практиката съществуват различни видове отвори, които имат различно предназначение:

- според формата си биват: цилиндрични, конусни, стърални, ррофилни;
- според дължината им спрямо детайла: рроходни (светли) или глухи;
- според съотношението на дължината и диаметъра им: нормални и дълбоки ($L/D > 5$);
- според формата на дъното: с рроско или конусно и др.



Фиг.5.1. Класификация на отворите: а) цилиндричен рроходен; б) – стърален глух, с рроско дъно; в) – стърален глух, с конусно дъно; г) конусен рроходен; д) ррофилен с конусно дъно; е) резбови рроходен

Независимо от вида си за формообразуването на отворите е необходимо осигуряването на две относителни движения – рраволинейно и въртеливо. Такива движения могат да се рролучат рри много технологични рроцеси: струговане, свредловане, зенкероване, райбероване, фрезоване, разстъргване и др. ррието е рроцесите свредловане, зенкероване, райбероване да се разглеждат в отделна група – рроцеси за рролучаване на отвори чрез размерообразуващи инструменти.

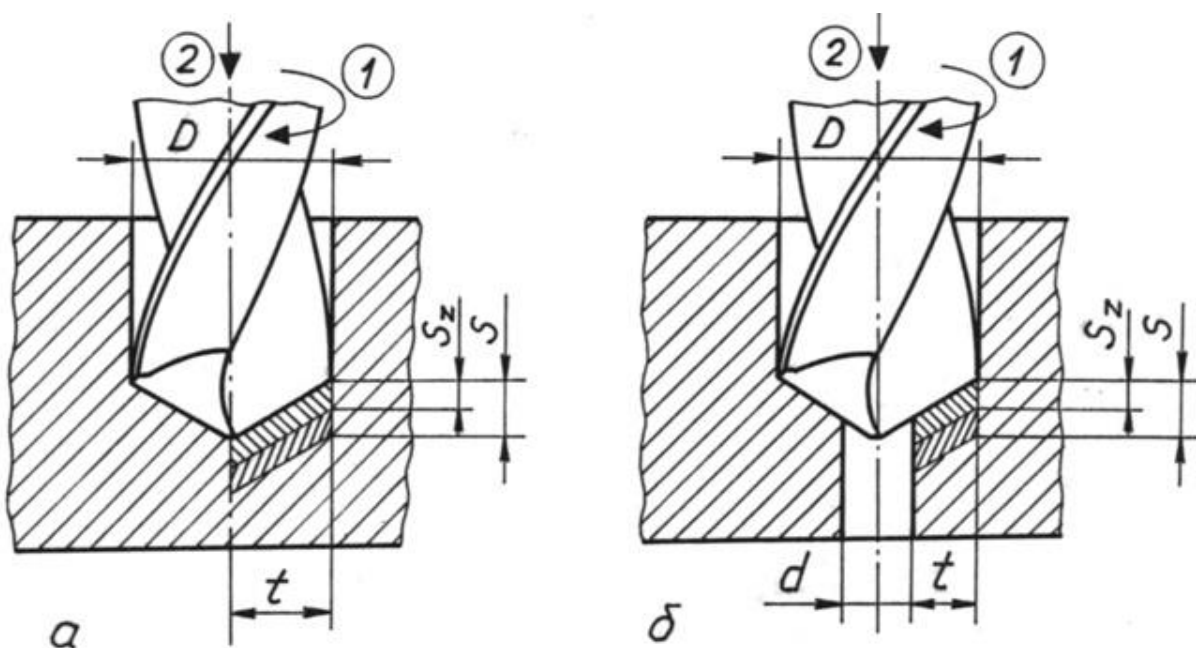


5.1. Свредловане-елементи на режима на рязане при свредловане и инструменти за свредловане

Свредловането е най-разпространения метод за ролучаване на отвори в рлътен материал. Когато се изролзва за разширяване на рредварително ролучени отвори, за ролучаване на конусни гнезда, за центроване рреди свредловане и за ролучаване на центрови отвори, изролзвани за установяване на заготовките между центри рри обработването им чрез струговане се нарича разсвредловане.

Технологични особености при свредловане

Свредловането (фиг.5.2) се осъществява рри съчетаване на въртеливо главно движение на инструмента (1) и рраволинейно родавателно движение ро оста му (2). В случая двете движения се осъществяват от режещия инструмент. рри осъществяване на рпроцеса чрез стругване главното движение се извършва от заготовката, установена към вретеното на струга, а родавателното – от инструмента, установен в задното седло.



Фиг.5.2. Работни движения и елементи на режима на рязане:

а) при свредловане; б) при разсвредловане

Процесът на рязане при свредловане за разлика от струговането протича при по-сложни условия. Отвеждането на стружката и родвеждането на МОТ в зоната на рязане е

www.eufunds.bg

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



затруднено. Отвеждането на стружките се съпровожда със значително увеличено триене по винтовите канали на инструмента и по повърхнината на отвора, в резултат на което деформирането им се увеличава, а това довежда до увеличаване на торлообразуването. Деформирането на стружките се увеличава и от променливата скорост на рязане по дължина на режещите ръбове.

Чрез свредловане могат да се обработват отвори с 13-12 клас точност и гравовост $Ra = 10 - 5 \mu m$.

Елементи на режима на рязане

Елементите на режима на рязане при свредловане (фиг.5.2 а) и разсвредловане (фиг.5.2 б) са скоростта на рязане V_c , подаването на оборот f_0 и дълбочината на рязане a_p .

За скорост на рязане V_c се приема относителната окръжна скорост на периферните точки на инструмента. Тя се определя в зависимост от честотата на въртене n , min^{-1} на свредлото и диаметъра му D , mm по формулата:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ m/min} .$$

Осовото преместване на свредлото за един оборот определя подаването на оборот f_0 , mm/об. Тъй като винтовото свредло е двузъбов инструмент, подаването на един зъб е $f_z = f_0/2$, mm/зъб. Минутното подаване (подавателната скорост) е $f_m = f_0 \cdot n$, mm/min.

при свредловане (фиг.5.2 а) дълбочината на рязане a_p се приема равна на половината от диаметъра D на получавания отвор. при разсвредловане на отвор с диаметър d (фиг. 5.2 б) дълбочината на рязане се определя по зависимостта:

$$a_p = \frac{D - d}{2}, \text{ mm} .$$

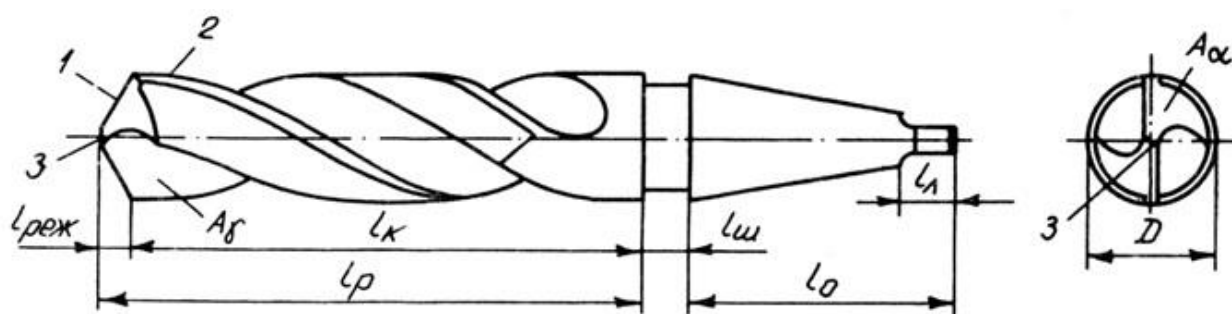
Инструменти за свредловане

В зависимост от конструкцията и предназначението им свредлата се разделят на винтови, перести, центрови, свредла за дълбоки отвори и за пръстеновидно пробиване. Според начина на изработване свредлата биват цели, съставни и сглобяеми.

Най-голямо разпространение за свредловане и разсвредловане на отвори е намерило винтовото свредло (фиг.5.3). То се състои от работна част L_p , шийка $L_{ш}$ и орашка L_o , завършваща с ларка L_l . Работната част включва режеща част $L_{реж}$ и калибровача



част L_k с винтови канали. Шийката свързва работната част с опашката. Опашката на свредлото служи за установяването му във вретеното, ако е конусна или за закрерване в патронник, ако е цилиндрична. Лапката на свредлото служи за упор при избиването му от гнездото на вретеното. Свредлото има два главни режещи ръба 1, ролучени от пресичането на рредните A_γ и главните задни повърхнини A_α , два сромагателни режещи ръбове 2 и нарречен режещ ръб 3. Сромагателните режещи ръбове са разположени върху тесни винтови лентички за намаляване на триенето и за направляване на свредлото при рязане.

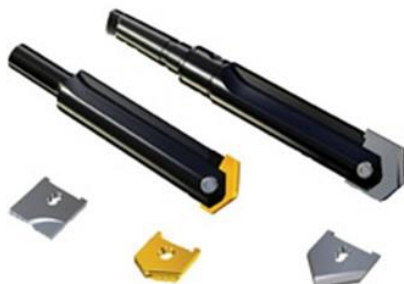


Фиг.5.3. Конструктивни елементи на винтово свредло

перерестите свредла (фиг.5.4) имат опростена конструкция, което улеснява изработването им. Отсъствието на винтови канали обаче затруднява отвеждането на стружките от отвора. Могат да бъдат изработени цели (фиг.5.4 а) – от бързорезна инструментална стомана или съставни – със сменяеми твърдосплавни пластини (фиг.5.4 б), което удължава трайността им и ги прави подходящи за използване в металорежещи машини с ЦПУ.



а)



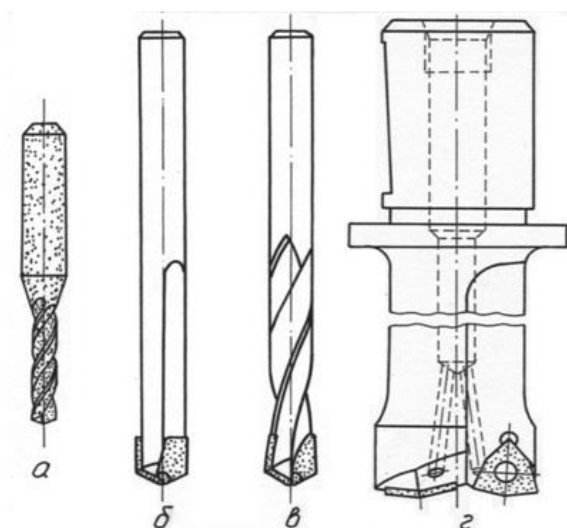
б)





Фиг.5.4. Перести свредла

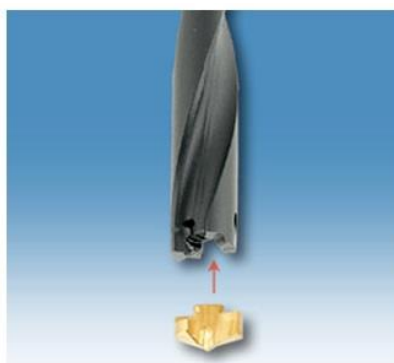
При свредловане на високояки, неръждаеми, закалени стомани, чугун, пластмаси, керамика и стъкло се използват твърдосплавни свредла. Те биват: цели (фиг.5.5,а) - за отвори с малки диаметри; съставни - с прави (фиг.5.5 б) или с винтови (фиг.5.5 в) канали; сглобяеми (фиг.5.5 г) - за отвори с диаметри над 16mm. Сглобяемите твърдосплавни свредла са високорроизводителни инструменти с многоръбови непрезаточваеми пластини в режещата част.



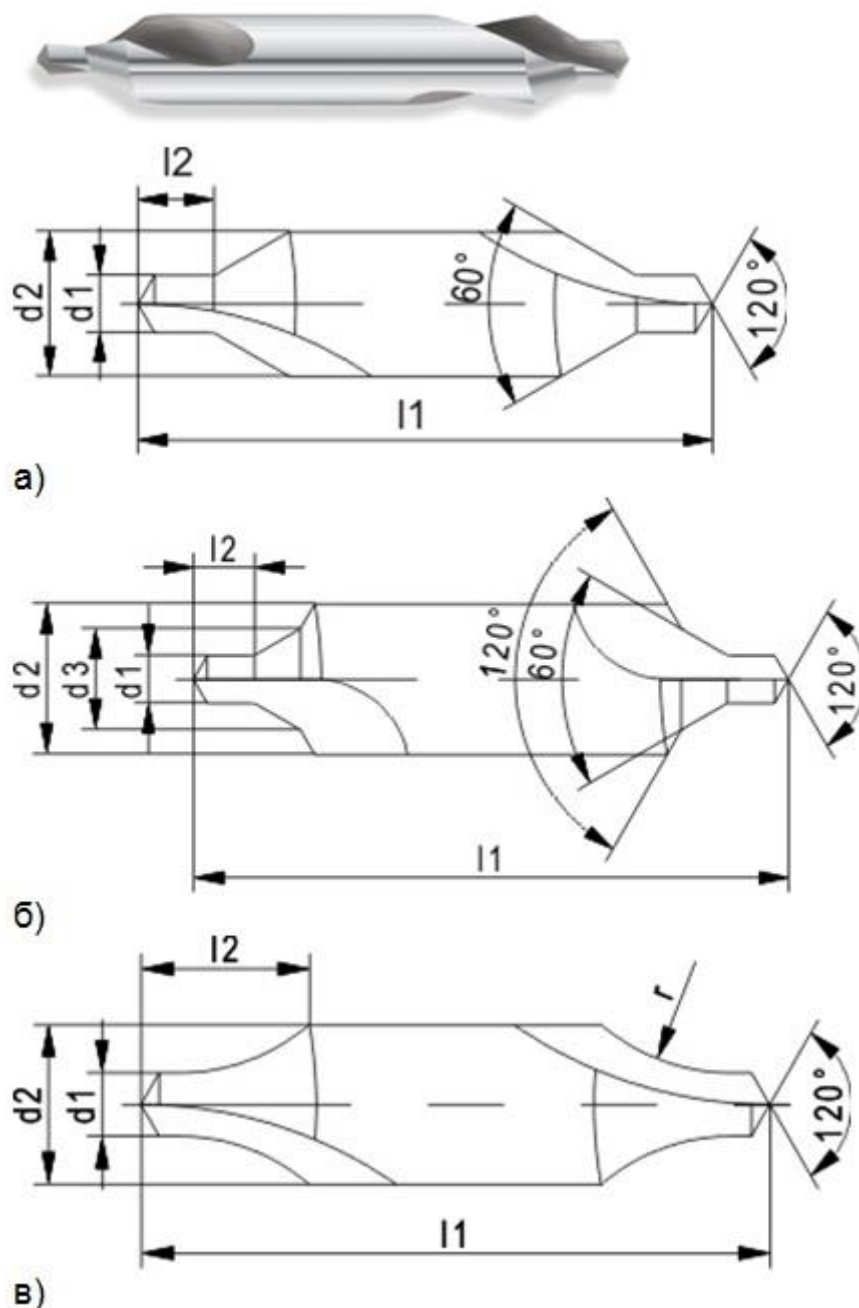
Фиг.5.5. Твърдосплавни свредла

а - цяло; б,в - съставни; г – сглобяемо

Центровите свредла (фиг.5.6) са предназначени за изработване на технологични центрови отвори, използвани като чисти бази при обработване на детайли от типа на валове и осите. Използват се стандартни центрови свредла без предпазен конус (тип А - фиг.5.6 а), с предпазен конус (тип В – фиг.5.6 б) и с радиусна режеща част (тип R - фиг.5.6 в).



www.eurimms.bg

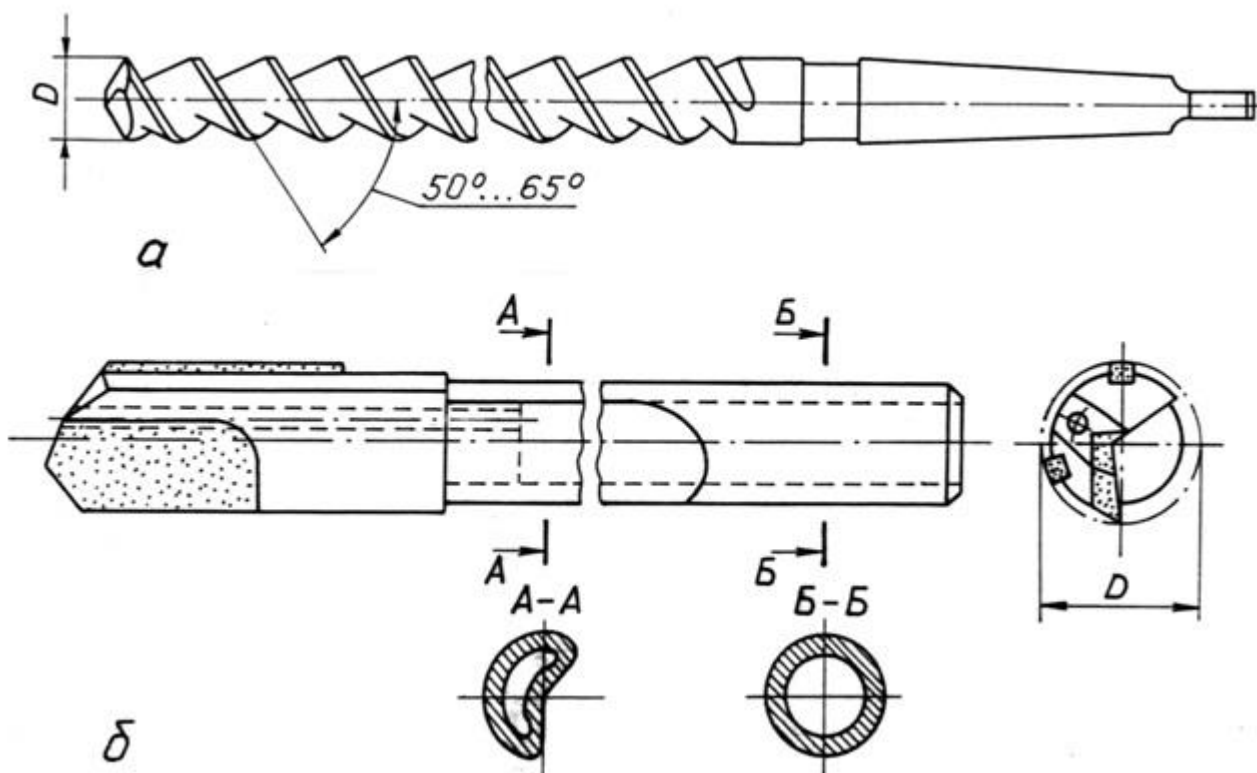


Фиг.5.6. Твърдосплавни свредла

Обработването на дълбоки отвори (с дълбочина по-голяма от пет пъти диаметъра им) протича при затруднени условията на рязане – повишена температура, затруднено охлаждане и изнасяне на стружките от зоната на рязане. В такива случаи високо качество



може да се осигури с използване на специални свредла за дълбоки отвори – шнекови свредла (фиг.5.7 а), оръжейни свредла (фиг.5.7 б) и други.

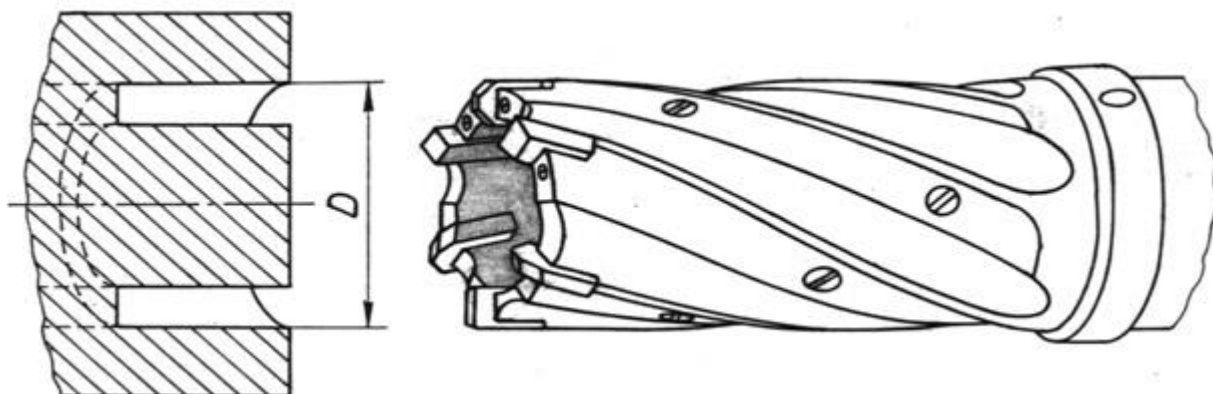


Фиг.6.7. Свредла за дълбоки отвори

а - шнеково; б - оръжейно с твърдосплавна режеща пластина



За свредловане на отвори с големи диаметри са подходящи свредла за пръстеновидно пробиване (фиг.5.8). Особеност на обработката е превръщането в стружки на относително малка част от отстраняваната прибавка. Оставащата цилиндрична сърцевина може да се използва за други заготовки.



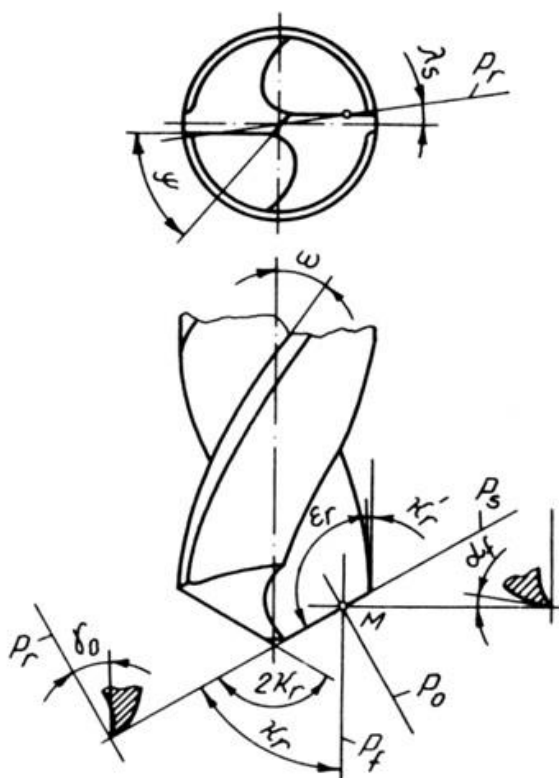
Фиг.5.8. Свредло за пръстеновидно пробиване

Геометрични параметри на свредлата

Като основен представител за дефиниране на геометричните параметри на свредлата е цилиндричното винтово свредло.

Съгласно фиг.5.9 се регламентират следните геометрични параметри:

- главен преден γ_0 - измерва се в равнината на нормално сечение P_0 и е заключен между допирателната равнина към предната ровърхнина A_γ за разглежданата точка от главния режещ ръб и основната равнина P_r . предният ъгъл е различен, като в близост до напречния режещ ръб е с отрицателна стойност или е 0° , а в периферните точки по стойност е близък до ω .



Фиг.5.9. Геометрични параметри на винтовото свердело

- главен заден ъгъл α_f - измерва се в установъчната равнина P_f , заключен между допирателната равнина към главната задна повърхнина A_a за разглежданата точка от главния режещ ръб и повърхнината на рязане P_s . Задният ъгъл е променлив. Най-големи стойности ($20\div 35^\circ$) той има в близост до напречния режещ ръб, а най-малки ($8\div 14^\circ$) в периферните точки на режещите ръбове.

Спомагателният заден ъгъл $\alpha'_0 = 0^\circ$, тъй като лентичките на сверделото лежат върху цилиндрична повърхнина.

- ъгъл на наклона на винтовия канал ω - заключен е между оста на сверделото и проекцията върху основната равнина на построената допирателна към спомагателния винтов режещ ръб права, прекарана през точка от него, проектираща се върху оста. Той варира в диаразона $10^\circ\div 40^\circ$. Колкото твърдостта на обработвания материал е по-голяма, толкова ъгълът ω на използваните свердела е по-малък.
- ъгъл на наклона λ_s на режещия ръб на сверделото - не е постоянен и зависи от диаметъра на окръжността, върху която лежи разглежданата точка от него.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Поради симетричността на свредлото обикновено се използва удвоеният установъчен ъгъл $2\alpha_r$, наречен още ъгъл при върха. Стандартните винтови свредла имат ъгъл при върха $116^\circ \div 118^\circ$.

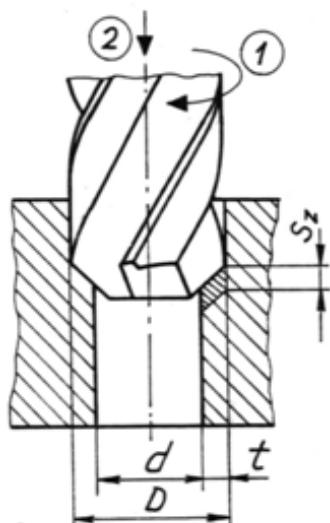
За избягване на триенето по цялата, проникнала в отвора, повърхнина на лентичката лежи върху конусна повърхнина, като между допирателната равнина към нея и установъчната равнина P_f е заключен сромагателният установъчен ъгъл α'_r .

Ъгълът на наклона Ψ на напречния режещ ръб се получава в резултат на заточването на свредлото. Той определя геометрията (преден и заден ъгли) и дължината на напречния режещ ръб. За стандартните винтови свредла $\Psi = 50^\circ \div 55^\circ$.

5.3 Зенкерование-елементи на режима на рязане при зенкерование и инструменти за зенкерование

Технологични особености при зенкерование

Зенкерването (фиг.6.10) се използва за обработване на предварително получени отвори чрез свредловане, отливане или шамповане. Обикновено при зенкерование се постига точност 12-11 клас и грапавост на отвора $Ra = 5 - 2,5\mu m$. То се осъществява чрез съчетаване на въртеливото главно и праволинейното подавателно движения, извършвани от режещия инструмент - зенкера. За разлика от свредлото той има повече режещи ръбове (обикновено 3 - 4 респективно направляващи лентички, поради което притежава по-голяма стабилност при работа. Зенкерът няма напречен режещ ръб. Това спомага за намаляване на разбиването на отвора и изкривяването на оста му. Прибавката за зенкерование е обикновено $0,5 \div 2mm$.



Фиг.6.10. Елементи на режима на рязане при зенкерование

Елементи на режима на рязане

При зенкерование елементите на режима на рязане се определят аналогично на тези при разсвредловане. Когато е необходимо да се знае и подаването на зъб f_z , се използва зависимостта

----- www.eufunds.bg -----

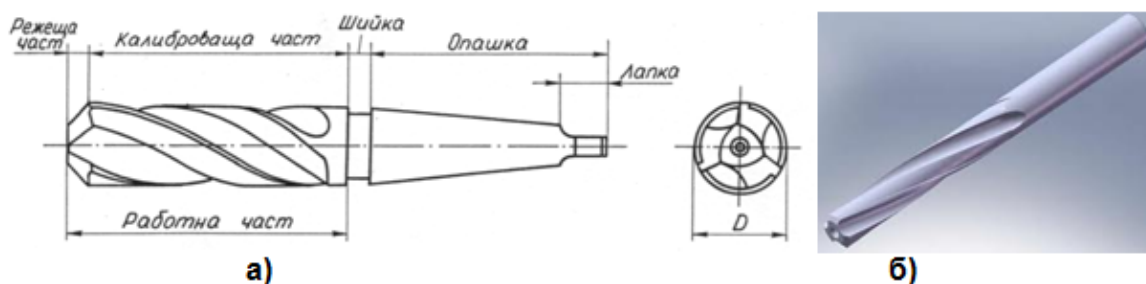


$$f_z = \frac{f}{Z} \text{ mm/зъб,}$$

където z е броят на зъбите на зенкера. Дълбочината на рязане ар при зенкерование е по-малка от тази при разсвердловане и варира в граници от 0,25 до 2 mm според конкретните условия.

Инструменти за зенкерование

Според предназначението си зенкерите се разделят на цилиндрични, челноцилиндрични, конусни и челни. Изработват се цели, съставни и сглобяеми. Според начина на установяване към машината зенкерите биват опашкови и дорникови. На фиг.6.11 е показан цилиндричен опашков зенкер, а на фиг.6.12 - цилиндричен дорников.

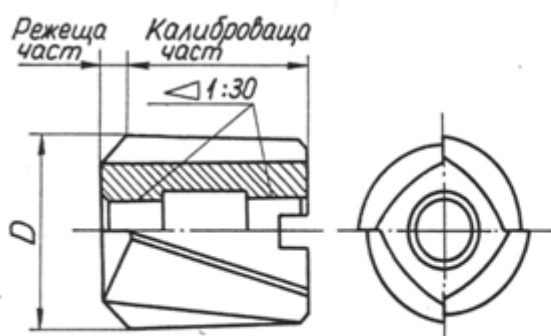


**Фиг.6.11. Цилиндричен опашков зенкер:
а) с конусна опашка; б) с цилиндрична опашка**

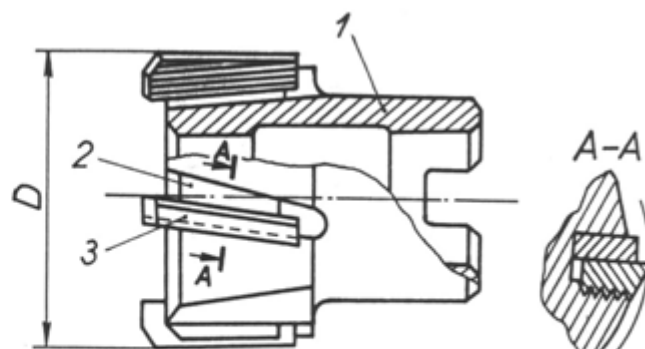
В работната си част зенкерите имат три или четири зъба. Това осигурява по-добро направляване на инструмента в отвора и по-благоприятни условия за изрязване на прибавката в сравнение със свердловането.

При съставните зенкери с твърдосплавна режеща част тялото е от конструкционна стомана и към него са споени пластини.

На фиг.6.13 е показан сглобяем дорников зенкер. В канали, изработени в тялото 1 на зенкера, с помощта на клинове 2 са закрепени зъби 3. Диаметралният размер на сглобяемите зенкери може да се регулира.



Фиг.6.12. Цилиндричен дорников зенкер

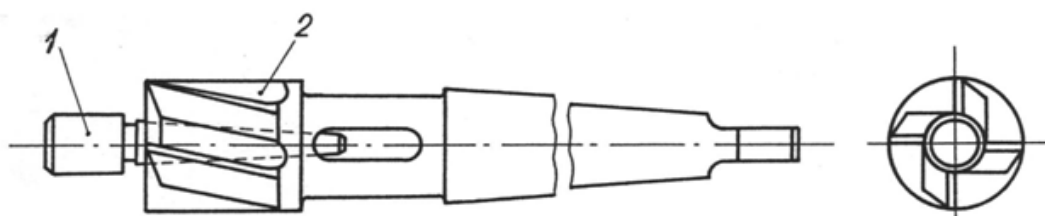


Фиг.6.13. Цилиндричен сглобяем дорников зенкер (1-тяло; 2- клин; 3- зъб)

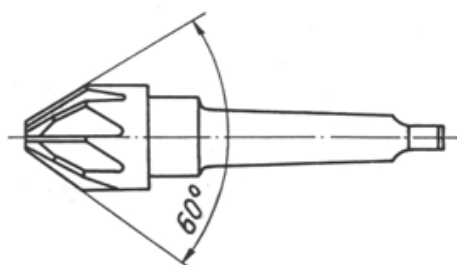
С челно-цилиндрични зенкери (фиг.6.14) се обработват стъпаловидни отвори. Направляващата шийка 1, установена към тялото 2 на зенкера, осигурява съосност между предварително пробития в заготовката отвор и разширяваната част.

Конусните зенкери (фиг.6.15), известни още като зенковки, се използват за изработване на конусната повърхнина на фаски, центрови гнезда и др. Ъгълът на конуса на режещата част най-често има стойности 60° , 75° , 90° и 120° .

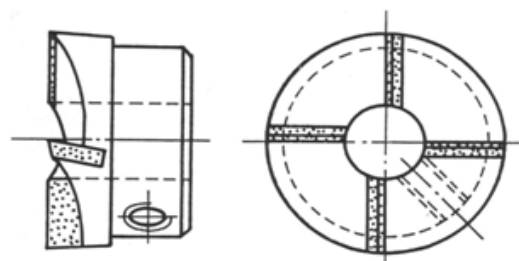
Челните зенкери (фиг.6.16), наричани също цековки, са предназначени за обработка на челни повърхнини към отвори.



Фиг.6.14. Челно-цилиндричен зенкер:
1- направляваща шийка; 2- тяло



Фиг.6.15. Конусен зенкер

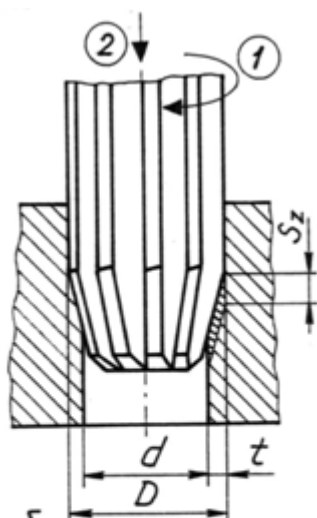


Фиг.6.16. Челен зенкер с твърдосплавни режещи пластини



5.4 Райбероване-елементи на режима на рязане при райбероване и инструменти за райбероване

Технологични особености при райбероване



Фиг.6.17. Елементи на режима на рязане при райбероване

Райбероването (фиг.6.17) представлява окончателна операция при обработването на отвори, получени предварително чрез свредловане, зенкерование или разстъргване. Райбероването се осъществява с режещ инструмент – райбер, извършващ въртеливото главно (1) и праволинейно подавателно движение (2) по оста му. Главното движение се изпълнява от инструмента, а подавателното, в зависимост от избраната схема за обработване, може да се извършва от инструмента или заготовката..

Райберът притежава голям брой режещи ръбове, респективно направляващи лентички (>6), дълга калибровача част с ъгъл = 0°. Това дава възможност чрез райбероване да се получават отвори с точност 11-7 клас и грапавост $Ra = 1,25-0,63\mu m$.

Прибавката за райбероване не превишава $0,2 \pm 0,25$ mm, поради което процесът може да се осъществява машинно и ръчно.

Елементи на режима на рязане

При райбероване елементите на режима на рязане се определят аналогично на тези при разсвредловане.

Дълбочината на рязане ар при райбероване е много малка в сравнение с другите методи за обработване с размерни инструменти – от 0,02 до 0,2 mm.

Инструменти за райбероване

Райберите се класифицират по признаци, аналогични на тези при зенкерите. Освен това според начина на задвижване райберите биват машинни и ръчни.

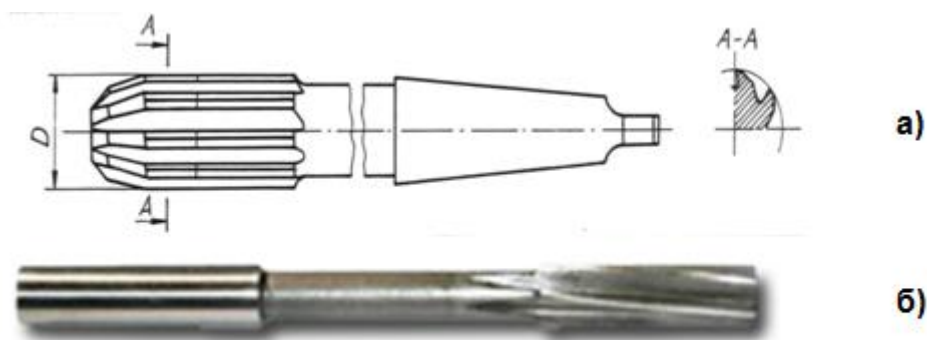
Тъй като при райбероване се работи с малки дълбочини на рязане, натоварването на зъбите на райбера е малко и количеството отделени стружки е незначително. Това

----- www.eufunds.bg -----



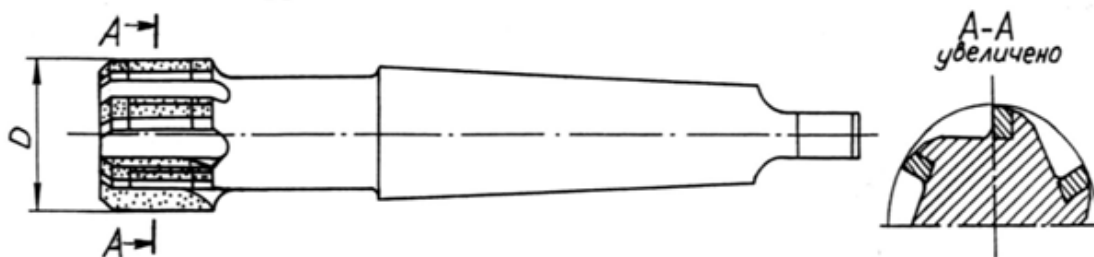
позволява броят на зъбите да бъде голям ($z \geq 6$), а стружковите канали - прави. В специални случаи се използват райбери с винтови зъби и канали, наклонът на които е обратен на посоката на въртене на инструмента.

На фиг.6.18 е показан цилиндричен **машинен** опашков райбер. Машинните райбери имат конусна опашка с лапка (фиг.6.18 а) или цилиндрична опашка (фиг.6.18 б) при по-малки диаметри. Ръчните райбери имат цилиндрична опашка с квадрат за предаване на въртеливо движение на инструмента с върток.



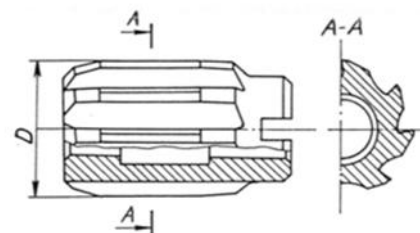
Фиг.6.18. Цилиндричен машинен опашков райбер:
а) с конусна опашка; б) с цилиндрична опашка

Твърдосплавните райбери за малки диаметри са цели, а за по-големи диаметри имат съставна конструкция (фиг.8.16). Приложение намират и сглобяеми райбери, при които е възможно регулиране на диаметралния размер.



Фиг.6.19. Цилиндричен райбер с твърдосплавни режещи пластини

За райберование на отвори с големи диаметри са подходящи дорниковите райбери - цели от бързорежеща стомана (фиг.6.20) или съставни.



Фиг.6.20. Цилиндричен дорников райбер



Конусните райбери са предназначени за оформяне на отвори с малък ъгъл на конусност – стандартни морзови и метрични конуси, гнезда за конусни щифтове и други. Тук предварителният отвор може да бъде цилиндричен или конусен.

Конусни райбери са показани на фиг.6.21.



Фиг.6.21. Конусни райбери

Райберите, предназначени за ръчно обработване се различават от машинните по начина на оформяне на опашката – фиг.6.22.



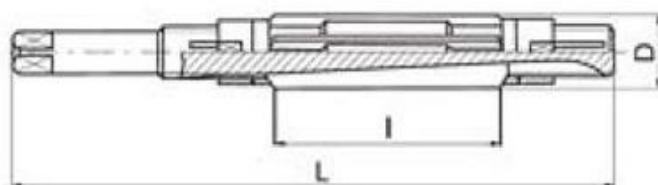
Фиг.6.22. Ръчни цилиндрични опашкови райбери

Райберите са точни и скъпи инструменти. Изработват се за определен размер, т.е. могат да се използват само за една обработвана повърхнина. За да се постигне обработка на размери в определен диапазон в практиката се използват т.нар. раздвижни райбери (фиг.6.23). Конструкцията им се състои от точно изработени ножчета, монтирани върху конусна част на цилиндричен дорник. В двата край има подвижна гайка, служеща за фиксиране на положението на ножчетата на определен външен диаметър, отговарящ на размера на обработване. Колкото по-голям е диаметъра на раздвижния райбер, толкова по-голям е диапазона на регулиране на обработваните размери

Раздвижните райбери се използват само за ръчно обработване, поради по-малките възникващи сили на рязане.



а)



б)

Фиг.6.23. Раздвижен райбер:
а) общ; б) принципно устройство

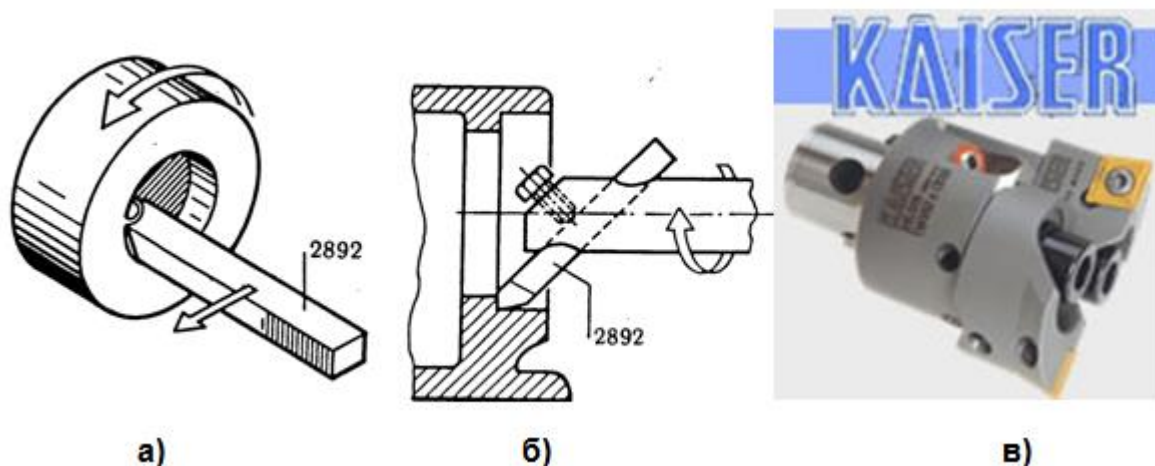
5.5 Разстъргване на отвори. Режещи инструменти. Технологични особености на процеса

Разстъргването е процес за изработване на отвори с високи изисквания за точност (над 9 степен) по всичките ѝ направления и височина на грапавините $Ra < 2,5 \mu m$. Икономически изгодно достижимите показатели на точността са до 6 степен и на височината на грапавините - $Ra = 0,4 - 0,6 \mu m$.

Принципната технологична схема на разстъргването е показана на фиг. 6.34. Режещият инструмент се нарича борщанга и почти винаги е сглобяем, като се състои от режещ елемент, който много прилича на стругарски нож и дорник, който е свързан с вретеното на машината. В зависимост от конкретната машина въртеливото и подавателното движение могат да се извършват, или само от инструмента, или може да бъде разделено между тях. Като правило в инструмента и/или машината е предвиден механизъм за радиално преместване на режещата част с висока точност (в границите на $0,01 - 0,001 mm$), с което се създават възможности за достигане на необходимите показатели на точността на обработването. Режещата част може да е монолитна



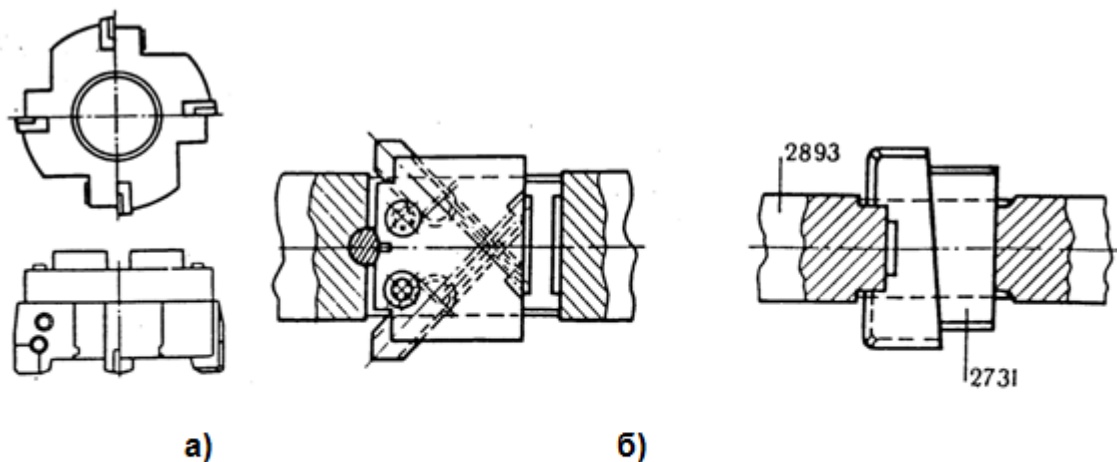
(изработена от бързорежеща стомана), или със запоена твърдосплавна пластина (фиг.5.37 а), или сглобяема (фиг.5.34 б), с механично закрепена твърдосплавна пластина (фиг.5.37 в).



Фиг. 5.37. Инструменти за разстъргване:

а) монолитен разстъргващ нож; б) разстъргващ нож с борщанга; в) сглобяем с механично закрепени режещи пластини

Много често при обработването на детайли, с невисоки изисквания за точност на взаимното разположение на отвора спрямо основната база на детайла (например отвора в статора на електродвигател), за обработването се ползват борщанги с два и повече режещи елемента (фиг. 5.38). В случая двата режещи елемента са неподвижно свързани един с друг. Този комплект може да се премества радиално спрямо тялото на инструмента, с което се постига уравновесяване на радиалните съставни на силите на рязане на двата режещи ръба, което води до повишаване точността на обработване.

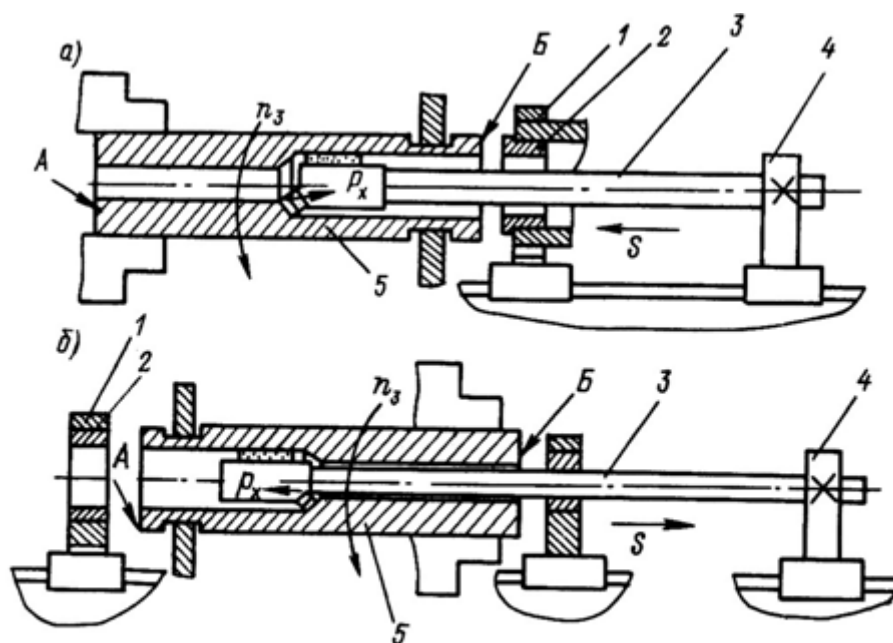


Фиг. 6.38. Инструменти за разстъргване:

а) разстъргваща глава с четири механично закрепени твърдосплавни пластини; б) борщанга с два срещуположно разположени ножа

Освен по конструкцията на използвания инструмент за разстъргване методът може да се класифицира по вида на възникващите съпротивления:

- разстъргване на натиск (фиг. 6.39 а);
- разстъргване на опън (фиг. 6.39 б).



Фиг. 6.39. Схеми за разстъргване:

а) разстъргване на натиск; б) разстъргване на опън



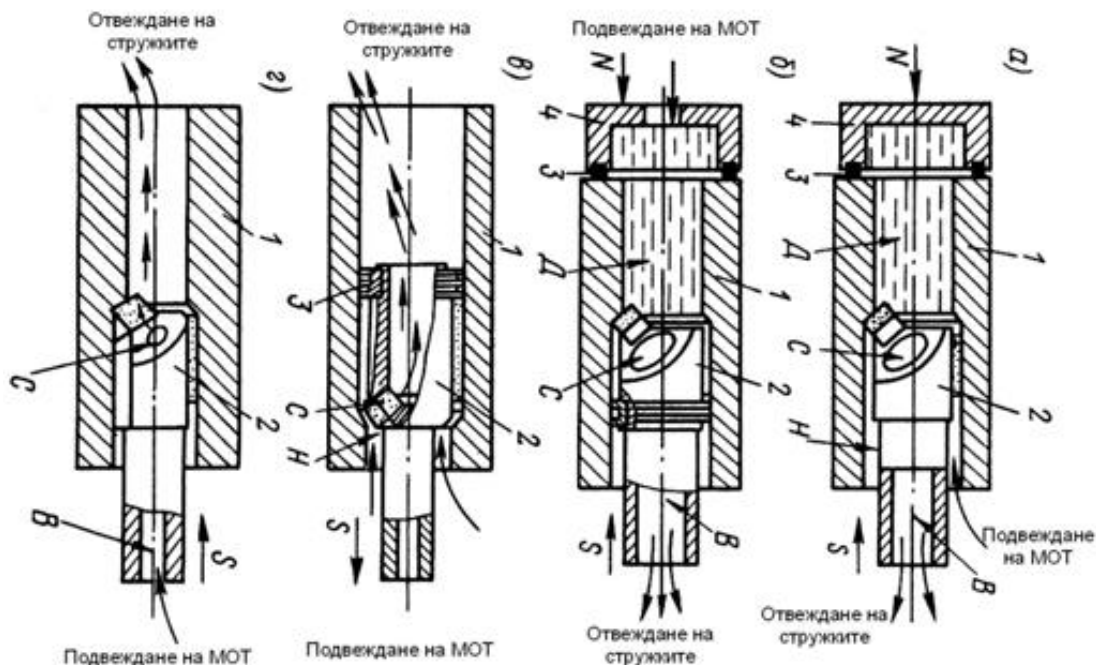
За координация и направление на инструмента в началото на обработването, обикновено се използва кондукторна втулка 2 със специална конструкция, която се установява в стойката 1.

И в двете схеми разстъргващата глава се базира в кондукторната втулка чрез своите си направляващи елементи.

При разстъргване на опън (фиг. 6.39 б) външният диаметър на стеблото на инструмента се избира по диаметъра на предварителния отвор, а не по диаметъра на разстъргвания отвор, както е при разстъргване на натиск. Следователно, стеблото при разстъргване на опън има по-ниска стабилност, отколкото при разстъргване на натиск. Независимо от това, крайните резултати по отношение на точността на разположение на осите при грубо разстъргване на опън са по-добри отколкото при разстъргване на натиск, тъй като при тази схема стеблото работи при по-благоприятни условия и като следствие на това, грешките към края на разстъргването намаляват, но по-трудно се реализира.

В зависимост от отвеждането на стружките се различават три начина:

- с вътрешно отвеждане на стружките (фиг.5.40. а, б);
- с външно отвеждане на стружките в направление на подаване на инструмента (фиг.6.40. г);
- с външно или комбинирано отвеждане на стружки в направление, противоположно на подаването на инструмента (фиг.5.40. в).



Фиг.5.40. Разстъргване в зависимост от начина на отвеждане на стружките

На фиг.5.40.в стружките се отвеждат в направление, противоположно на подаването на инструмента и следователно контактуват с повърхността на обработения отвор, което естествено се явява недостатък.

При разстъргване с външно отвеждане на стружките, за отвеждане често се използва отвора в заготовката, получен от предишните операции (фиг.5.40..). Това позволява да се отстранят редица недостатъци на вътрешното отвеждане на стружките.

В случая, показан на фиг. 5.40.г, стружките се отвеждат в направление на подаване на инструмента (напред), не попадат под направляващите елементи и затова не може да се повреди обработената повърхност. Това предимство обуславя широкото приложение на схемата.



5.6 Машини за обработване на отвори

Прието е тези машини да се наричат пробивни. От гледна точка на устройството и областта на приложение могат да се класифицират в няколко основни групи.

Колонни пробивни машини

Машините от тази група се ползват практически във всички типове машиностроително производство. В серийно и масово производство обикновено се ползват за обработване на малък брой отвори, с невисоки изисквания за точност на взаимното разположение и при ползване на приспособления с направляващи втулки. В дребносериенно и единично производство координатите на отворите се постига чрез разчертаване.

Основен технически показател на всички пробивни машини е условния диаметър на пробиване, т.е. максималния диаметър на пробиване на отвор в плътна заготовка от конструкционна стомана.

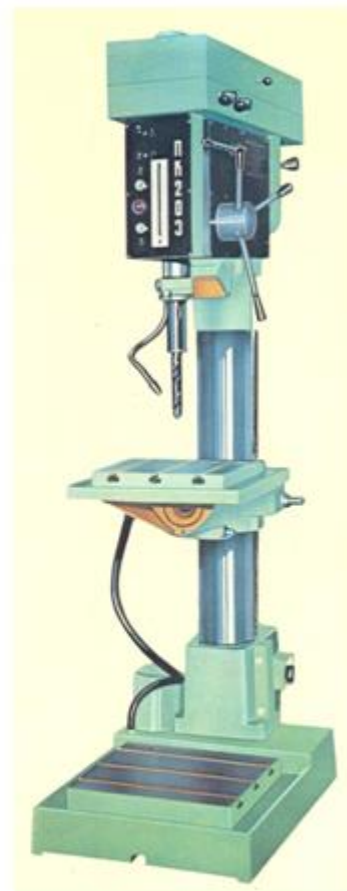
В зависимост от габаритите и мощността на двигателя си машините (фиг. 6.41) имат две основни модификации:

- **Настолни пробивни машини** (фиг. 6.41 а). При тях условния диаметър на пробиване е под 15 mm. Броят на оборотните степени е сравнително малък (3 - 5) и най-често отсъства подавателен превод, т.е. подаването е ръчно. Общото устройство на машините е следното: към масата на машината 1 е закрепена колона, която най-често е кръгла и в горния ѝ край е закрепен главния превод 3, като в същия корпус е монтирано и вретеното 4. Част от тези машини имат конструктивна възможност за установъчно вертикално преместване на главния превод в зависимост от височината на заготовката.

- **Колонни пробивни машини** (фиг. 6.41 б). При тях условния диаметър на пробиване достига до 32 mm. Броят на оборотните степени най-често е в границите на 6 - 12 и имат 4 - 12 степенен подавателен превод. В сравнение с настолните машини те имат допълнителна маса, която установъчно може да се премества по колоната в зависимост от височината на заготовката и служи за обработване на детайли с по-малки размери.



а)



б)

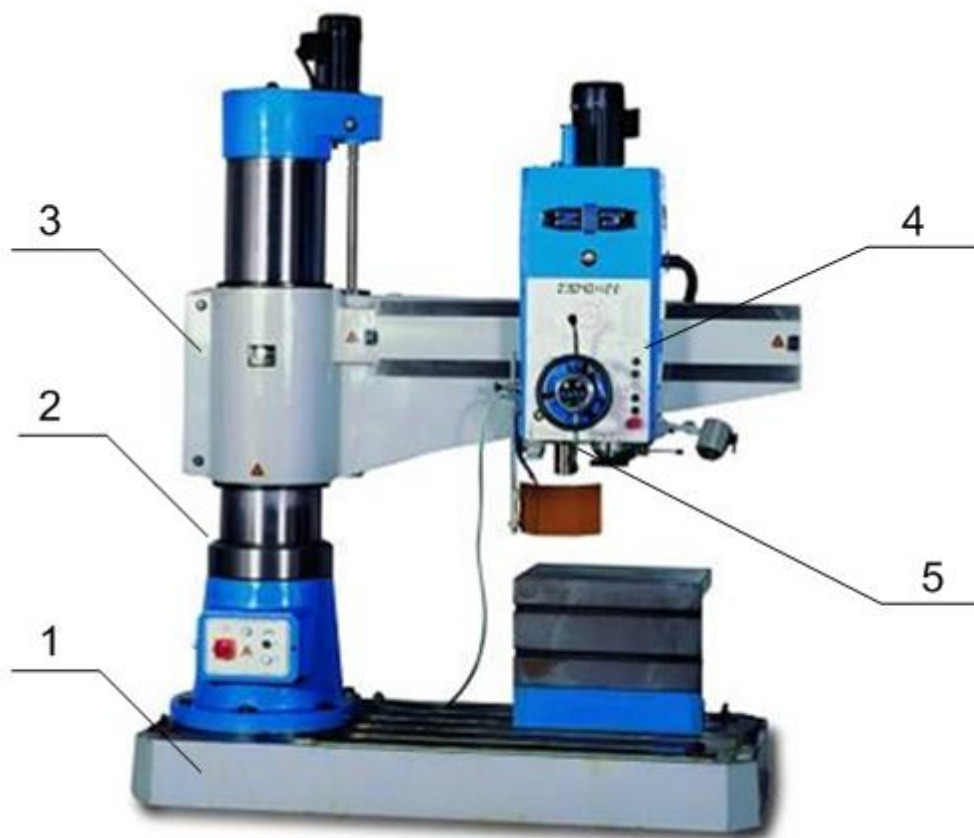
Фиг. 6.41. Колонни пробивни машини:
а) настолни; б) колонни

Радиално-пробивни машини

Машините от тази група се ползват във всички типове машиностроително производство основно за обработване (пробиване, занкерване, райбероване и обработване на вътрешни резби чрез метчици) на неограничен брой отвори в рамките на една операция, независимо от различията в диаметрите им и изискванията за точност. В единично и дребносериенно производство отворите се пробиват по разчертаване, а в останалите се ползват приспособления с направляващи втулки. Условният диаметър на пробиване за машините от тази група е в границите 25-50mm. Максималните габаритни размери на обработваните заготовки са в границите куб със страна от 800 до 4000mm.



Схематично външния вид на радиално пробивна машина е показан на фиг. 6.42. Към основата на машината 1 е свързана колона 2, която може да се завърта установъчно около оста си. По колоната също установъчно може да се движи вертикално траверсата 3. По хоризонтални направляващи на траверсата установъчно се придвижва пробивния супорт 4, в чиито корпус са разположени главният и подавателен превод и вретеното на машината 5, което извършва двете работни движения. Обикновено тези машини имат голям брой честоти на въртене на вретеното (12 и повече) и голям брой стойности на подаването (над 10).



Фиг. 6.42. Радиално-пробивни машини:
1 - основа на машината; 2 – колона; 3 - вертикална траверса; 4 - пробивен супорт; 5 - вретено на машината

5.3. Координатно пробивни машини

Машините от тази група се ползват основно за обработване на отвори, към които се предявяват високи изисквания за точност на взаимното разположение, като се ползват



всички разгледани методи. Следва да се отбележи, че точността на позициониране на вретеното спрямо заготовката е в границите на 0,005 - 0,001mm, което се постига чрез вграждането в машината на съответни измервателни устройства (оптически или електронни).

Схематично външният вид на координатно пробивна машина е показан на фиг. 6.43. Върху тялото на машината 1 е монтирана координатна маса 2, която може да се движи по две координатни оси X и Y. Пробивният супорт 4 може да се придвижва установъчно по направляващите на колоната 3. Съответните преводи са аналогични на преводите на радиално пробивната машина. Основната разлика е във високата точност на изработването на вретения възел.



**Фиг. 6.43. Координатно-пробивна машина:
1- тяло на машината; 2 - координатна маса; 3 – вертикална колона;
4 – пробивен супорт**

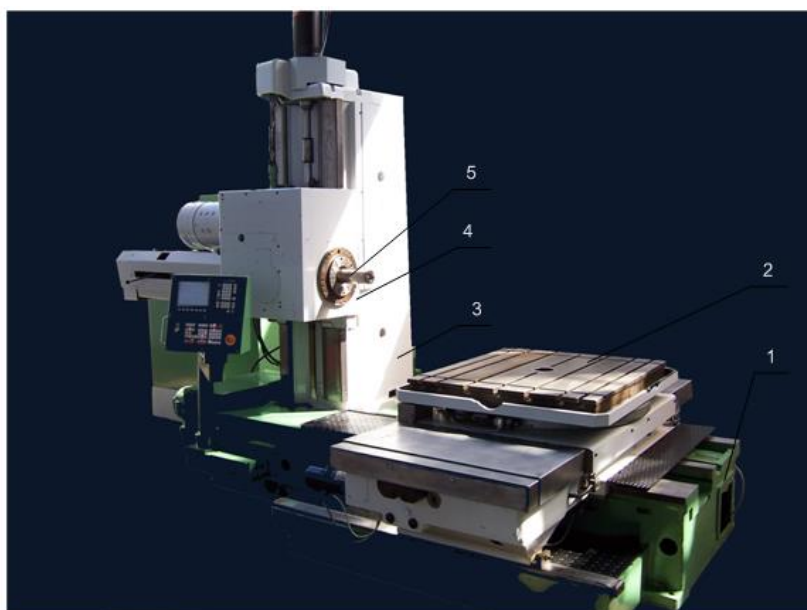
Пробивно-разстъргващи машини

Машините от тази група се ползват във всички типове машиностроително производство основно за обработване на отвори с високи изисквания за точност по всички



показатели в призматично-корпусни детайли (например отворите, по които се лагеруват валовете от главния превод на струг). Най-често обработването се извършва чрез разстъргване. Както и при координатнопробивните машини точността на преместванията се извършват с висока точност.

Пробивно-разстъргваща машина (борверг) е показан на фиг. 6.44. Върху тялото на машината 1 е монтирана координатна маса 2, която може да се премества по две координатни оси X и Y с висока точност. В някои конструкции машини координатната маса може да се завърта около вертикална ос на предварително избран ъгъл, което позволява обработването на отвори под произволен ъгъл един спрямо друг. В предния край на тялото е монтирана колона 3, по чиито вертикални направляващи може да се премества работния супорт 4. Въртеливото движение може да се извършва или от вретеното 5 или от планшайбата, по чиито радиални направляващи може да се придвижва инструментодържач. Това позволява разстъргване на канали в обработвания отвор. Подавателното движение може да се извършва или от вретеното, както е при разгледаните до сега машини, или от масата на машината. В задния край на машината може да има монтирана втора колона, по чиито вертикални направляващи съосно с вретеното се движи лагер, който се ползва като допълнителна опора на борщангата при разстъргването на голямогабаритни детайли.



Фиг. 6.44. Пробивно-разстъргваща машина:
1- тяло на машината; 2 - координатна маса; 3 – вертикална колона;
4 –супорт; 5 - вретено



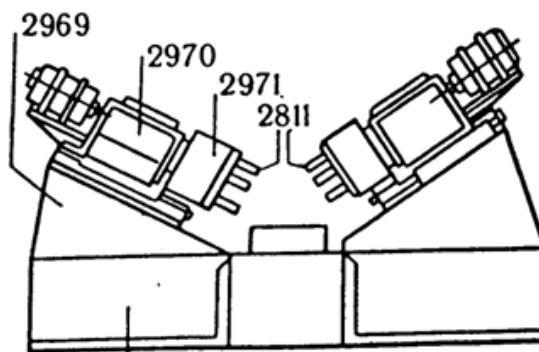
Фиг.6.45.
Пробивно-разстъргваща
машина

Пробивно-разстъргваща машина за големи отвори.

Върху пробивно-разстъргващи машини освен отвори могат да се обработват и равнинни повърхнини чрез фрезозане (фиг.6.45), което позволява пълното обработване на призматично-корпусни детайли в рамките на една операция. С това се гарантира високата точност на обработения корпусен детайл.

5.5. Агрегатни машини

Машините от тази група се ползват основно в едросерийно и масово производство. Характерното за тях е, че са с много тясна специализация и се разработват за конкретен детайл, в зависимост от разположението на отворите в него. Най-често всички отвори се обработват едновременно. Това гарантира високата производителност на машините от тази група. Режещите инструменти като правило са размерни и позволяват пробиване, зенкерование и райберование на отвори, както обработването на резби чрез метчици.



Фиг. 6.46. Пример за агрегатиране на
пробивна машина



При това за разработването на машините от тази група се ползват възли, които са разработени и изпитани самостоятелно и за конкретния детайл се разработват само



Фиг.6.47. Многоинструментална пробивна машина

установъчното приспособление и съответната многовретенна глава. На фиг. 6.46 схематично са показани някои основни възли, чрез които се компоноват агрегатни машини, както и една примерна машина, получена чрез съчетание на стандартни елементи. Броят на позициите в рамките на една машина варира от 1 до над 20, като транспортната система също е нормализирана.

Един от възможните варианти за агрегиране е използването на многоинструментални глави, при което е възможно изпълнение на няколко операции на една установка (фиг.6.47).

С развитието на електронната техника и цифрово-програмното управление агрегирането се използва все по-широко като в практиката се срещат машини с ЦПУ, върху които могат да се съвместяват различни технологични процеси – струговане, пробиване и фрезование.



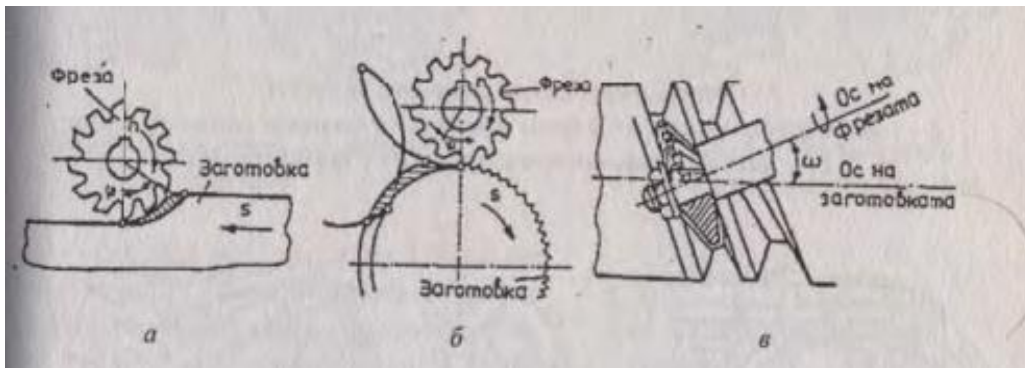
Раздел 6

Фрезови машини – технологични възможности и инструменти

6.1. Кинематични схеми на обработване

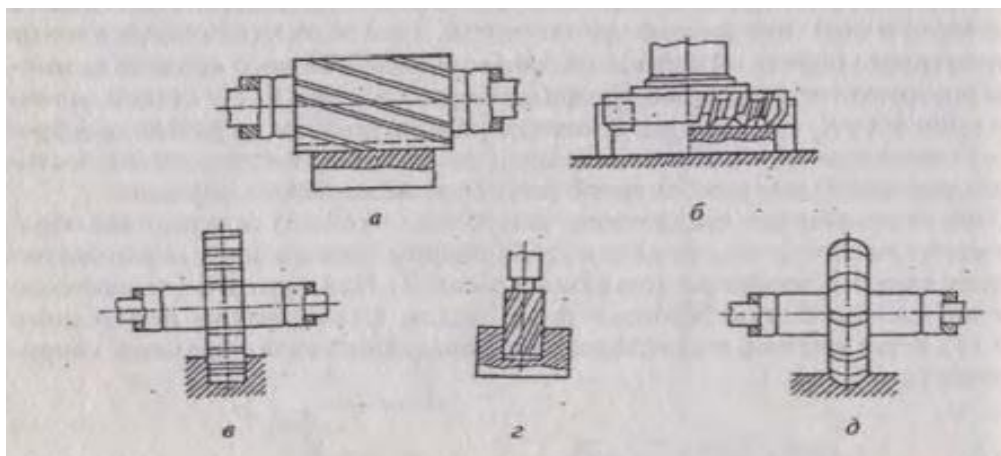
Фрезването е един от основните методи за обработване на металите в машиностроенето. По производителност фрезването надминава струговането и стъргането и отстъпва само на протеглянето. Това се дължи преди всичко на едновременната работа на множество режещи зъби, тъй като фрезите са многозъби инструменти. Нормално при фрезование се постига 9...11 степен на точност и грапавост $R_a = 5...2,5 \mu\text{m}$. Кинематиката на процеса на рязане (фиг.6.1) при фрезование се характеризира с въртливо главно движение на инструмента и постъпателно, въртливо или комбинирано (винтово) подавателно движение. Главното движение обикновено се характеризира с най-голяма скорост и обуславя процеса на рязане. Подавателното движение може да бъде праволинейно, кръгово или едновременно да съчетава и двете движения. Извършва се от обработвания детайл. Чрез него се осигурява непрекъснат процес на рязане. Кръговото подаване се осъществява чрез специални приспособления, делителен апарат или кръгла делителна маса. Необходимо е детайлът да извършва и спомагателно установъчно движение, което осигурява преместването му преди всеки проход.

Съчетаването на посочените движения дава възможност фрезването да се използва като универсален и лесноприложим метод за обработване на равнинни повърхнини, канали, отвори, зъбни колела, профилни и други сложни повърхнини (фиг.6.2).



Фиг. 6.1. Кинематични схеми на фрезование

При постъпателно подавателно движение (фиг. 6.1а) се извършва обработването на различни повърхнини и комбинации от повърхнини: равнинни повърхнини, канали и профилни повърхнини (фиг. 6.2). При въртеливо подавателно движение се обработват външни и вътрешни цилиндрични повърхнини (фиг.6.1б), а при винтово подавателно движение - винтови повърхнини, например, резби (фиг.6.1в).



Фиг. 6.2. Фрезование с надлъжно подаване

а – с цилиндрична фреза; б – с челна фреза; в – с прорезна (канална) фреза; г – с цилиндрична опашкова фреза; д – с профилна фреза

В зависимост от характера на обработката чрез фрезование може да се постигне различно качество на обработената повърхнина.

6.2. Режещи инструменти – видове, параметри

www.eufunds.bg

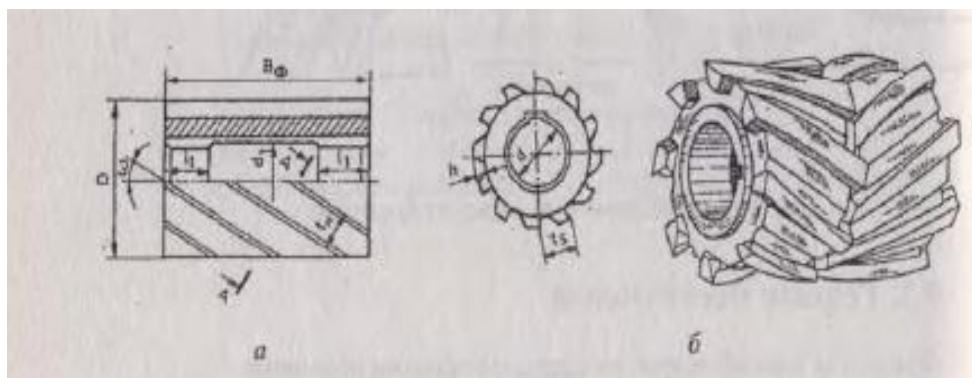
Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Фрезването е един от основните методи за обработване на металите. При него рязането се извършва посредством инструмент, наречен фреза.

Въпреки голямото им разнообразие фрезите могат да се класифицират по следните основни признаци:

- според формата на работната повърхнина са: цилиндрични, челни, челно-цилиндрични, дискови, конусни, профилни, червячни;
- според начина на установяване към машината са: дорникови и опашкови;
- според формата на зъбите са: острозаточени и затиловани (с кръгови задни повърхнини, с винтови задни повърхнини).



Фиг. 6.3. Цилиндрична фреза

Цилиндричните фрези (фиг.6.3а) се използват за обработване на равнинни повърхнини на хоризонтално-фрезови машини. Те са с прави или винтови зъби. По-голямо разпространение са получили цилиндричните фрези с винтови зъби, тъй като работят по-плавно. Фрезите с прави зъби се използват за обработване на тесни повърхнини.

При работа с цилиндрични фрези с винтови зъби възникват осови сили, които при наклон на зъбите $\omega = 30^\circ \dots 45^\circ$ имат значителни стойности. За уравновесяване на тези сили се използват сдвоени цилиндрични фрези (фиг.6.3б), винтовите зъби на които имат еднакви наклони, но различно направление.

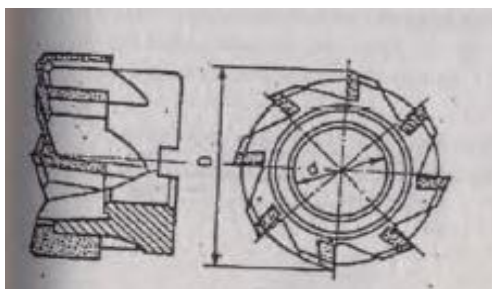


Цилиндричните фрези се изработват монолитни от бързорежеща стомана съставни със запоени твърдосплавни пластини сглобяеми със зъби от и бързорежеща стомана или твърда сплав.

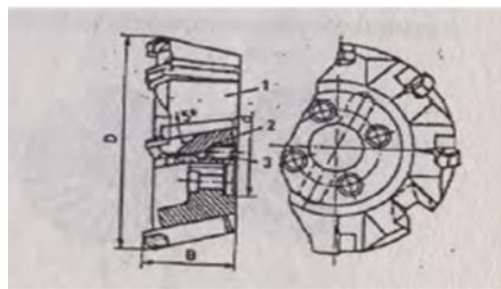
Челните фрези се използват за обработване на равнинни повърхнини върху всички видове фрезови машини. В тези фрези профилиращи са вертикалните режещи ръбове на зъбите, а челните са само спомагателни.

Челните фрези са по-масивни и по-стабилни от цилиндричните, а процесът на рязане с тях е по-плавен. Челното фрезование осигурява по-голяма производителност от цилиндричното, затова е по-разпространено.

Челните фрези се изработват предимно съставни и сглобяеми. Материалът на режещата част е бързорежеща стомана, металокерамика или минералокерамика. На фиг. 6.4 е показана челна фреза със запоени твърдосплавни пластини 1, а на фиг. 6.5 с механично закрепени ножове. Ножовете 2 се закрепват към тялото 1 с винтовете 3.

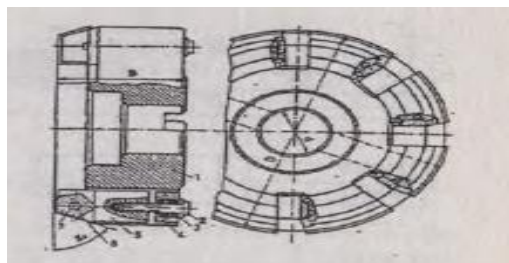


Фиг. 6.4. Челна фреза със запоени пластини

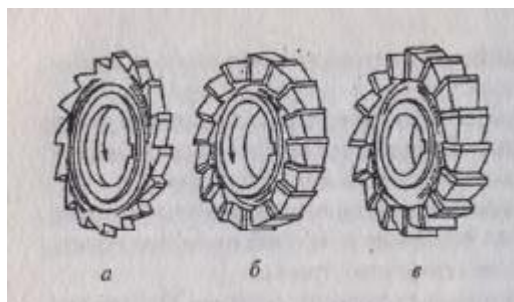


Фиг. 6.5. Челна фреза с механично закрепени ножове

Широко разпространение имат челните фрези с механично закрепени сменяеми пластини с различна форма - квадратна, петстенна и кръгла. Пластините 6 (фиг. 6.6) се закрепват към ножовете 5 с щифтовете 7. Ножовете от своя страна се закрепват към тялото с винтовете 2 през пръстена 3. Пружината 4 служи за удобство при сглобяване.

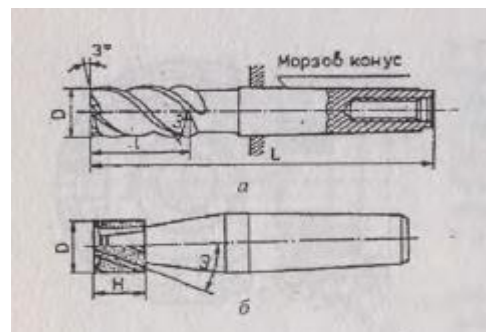


6.6. Челна фреза с механично закрепени пластини

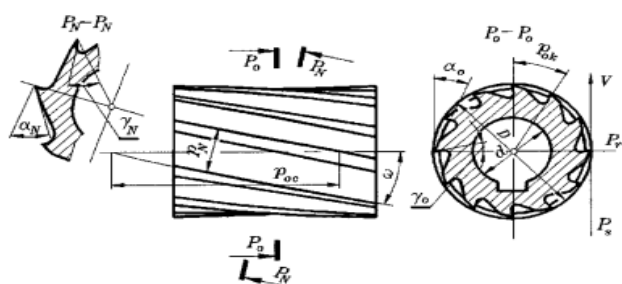


6.7. Дискови фрези

Цилиндричните опашкови фрези се изработват от бързорежеща стомана (фиг. 6.8а) или твърди сплави (фиг.6.8б).



6.8. Цилиндрични опашкови фрези



Геометричните параметри на цилиндрична фреза са дадени на фиг.6.9.

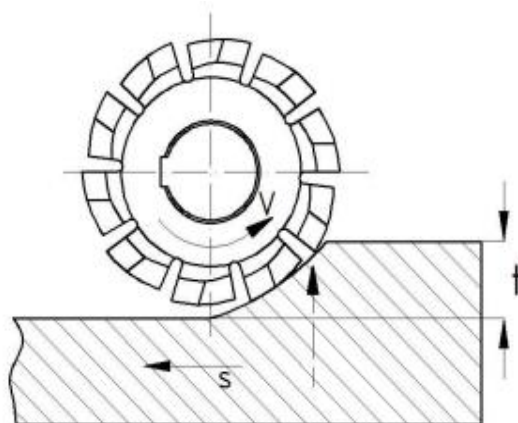
Фиг.6.9. Геометрични параметри на цилиндрична фреза.

Основни елементи от геометрията на режещата част на фрезите са нейните ъгли. Те и особено предния ъгъл γ оказват голямо влияние на процеса на рязането и на трайността на инструмента. С увеличаване на предния ъгъл се намалява деформацията на стружката, изразходваната енергия и отделяната топлина, но същевременно се намалява и устойчивостта на зъба. Задният ъгъл α влияе на големината на триенето, а следователно и на трайността на инструмента.



6.3. Режими на рязане

Кинематиката на процеса на рязане при фрезозане се характеризира с въртливо главно движение на инструмента и постъпателно, въртливо или комбинирано (винтово) подавателно движение на заготовката (фиг.6.10).



Фиг.6.10. Режимни параметри при фрезозане

Процесът на рязане при фрезозане се определя от следните основни технологични елементи на режима на рязане:

- Дълбочина на рязане – t , mm;
- Подаване на зъб – sz , mm/зъб, (подаване за оборот s , mm/tr, минутно подаване sm , mm/min);
- Скорост на рязане – V , m/min;
- Широчина на фрезозане – B , mm.

Дълбочината на рязане t се избира в зависимост от прибавката, мощността и стабилността на фрезозаната машина, вида на фрезата и начина на закрепване на заготовката. При грубо обработване е желателно оставената прибавка да се сменя на един ход. Дълбочината на рязане при чисто фрезозане обикновено е 0,5 - 2 mm.

Фрезозането се извършва с многозъб инструмент, затова се дефинират няколко подавания:



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Подаването на зъб sz (mm на зъб), е преместването на заготовката за времето на завъртане на фрезата на централния ъгъл ϕ ($\phi = 360^\circ/z$, където z е броят на зъбите на фрезата) и се явява основна характеристика на процеса на рязане;

Подаването за оборот s (mm/об), е преместването на заготовката за едно завъртане на инструмента и отчита влиянието на броя на зъбите му ($s = sz.z$, mm/об);

Минутното подаване sm (mm/min) е преместването на заготовката за една минута и се пресмята с израза: $sm = s.n = sz.z.n$, (mm/min), където n е честотата на въртене на фрезата [min^{-1}], а z е броят на зъбите на фрезата.

Скоростта на рязане се избира в зависимост от материала на фрезата и обработвания детайл. Според нея се пресмята необходимата честота на въртене на вретеното по формулата:

$$n = (v \cdot 1000) / \pi \cdot d_{\text{фр}}$$

Тази честота е теоретична, обикновено машината се настройва на най-близката по-ниска честота, дадена в таблицата на машината.

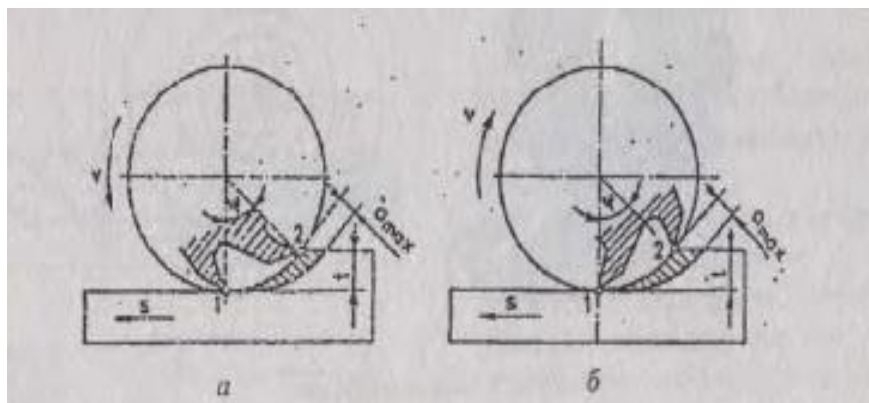
Широчината на фрезване B (mm) е равна на широчината на обработваната повърхнина, която е по – малка или най – много равна на ширината на фрезовия инструмент. Измерва се в посока, перпендикулярно на подавателното движение и дълбочината на рязане. Когато се обработват няколко заготовки, закрепени успоредно в приспособление, широчината на фрезване е равна на широчината на всичките заготовки.

Целесъобразният режим на рязане се определя, както при струговането, в последователност: избиране на дълбочината на рязане, определяне на подаването и определяне скоростта на рязане.

Процесът на фрезване може да се извършва по две схеми: с насрещно и едноръчно подаване.

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



Фиг. 6.11. Насрещно (а) и еднопосочно (б) фрезование

При фрезование с насрещно подаване (фиг.6.11а) посоката на подаването е обратна на посоката на въртене на инструмента в зоната на рязане. При еднопосочно фрезование (фиг.6.11б) посоката на подаването в зоната на рязане съвпада с посоката на въртене на инструмента (фиг.6.11б). При насрещно фрезование дълбочината на рязане се изменя от нула до максималната стойност (от т.1 до т.2 на фиг.6.11а). При фрезование с еднопосочно подаване зъбът на фрезата започва да работи с максималната дълбочина на рязане и следователно с максимално натоварване (от т.2 до т.1 на фиг.6.11б).

По-широко се използва насрещното фрезование. Еднопосочното фрезование се препоръчва за чисто обработване и при работа върху машини с малка хлабина в съединението ”ходов винт-гайка”.

6.4. Предназначение и видове фрезови машини

Фрезването намира широко приложение в металообработващата промишленост, тъй като с него не само могат да се обработват различни видове метали с голяма точност, но и фрезовите машини имат много висока производителност.

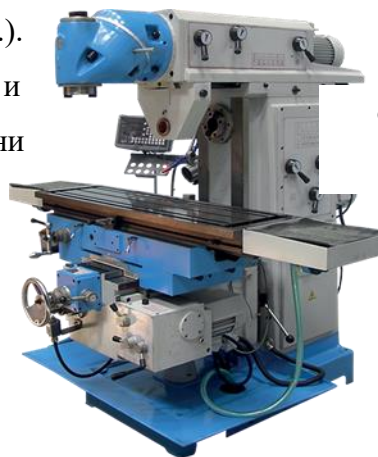
В зависимост от конструкцията си фрезовите машини могат условно да бъдат разделени на вертикални и хоризонтални и на машини с универсално и специално предназначение.



За да стане малко по-ясно за какво и къде се използва фрезването, ще разгледаме съвсем накратко основните видове фрези и какви детайли се обработват с тях.

Конзолни фрезови машини (фиг. 6.12.).

Предназначени за обработка на външни и вътрешни фасонни повърхнини, наричване на зъбни колела и резба, прорязване на прави и винтови канали.



Фиг. 6.12. Конзолна фрезова машина

Безконзолни фрезови машини (фиг. 6.13). Създадени са да извършват обработка на



Фиг. 6.13. Безконзолна фрезова машина

детайли с големи габарити. Този вид фрезови машини работят с челни фрези. Предимството при тях е, че имат висока стабилност на своята основа, колона и маса. Оборудвани са със маховик на вретеното, чиято функция е да намалява ударните натоварвания и липса на равномерност на въртене на вретеното. Подходящи са за операции като фрезване, наричване на резба, разстъргване, пробиване, зенкерване, райберване.

Каруселни фрезови машини (фиг. 6.14). Тяхното предназначение е да обработват повърхнини на шамповани, ковани и лети заготовки посредством челно фрезване. Тъй като при този вид машини за фрезване процесът на обработка е непрекъснат, може да се постигне голяма производителност.





Надлъжно-фрезови машини. Тяхното

предназначение е обработката на плоскости на детайли големи габарити, които имат цилиндрични и челни фрези. Детайлите, които се произвеждат са основно част от серийното и масовото производство. Този вид фрезови машини могат да извършват обработка от две или три страни. По вид се делят на еднотойкови и двустойкови.

Фиг. 6.14. Каруселна фрезова машина

Копирни фрезови машини (фиг. 6.15). Имат приложение в обработката на щампи, матрици, кокили, пресформи, както и други форми, които имат сложна пространствена форма.

Фиг. 6.15. Копирна фрезова машина



Шлицофрезови и резбофрезови машини (фиг. 6.16). Използват се в обработката на външни и вътрешни резби на цилиндрични и конусни детайли. Резбите подлежащи на обработка от този вид фрезови машини се делят на метрични и полови.

Съществува разнообразие от фрезови машини в зависимост от вида на операциите по обработка на детайли. Фрезовите машини се характеризират по някои основни признаци.



Фиг. 6.16. Резбофрезова машина

По форма на зъбите: острозаточени и затиловани – този вид фрези имат кръгови, винтови и задни повърхнини

По форма на повърхнините. Машините за фрезование имат различни форми на повърхнините, където се намират режещите зъби.

Те също се делят на подгрупи в зависимост от функцията, за която са предназначени. Например дисковите се делят на двустранни и тристранни, модулни,



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

ъгливи (за фрезозане по предварително зададен ъгъл), канални (подходящи за обработка на канали в заготовки и изделия от чугун и стомана).

По предназначение. По своето предназначение фрезите биват такива с общо предназначение (за плоски, стъпални и други повърхнини) и такива със специално предназначение, които са подходящи за обработка на профилни, винтови и други видове повърхнини.

С общо предназначение са надлъжно-фрезозите машини, каруселните, конзолните, безконзолните, а в категорията а машини със специално предназначение влизат зъбофрезозащи, копиращи, резбофрезозащи и други.

По начин на установка. По вид на своята установка фрезозащи машини биват дорникови и опашкови.

CNC фрезозащи машини (фиг.6.17). Тези цифрови машини се използват за масово производство на висококачествени части в различни области на индустриалния сектор. Обработката на детайлите се извършва с помощта на най-високи технологии, затова тези машини се отличават от всички останали конвенционални фрези с бързината, с която обработват детайлите, прецизността и високото качество на изпълнение и с автоматизацията на процеса.



Фиг. 6.17. CNC фрезозащи машина

CNC е електронна/компютърна технология, която позволява машината да извършва дейност в почти пълна автономия. Фрезозането с CNC машини се изпълнява с голяма прецизност и висока производителност. При CNC фрезозането операторът въвежда инструкциите в компютъра, който управлява машината. Тези инструкции, наречени G или NG кодове определят геометрията на обработваната част и пътя на инструмента като решетка от точки, които са лесно различими от компютъра.

След включване на машината, тя работи напълно самостоятелно, а работата на оператора се ограничава до контролиране процеса на обработката. Чрез CNC фрезозане е

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.



възможно обработката на детайла да бъде с точност до един микрон (една десет хиляда от милиметъра). Традиционно се използват 3 или 5 - осни CNC машини за изработване на сложни детайли с голяма точност.

Фрезването намира много широко приложение в металообработващата промишленост, тъй като с него не само могат да обработват различни видове метали с голяма точност, но и фрезите машини имат много висока производителност.



В зависимост от конструкцията си фрезите машини могат условно да бъдат разделени на вертикални и хоризонтални и на машини с универсално и специално предназначение.

Вертикални фрезови

Фиг. 6.18. Вертикална фрезова машина

машини (фиг. 6.18).

Тези машини са предназначени за обработка на метални заготовки и използват крайни, профилирани и цилиндрични режещи инструменти. Обикновено се използват при производството на зъбни колела, вертикални и хоризонтални профили от чугун, стомана, цветни метали и други. Този вид вертикални фрези обикновено нямат конзола и работния плот се придвижва с водачите, разположени на машинното легло.

Хоризонтални фрезови машини (фиг.6.19а и фиг.6.19б). Хоризонталните фрезови машини са забележителни, тъй като техният шпиндел е разположен в хоризонтална равнина. Тези машини намират приложение при обработката на малки метални части и детайли. Дизайнът на машината позволява обработката на винтови, хоризонтални и



Фиг. 6.19а Хоризонтална фрезова машина

www.eufunds.bg



Оформянето на детайла става с помощта на дискови, цилиндрични, крайни и оформящи режещи инструменти, а характерното за този вид фрезови машини е, че масата може да се движи както перпендикулярно, така и по оста на шпиндела.



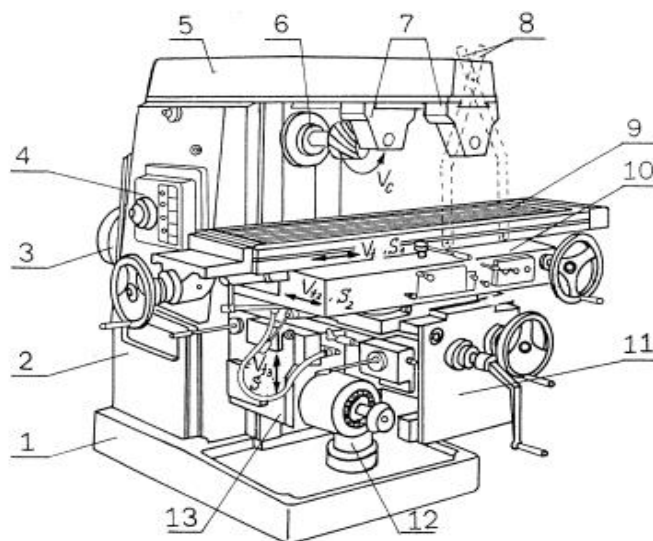
вертикални повърхности, ъгли и жлебове.

6.196 Хоризонтална фрезова машина

6.5. Универсална фрезова машина – устройство и работа

Универсалните фрезови машини се използват за обработка на вертикални и хоризонтални равнини, модели на матрици, спирали, детайли с малки и средни размери.

Хоризонталните фрезови машини (фиг.6.20) се характеризират с хоризонтално разположение на оста на вретеното. Обработваният детайл се поставя върху масата на машината, която може да се премества във вертикална, напречна и надлъжна посока. Главното движение се извършва от инструмента (вретеното), а подавателните (установъчните) от обработвания детайл (масата).



Фиг. 6.20. Универсална хоризонтална фрезова машина

1 – основа; 2 – тяло; 3 – главен електромотор; 4 – скоростен превод; 5 – хобот (плъзгач); 6 – вретено; 7 – подвижни опори; 8 – допълнителни опори; 9 – работна маса; 10 – напречна стойка (супорт); 11 – конзола; 12 – вертикален винт; 13 – подавателна кутия

Основа 1 (фиг.6.20). Върху нея е монтирано тялото на машината. Тя е куха и служи като резервоар за мазилно-охлаждащата течност.

Тяло 2 (фиг.6.20). Към него са закрепени и различните основните възли и механизми на машината. Посредством болтове тялото е свързано с основната плоча.

Скоростен превод 4 (фиг.6.20). Разположен е в кухнята на горната част от тялото и както при струга се състои от валове, зъбни колела и съединители.

Хобот (плъзгач) 5 (фиг.6.20). Служи за допълнителна опора на фрезовия дорник и може да се движи и затяга към тялото. Затягането на хобота в определено положение се извършва посредством специална гайка.

Вретено 6 (фиг.6.20). Чрез него се предава въртеливо движение на режещия инструмент. От точността на вретеното, от неговата якост и устойчивост зависи и точността на обработката.

Работна маса 9 (фиг. 6.20). Върху нея се установява заготовката. Затягането ѝ става чрез болтове, които минават през Т-образните канали, или чрез монтиране към масата стиски или други приспособления. Освен Т-образните канали по работната маса са



изработени и специални канали за отвеждане на мазилно-охлаждащата течност и за монтиране на ограничители и превключващи устройства.

Напречна стойка (супорт) 10 (фиг.6.20). Тя е междинно звено между конзолата и работната маса. По горната си част има направляващи за надлъжно движение на масата. Може да се премества напречно по горните направляващи на конзолата.

Конзола 11 (фиг.6.20). Тя е здрава, чугунена отливка, която се мести по тялото чрез вертикални направляващи. Конзолата е основен възел, който осигурява надлъжните, напречните и вертикалните подавателни движения. Задвижването ѝ във вертикално направление се извършва чрез специален винт.

6.6. Приспособления към фрезевите машини

Ползването на различни приспособления се налага за разширяване на технологичните възможности на машините, за повишаване производителността при изпълнение на фрезевите операции и за облекчаване труда на работниците.

Най-често използваните приспособления за установяване на обработваните детайли върху универсални фрезови машини са стиските, делителните маси (фиг. 6.21) и делителните апарати (фиг.6.22).



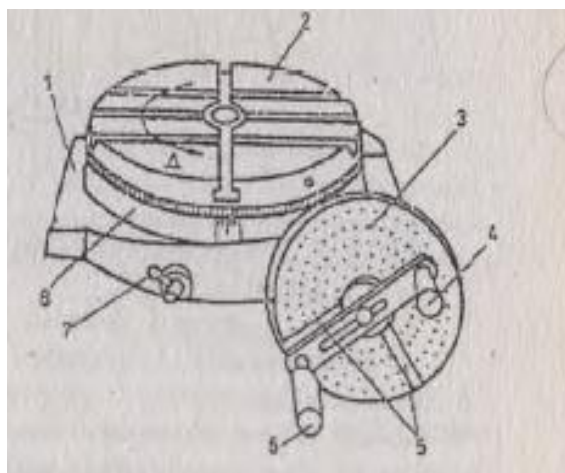
Фиг. 6.21. Делителна маса



Фиг.6.22. Универсален делителен апарат



Делителна маса. Делителните (въртящи се) маси се използват за позициониране или извършване на кръгово подавателно движение около вертикална ос. Те могат да бъдат с ръчно или механично задвижване или със задвижване от собствен електродвигател. Делителните маси с ръчно управление се изработват с диаметър на масата от 320, 400, 500 и 630 mm. Тези маси имат две червячни предавки: едната за ръчно, другата - за механично завъртане на планшайбата чрез превода на машината.



Фиг.6.23. Кръгла делителна маса КДМ 320

На фиг. 6.23 е показан общият вид на кръгла делителна маса КДМ 320. Тази маса е с ръчно задвижване. Тялото се закрепва върху масата на машината. Обработваният детайл се установява върху планшайбата 2, която може да се върти около собствената си ос. Отчитането на ъгъла на завъртане се осъществява чрез скалата 8 (при установъчно делене) или делителния диск 3 (при по-точно позициониране).

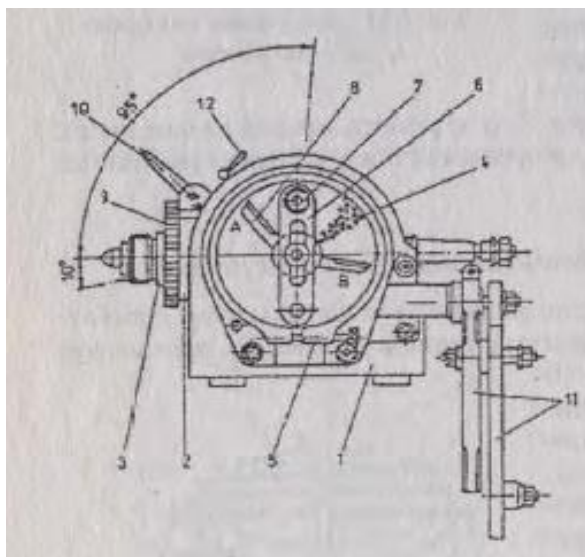
Делителен апарат. Делителният апарат е основна принадлежност на фрезовите машини и значително разширява технологичните им възможности. Делителният апарат се използва за:

- установяване на оста на обработвания детайл под определен ъгъл спрямо масата на машината в хоризонтална равнина;
- периодично завъртане на обработвания детайл около оста му на определен ъгъл (делене на равни или неравни части);



- придаване на въртливо движение на обработвания детайл при нарязване на винтов канал или винтови зъби на зъбни колела по метода на копирането.

На фиг. 6.24 е показан универсалният делителен апарат УДА 150:



Фиг.6.24. Универсален делителен апарат УДА 150

1-основа; 2-тяло; 3-вретено; 4-делителен диск; 5-пръстен; 6-делителна ръкохватка; 7-фиксатор; 8-ножица; 9-спомагателен делителен диск; 10-спомагателен фиксатор; 11-лира; 12-ръкохватка

Основата 1 се закрепва към масата на машината. Тялото 2 може да се завърта около хоризонтална ос на ъгъл от -10° до $+95^\circ$. Делителният апарат има два диска 4 и 9, с помощта на които може да се извършва просто, обикновено и диференциално делене.

При **простото делене** с помощта на спомагателния делителен диск 9 окръжността може да се раздели на 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24 равни части. За тази цел по периферията на диска са изработени 24 трапецовидни канала, в които влиза палецът на фиксатора 10.

От двете страни на делителния диск 4 са пробити множество глухи отвори, разположени по 22 концентрични окръжности на (11 от всяка страна). Броят на отворите на всяка окръжност е различен.



Зъбните предавки в делителния апарат са с предавателно отношение единица, предавателното отношение на червячната предавка е $1/60$ и се нарича характеристика на делителния апарат. Характеристиката показва колко оборота трябва да направи червякът за да се завърти вretenото 3 заедно със заготовката на един пълен оборот.

При **обикновеното делене** окръжността може да се раздели на части, кратни на броя на отворите на 22-те окръжности на делителния диск 4 или на характеристиката на делителния апарат. Ако окръжността трябва да се раздели на части, които не са кратни на броя на отворите или на характеристиката на делителния апарат, се извършва диференциално делене. За тази цел се използва лирата 11 със сменни зъбни колела. По такъв начин се изменя характеристиката на делителния апарат до необходимата стойност.

Въпроси и задачи:

1. Защо фрезването е един от основните методи за обработване на металите?
2. С каква цел извършваме класификацията на фрезите?
3. Каква е разликата в същността на формулите за пресмятане на скоростта при фрезване и при струговане?
4. По кой основен признак са определени видовете фрезови машини?
5. Какво е предназначението на работната маса на универсалната фрезова машина?
6. За какво служат приспособленията към фрезовите машини?
7. Опишете за какво се използва делителният апарат?



ЕВРОПЕЙСКИ СЪЮЗ
ЕВРОПЕЙСКИ
СОЦИАЛЕН ФОНД



ОПЕРАТИВНА ПРОГРАМА
НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ЗА
ИНТЕЛИГЕНТЕН РАСТЕЖ

Използвана литература:

1. А. Диков, Технология на машиностроенето - Общ курс; изд. „Софтрейд“; София, 2010 г. ;
2. С. Величков, Рязане на металите и металорежещи машини; изд. „Техника“ София 1985 г.;
3. <https://metalin.com/bg/pages/Kade-se-izpolzva-frezovaneto.html>
4. <https://metalin.com/bg/pages/Frezovane---opisanie-na-protzesa-i-mashini.html>
5. <https://www.koledzhikov.bg/product/freza-za-metal-bernardo-kf-16-l-vario-50-mm-chelno-20-mm-stranichno/>
6. <https://top-home-tips.com/9038112-horizontal-milling-machine-purpose-and-https://top-home-tips.com/9038112-horizontal-milling-machine-purpose-and->
7. Гергов, С., А. Диков. Металорежещи машини и инструменти. Техника, С., 2005 г.
8. Събчев, П. Металорежещи инструменти. Техника, С., 1982 г.
9. Енчев, Металорежещи машини част II, ВТУ „А. Кънчев“ Русе, 1988 г.
10. Л. Димитров , Рязане, инструменти и металорежещи машини, ВТУ „А. Кънчев“ Русе, 1983 г.
11. <https://tuvarena2014mtt.files.wordpress.com/2015/09/dnedelchewtmm>
12. Курс по Технология на машиностроенето – Тракийски университет

----- www.eufunds.bg -----

Проект BG05M2OP001-2.014-0001 „Подкрепа за дуалната система на обучение“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“, съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.