

## ТЕМА 6. ОСОБЕНОСТИ НА ИНСТРУМЕНТИТЕ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА НЕМЕТАЛНИ МАТЕРИАЛИ

В практиката процесът на обработване на материалите чрез рязане е широко застъпен не само при металите, но на практика при почти всички видове материали: пластмаси, дърво, минерали, строителни и облицовъчни материали, стъкло, гума и др. Свойствата на тези материали силно се различават от тези на металите, поради което се различават и геометричните параметри на инструментите, степента на износването им, до която се използват, режимите и другите условия на рязане. Различията в свойствата на неметалните материали са причина за обработването им да се произвеждат машини със сходна кинематика, но с други конструкции. Например дърводелските стругове и фрези поради по-малките сили на рязане са с по-олекотени тела и с по-големи скорости на главните и подавателните движения.

В тази тема ще бъдат разгледани особеностите на инструментите и режимите на експлоатацията им при най-широко използваните неметални материали.

### 1. Особенности на инструментите за обработване на пластмаси

#### 1.1. Особенности на процеса рязане

Пластмасите намират все по-широко приложение в машиностроенето и в бита. Използването им позволява намаляване теглото и цената на машините и битовата техника, подобрява външния вид, устойчивостта на корозия, електробезопасността и др. Експлоатационните недостатъци на полимерите се изразяват главно в намаляващата якостта при стареенето, раздуването при поемане на влага и отделянето на отровни газове при горене (при пожар). Те се обработват предимно по безстружкови методи – леене под налягане, екструдирание, пресоване, раздуване и др.

При ниски серии е нерентабилно да се изработват съответните скъпи инструменти, а при точните детайли от 6...8 степен и високи изисквания за грапавост  $Ra = 0,16...1,25 \mu m$  при механичната обработка се прилагат операциите отрязване, струговане, пробиване, фрезование, резбонарязване, шлифование и полиране.

Пластмасите се делят на две големи групи – термопластични и термореактивни. Термопластичните като полиетилен, полиамид, винипласт, органично стъкло и др. се обработват главно чрез леене под налягане и екструзия. Термореактивните полимери като гетинакс, текстолит, стъклотекстолит и др. се обработват обикновено чрез пресоване.

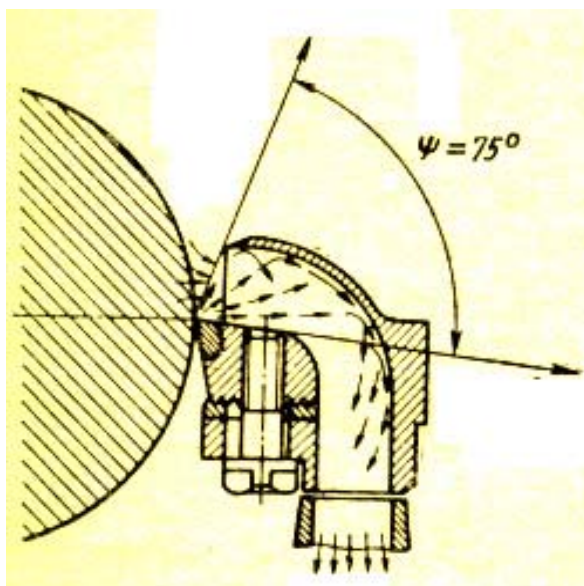
Механичните свойства на пластмасите, влияещи на тяхната обработваемост чрез рязане зависят от състава на изходните смоли и прибавените пълнители. Топлоустойчивостта им е от  $-60^{\circ}$  до  $+200^{\circ}$  и по изключение - повече. Топлопроводността им е 500...600 пъти по-ниска от тази на металите, т.е. практически нулева. Топлоотвеждането чрез отделените стружки и обработваната заготовка е нищожно, особено за термореактивните пластмаси, при които 90% от топлината се отделя през инструмента срещу 24% за термопластичните. Деформацията при рязане е главно еластична, което определя износване по задните повърхнини, влияние на задните ъгли върху силите на рязане и необходимост от по-големите им стойности. Последната особеност обяснява почти еднаквите стойности на компонентите  $F_c$  и  $F_f$  на силата на рязане, докато при металите те съществено се различават.

При рязане на термопластични пластмаси се отделя непрекъсната стружка, която налепва по предната повърхнина. Термореактивните пластмаси отделят елементарна

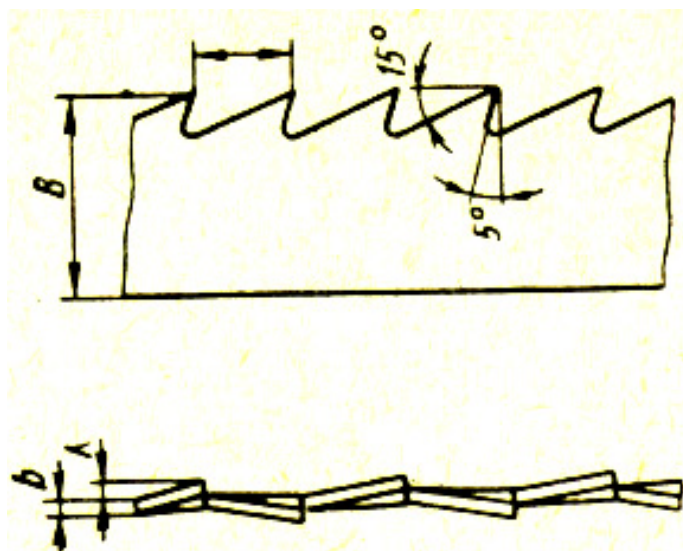
стружка, често прахообразна, силно зависеща от използваните пълнители. Поради значителната еластична деформация на обработената повърхнина след преминаването на режещия ръб действителният и размер се получава различен от настроения, който не отчита тази деформация.

При обработване на пластмаси чрез рязане, особено на терморективните, се отделя голямо количество прах и различни газове, които са вредни за здравео на работниците и замърсяват околната среда. Това налага работната зона на машините да се оборудва с аспирационна уредба, която осигурява засмукване на стружките и отвеждането им от работната зона, аналогично на шлифоването без охлаждане при обработване на металите (фиг. 6.1).

Силите при рязане на полимери са 10-20 пъти по-малки от тези при рязане на метали със същия режим и силно зависят както от инструменталния материал, така и от износването по задна повърхнина. При еднакви условия на механичната обработка силите на рязане на пластмаси са еднакви за инструменти от бързорежеща стомана и металокерамика. При използване на диамантни инструменти те са 2...5 пъти по-малки. Допустимото износване на инструментите е по-малко отколкото при рязане на метали поради преобладаващото влияние на процесите на триене между обработената повърхнина на заготовката и задната повърхнина на инструмента и се движи в границите – 0,3...0,4 mm при груби и 0,15...0,3 mm при чисти обработки.



Фиг. 6.1. Нож със стружкоуловител



Фиг. 6.2. Лента за разрязване на пластмаса

По механична обработваемост полимерите се разделят в 6 групи с влошаваща се механична обработваемост от първата към последната:

- в първа група са **термопластичните полимери без пълнител**, които се обработват най-лесно и дават гладка обработена повърхнина;
- във втора група са **термопластите с метален пълнител**, които се обработват лесно, но изискват внимателно подбиране на инструменталния материал;
- в трета група са **терморективните пластмаси с висока пористост**. При тях се използват големи предни ъгли и малки установъчни ъгли в сравнение с обработването на метали и се работи без охлаждане;
- в четвърта група са **терморективните пластмаси с прахови пълнители** тип дървесно брашно. Те имат силно абразивно действие, а режещите ръбове на инструментите проявяват склонност към откъртвания;
- в пета група са **терморективните пластмаси с влакнести пълнители** като

стъклопласти, които се характеризират с много силни абразивни свойства;

- в шеста група са **терморективните пластмаси с листови и слоеви пълнители**, които имат силно изразени анизотропни свойства. При тях трябва да се отчита допълнително направлението на структурата на обработвания материал.

## 1.2. Особенности в конструкцията и експлоатацията на инструментите

**Инструментите за разрязване** по конструкция са аналогични на тези за обработване на метали. Те се изработват от въглеродни, легирани, бързорежещи стомани и по-рядко от металокерамика. Циркулярите се произвеждат с диаметри до 250 mm и ширина до 5 mm., зъбите задължително са чапразени за намаляване на триенето по двете чела. Отрязващите ленти са с дебелина 0,25...1 mm, като зъбите също странично се освобождават чрез чапразене (фиг. 6.2).

**Стругарските ножове** се изработват предимно от бързорежеща стомана или металокерамика тип K01...20 или N. Най-високи експлоатационни възможности имат ножовете от технически диамант. Използват се остри режещи ръбове и се допуска два пъти по-малко износване по задна повърхнина отколкото при рязане на метали  $V_B = 0,1...0,2$  mm. Точността на обработката трябва да отчита еластичното увеличаване  $\delta$  на диаметъра на заготовката  $d$ , което има вида

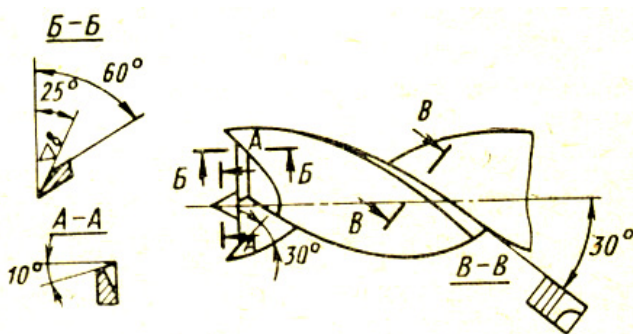
$$\delta = kd^c, \text{ mm}$$

а коефициентите имат стойности за различните марки пластмаса в диапазоните  $k=0,011...0,21$ ;  $c=0,25...0,49$ .

Предните ъгли при обработване на термопластични пластмаси са в диапазона  $\gamma_0=10^\circ...20^\circ$ , а за терморективните  $\gamma_0 = 0^\circ...10^\circ$ , задните ъгли са в диапазона  $\alpha_0 = 15^\circ...30^\circ$ , а главните установъчни ъгли  $\chi_r = 30^\circ...45^\circ$ .

Някои пластмаси изискват охлаждане, но повечето не го допускат.

**Свредлата за пробиване на пластмаси** са спирални или перови, от бързорежеща стомана или металокерамика. По конструкция могат да са монолитни или сглобяеми. Срещу странично изместване поради неравномерността на обработвания материал се използват много по-малки установъчни ъгли  $\chi_r = 15...20^\circ$  за свредла от бързорежеща стомана и  $30...45^\circ$  за металокерамика. Друго решение е едновременното водене на свредлото по конусната сърцевина и издадените наравно с челото калибровъщи лентички като на някои свредла за пробиване на дърво.



Фиг. 6.3. Спирално свредло за пенопласт

На фиг. 6.3 е показано свредло за пробиване на пенопласт от въглеродна инструментална стомана У10А. Двата главни режещи ръба завършват с подрязващи мустаци в калибровашката част и направляващ конус към сърцевината. За намаляване на триенето от еластичната деформация на обработения отвор калибровашката част се изпълнява с обратен конус от  $2...3^\circ$ .

**Челните и цилиндрични фрези** се изработват монолитни или със сглобяеми ножове. Изработват се предимно от бързорежеща стомана или металокерамика с малък брой зъби и големи стружкови канали с наклон  $20...25^\circ$ . **Профилните фрези** са предимно с остро заточени зъби.

## 2. Особенности на инструментите за обработване на дърво

### 2.1. Особенности на процеса рязане

Дървото се обработва в дърводобивното, мебелното производство, строителството, при изработване на опаковки, облицовки и др. То е анизотропен материал, чиито механични свойства силно зависят от вида, влажността, месторастенето, структурните нееднородности (кухини и чепове). Според съотношението между посоките на рязане и направлението на влакната на дървото се различават челни, надлъжни и напречни обработки, при които силата на рязане и качеството на обработената повърхнина, както и естетическите и трайностните и качества на детайла съществено се различават.

Модифицираната дървесина във вид на плочи от дървесни частици (ПДЧ) и влакна (ПДВ), свързани със синтетични смоли, пресовани и изпечени, се обработват много добре механично, като се полагат усилия за бързото отделяне на стружките от обработената повърхнина, за да не залепват към лицевите повърхнини и да ги повреждат. Плочите от дървесни частици, дървесни влакна и ламинираните дървесни плоскости имат по-голяма твърдост и плътност от естествената дървесина и по-малка механична обработваемост, особено ламинираните с шперплат, гетинакс, хартиени листи и лакове повърхностни слоеве, които имат по-голяма плътност или абразивно действие.

Материалът има ниска топлоустойчивост, нищожна топлопроводност, не понася охлаждане. Отделяната топлина е предимно за сметка на инструмента.

Машините за първично обработване режат трупи с дължина до 6 m и диаметър до 1 m. Добиването на дървен материал става далече извън населените места и специално пригодени за целта сгради. По тази причина видът и размерите на машините и инструментите за дърводобив и първична обработка съществено се различават от тези за метал и за следваща дървообработка.

Видовете и типове инструменти за обработване на неметални материали са аналогични на традиционните металорежещи инструменти. Разликата е предимно в режещия материал, ъгловите параметри (по-големи предни и задни ъгли), значително по-малките сили и по-големите стойности на режимите на рязане (скорост до 50...80 m/s и подаване до 1...2 m/s).

Съществуват и някои специфични видове инструменти като верижни инструменти за дърводобив, гатерни триони за надлъжно рязане на трупи, сдвоени фрези за нутове за дограма и др.

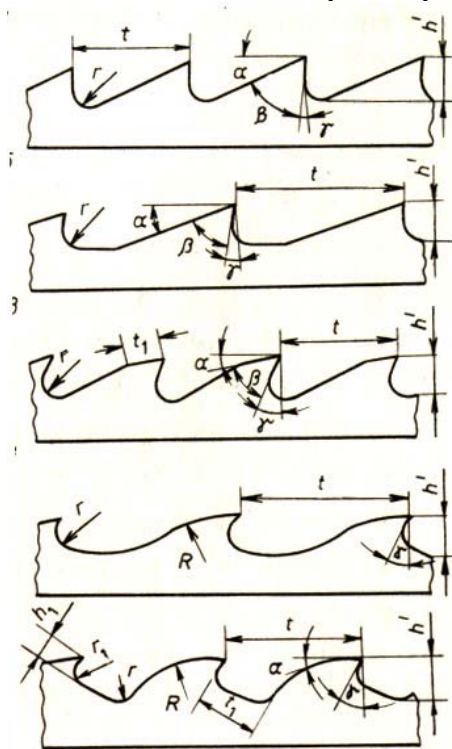
За изработване на тесни отрезни ленти и др. инструменти с проста форма, както и за ръчни инструменти се използват въглеродни и легирани инструментални стомани. Бързорежещите стомани се използват практически за всички типове дървообработващи инструменти. Използват се широко металокерамиката и ограничено инструменти от сврехтвърди материали.

### 2.2. Особенности в конструкцията и експлоатацията на инструментите

*Трионите – гатерни, лентови, циркулярни* имат конструкция близка до тази на листовите за ножовки, но са с по-малка дебелина. *Гатерните триони* са с голяма дължина (до 2 m) и служат за нарязване на дървените трупи по дължина. Трионите биват със сплескани и с чапразени зъби. Сплесканите дават по-гладък срез, всички зъби са еднакво и симетрично натоварени. Подаването на зъб за страничните режещи ръбове е 2 пъти по-малко при определен режим, тъй като работят страничните режещи ръбове на всеки зъб. При тях липсва неблагоприятно странично натоварване,

но е голямо триенето между страничните стени на триона и срязвания канал.

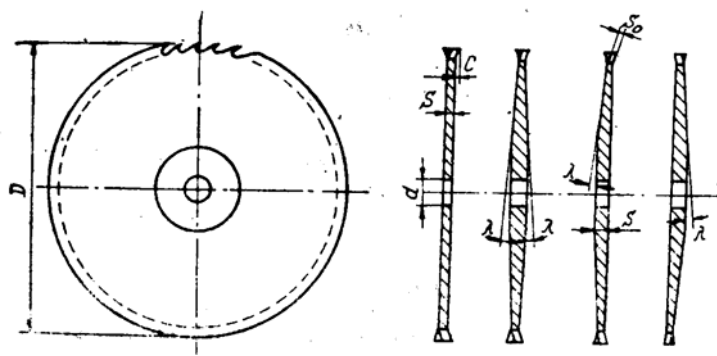
На фиг. 6.4. са показани форми на зъбите а/ обикновени за надлъжно бичене на мека дървесина б/ с удължена пазва, в/ с пречупена задна страна за твърда дървесина г/ зъби папагал за твърда дървесина д/ зъби тип Р.С.Р



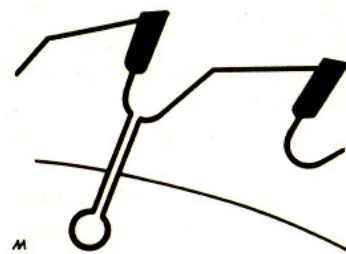
Фиг. 6.4. Профили на зъбите на лентови триони

ширина 10...60 mm се използват за бичене върху обикновени банциги. Делителните лентови триони със ширина 50...180 mm се използват за бичене върху делителни банциги. Широките лентови триони със ширина 180...400 mm се използват за бичене на трупи.

**Циркулярните триони** (фиг. 6.5) имат формата на отрезна фреза за метал. Плоските триони са с диаметър от 150 до 800 mm и служат за надлъжно, напречно и косо бичене на дървесина. При рязане на дървесни плочи с изкуствени материали се използват предимно металокерамични циркуляри с прорези по тялото за компенсация на температурните деформации при спояване и рязане (фиг. 6.6).



Фиг. 6.5. Циркуляри за дърво



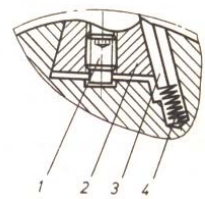
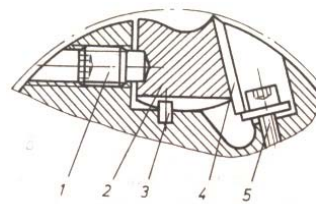
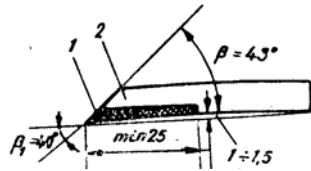
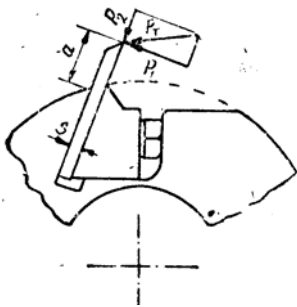
Фиг. 6.6. Металокерамични зъби и компенсационен прорез

Тефлонирането на трионите чрез потапяне или шприцване и вулканизация до температура 200°...250° осигурява по-голяма корозоустойчивост, износоустойчивост, по-малък коефициент на триене и антиполепващи свойства.

**Прходните ножове** се изпълняват с по-малки главни установъчни ъгли (до  $45^\circ$ ) с цел да не се разрошва детайла по дължина на влакната. Те се използват за надлъжно струговане, включително и по копир.

Профилните ножове за напречно копирни операции са предимно тангенциални, с цел да не товарят с големи сили на рязане заготовките, които са със значително по-малка якост в сравнение с металните. Малките задни ъгли при излизане на тангенциалните ножове от контакт с обработената повърхнина допринасят за силно изразеното и заглаждане, което е допълнителен естетически ефект. За целта задните повърхнини на ножовете се полират до много висока гладкост.

**Ножовете за вграждане в дълги цилиндрични фрези** (познати чрез чуждицата абрихт) служат за изглаждане на дъски и плоскости. В един инструмент се вграждат 2...6 ножа (фиг. 6.7), работещи с подаване  $f_z = 0,3...2,5 \text{ mm/z}$  и скорост на рязане до  $600 \text{ m/min}$ . Има различни схеми за закрепване на ножовете в тялото (фиг. 6.8).



а/

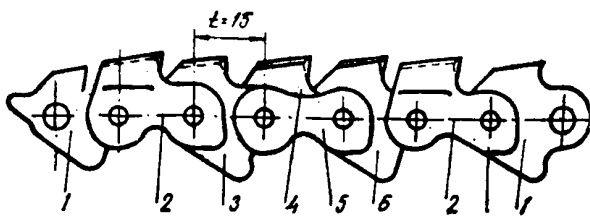
б/

**Фиг. 6.8.** Схеми на закрепване на ножовете в ножовите валове

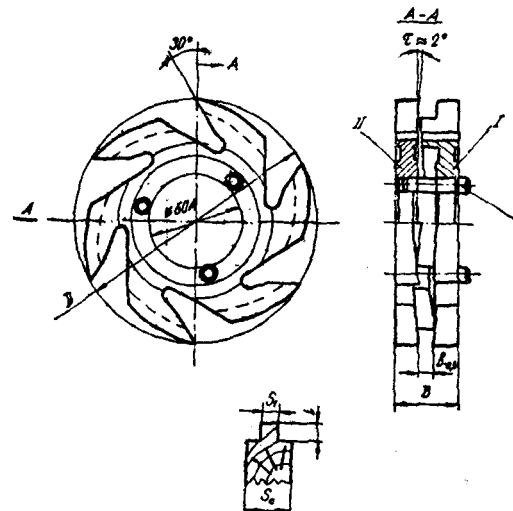
**Фиг. 6.7.** Ножове за фрезование на дърво

Винтът 1 се завива в тялото, а с цилиндричния си край притиска клинът 2 към ножа. Клинът има в долния си край цилиндрична повърхнина, което помага за нагаждането му към предната стена на ножа. Щифтът 3 направлява клина по надлъжен нагаждането канал. Ножът 4 опира на регулирания винт 4, с който се установява необходимата прибавка.

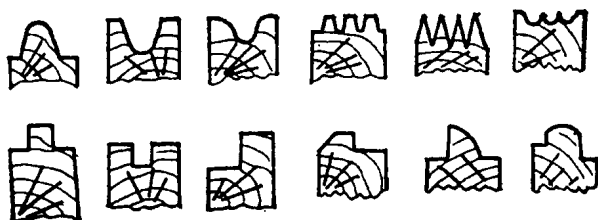
**Верижните фрези** са специфични инструменти за дърводобив и високо производително, но с малка точност прорязване на канали, състоящи се от звена със специална форма и висока твърдост (фиг. 6.9).



**Фиг. 6.9.** Врещна фреза за дърво



**Фиг. 6.11.** Регулируема фреза за дърво

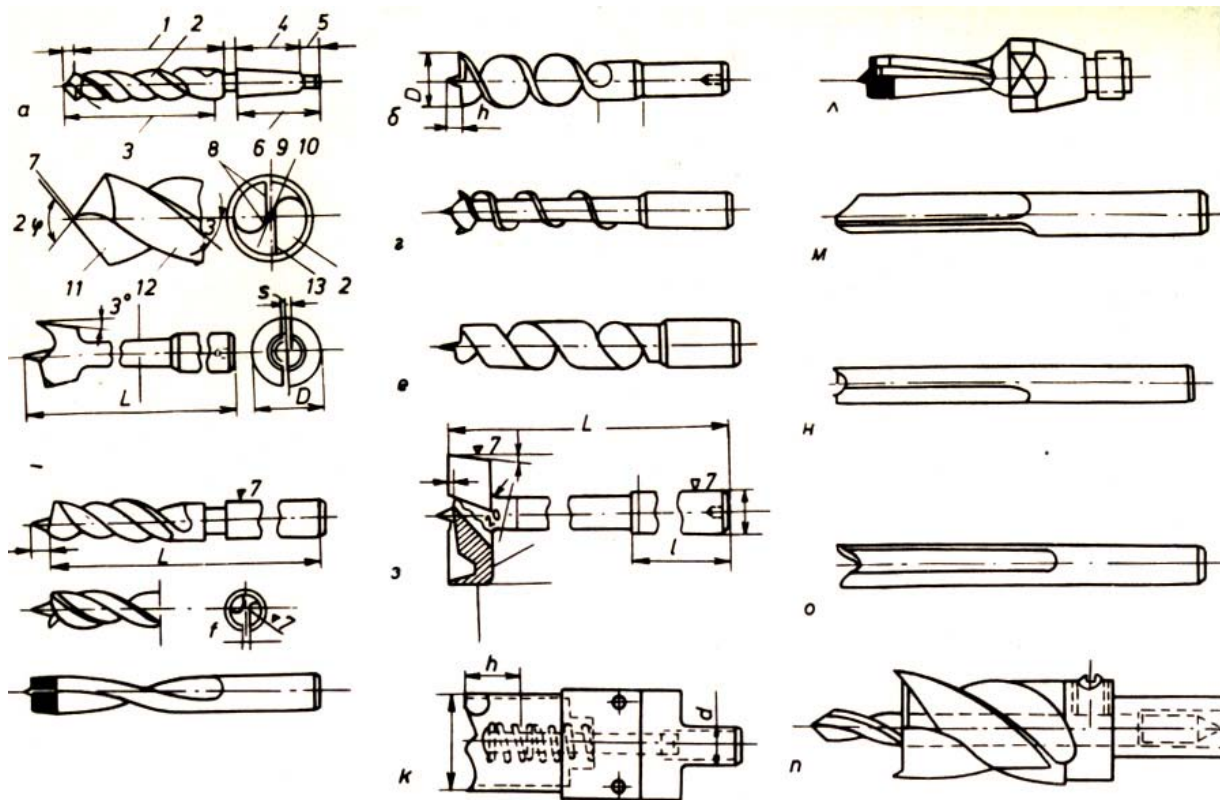


**Фиг. 6.10.** Фрезовани профили от дърво

За прорязване и отрязване на дъски се използват **отрезни фрези**, с форма, аналогична на тези за обработване на метал, но с по-големи задни и предни ъгли. При

сглобяване на дървена дограма сдружаваните елементи преди залепяне се съединяват чрез негативно оформени повърхнини с различна форма – нутове (фиг. 6.10). При изработване на профилните повърхнини се използват сглобяеми фрези, съставени от две регулируемо разположени части (фиг. 6.11).

Свредла и зенкери за обработване на дърво са показани на фиг. 6.12. Поради малкото съпротивление на материала срещу радиално изместване при различната твърдост на структурите на дървото, често се използват свредла с глави, осигуряващи допълнително водене по центъра или по периферията на отвора. Свредлата за пробиване на дълбоки отвори са с голям ъгъл на подема на винтовата линия и по-малък диаметър на сърцевината от тези за пробиване на стомана. Често срещу странично изместване на свредлото се използва воденето му едновременно по сърцевината и по калибровашите лентички. При пробиване на отвори перпендикулярно на влакната се използват периферни подрезвачи, които са разположени с 0,5 mm пред върха на сърцевината, за да направляват по-добре свредлото и да осигурят по-добро качество на отвора.



Фиг. 6.12. Свредла и зенкери за обработване на дърво

Зенкерите за дообработване на отвори са сходни с тези за метали, като се различават по предните и задни ъгли и ширината на калибровашите лентички. Тези параметри имат по-големи стойности от инструментите за обработване на метали.

За машинна обработка на дърво се използват и редица комбинирани инструменти, отделните степени на които имат конструкцията на съответните инструменти за рязане на метал и геометрични параметри на инструментите за обработване на дърво – свредло-райбер, набор от фрези, комбинирани ножове и др.

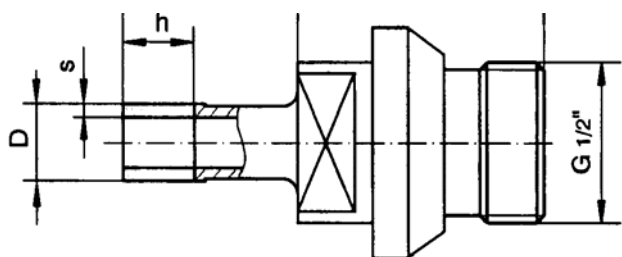
Използваните материали за дърворежещи инструменти са въглеродни стомани за ръчни инструменти (длета, пили, легирани стомани ХВГ, Х12М, 9ХС за ножове за ръчно и машинно струговане, бързорежещи стомани и металокерамика К10...30 за най-отговорните случаи.

За шлифване на дърво се използват материалите корунд, електрокорунд, технически диамант и кубичен борен нитрид във вид на *дискове, шкурки и ленти*. Материалът за шкурки и ленти е нанесен еднослойно върху текстилна или хартиена основа. Върху дърво се прилагат абразивните обработки кръгло, плоско и профилно външно и вътрешно шлифване и полиране.

В практиката се използват редица ръчни инструменти за обработване на дърво. Това са специфични инструменти, примерно комплекти за дърворезба – длета за дълбане с различна форма и размери, ножове за струговане, които се държат в ръката на работника и се подават ръчно и др.

### 3. Особенности на инструментите за обработване на стъкло

Стъклата биват листови (прозрачни), орнаментни, армирани, профилно лети съдове и детайли, изтеглени нишки, електротехнически, оптични и др. Те се използват за детайли в бита и техниката. В машиностроенето стъклото се използва за покрития на детайли, работещи в агресивни среди; лагери, работещи при температура  $500^{\circ}\dots 600^{\circ}$  без мазане (имат малък коефициент на триене с метали); точни измервателни уреди (имат нулев коефициент на топлинно разширение). Материалите са крехки и нетоплопроводни, обработват се без охлаждане, много са чувствителни към топлинни и механични удари.

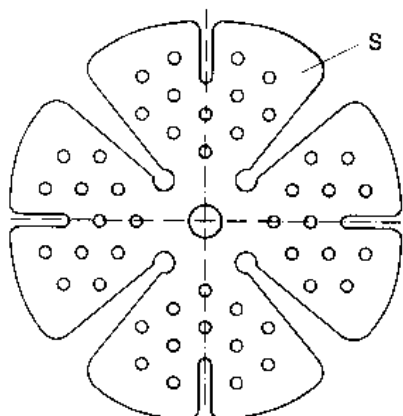


Фиг. 6.13. Диамантно свредло за стъкло

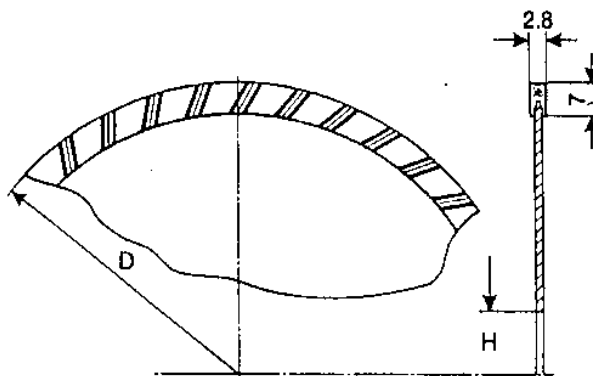
Стъклото се обработва чрез шлифване, полиране, профилно стъргане и фрезование. Най-добрият инструментален материал за обработката им е техническият диамант. Произвеждат се редица специфични конструкции на инструменти, предназначени за обработване на стъкло.

На фиг. 6.13 е показано специфично свредло за пробиване на отвори в стъкло с тръбна работна част от технически диамант, производство на фирмата „Суперабразив“ в с. Крън. Работната част с дължина  $h$  осигурява надеждно формиране на отвори с диаметър  $D$  без чупене в отговорни детайли при голяма трайност и точност.

На фиг. 6.14 е показан диамантен прокат „детелина“, предназначен за фино шлифване на оптически лещи. Прокатът е гъвкав с дебелини до 0,2 mm. и осигурява добро копиране на профилите на всички произведени лещи.



Фиг. 6.14. Прокат „детелина“

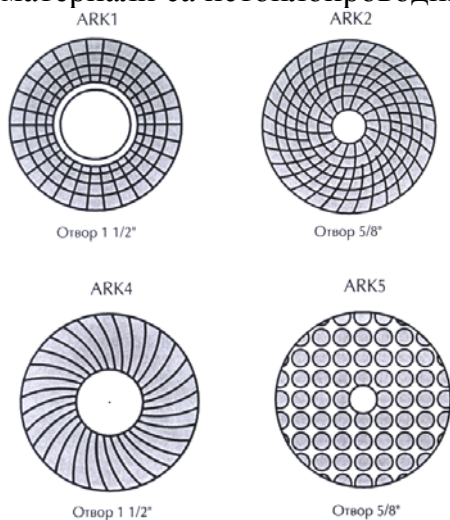


Фиг. 6.15. Отрязан диск „турбо“



#### 4. Особенности на инструментите за рязане минерали

Мрамор, гранит, бетон, варовик, полускъпоценни и скъпоценни камъни са естествените материали, използвани в строителството за подови настилки, облицовки, паметници, масивни части на измервателни уреди, прецизни машини и др. Тези материали са нетоплопроводни, в по-голямата си част понасят внимателно охлаждане



Фиг. 6.16 Дискове за полиране

без топлинни удари. При сондажните и подземни добивни и строителни работи също се налага използване на подобни инструменти, които са с големи размери. Минералите обикновено се обработват чрез леене (петрургия) на готови изделия с различни форми, предимно от силикати – за детайли като тръби, плочи, електроизолатори и др. Обработват се механично чрез отрязване, пробиване, шлифование, струговане. На фиг. 6.15 е показан диамантен диск тип „турбо“, предназначен за ръчно и машинно рязане на мрамор, бетон, гранит и др. скални материали със скорост до 75 m/s и посока на въртене според указанието на челото на диска.

На фиг. 6.16 са показани гъвкави диамантни инструменти за полиране на мрамор, гранит, мозайка, варовик и др. минерали. Каналите с различна форма определят гъвкавостта на диска, съдържащ зърна с определени размери.

**Инструменти за обработване на гьон и кожа** се използват ограничено в обущарската, кожухарската промишленост, конфекцията, за опаковки (калъфи) и др. Тези инструменти се използват за прорязване, изтрашване (скосяване на краищата), фрезование, шлифование и др.

Общите особености при обработване на неметалните материали могат да се обединят. По-голямата част от неметалните материали (пластмаса, дърво, кожа) имат по-ниска якост, твърдост и топлоустойчивост от металите. При рязането им се реализират по-ниски сили и температури на рязане. Те имат по-ниска до нулева топлопроводност, поради което рязането трябва да протича при обилно охлаждане (при минералите) или не понасят охлаждане (кожа, дърво), поради което трябва да се използват инструменти с висока топлопроводност, през които да се отделя топлината, формирана в зоната на рязане.

Използват се по-големи скорости на рязане (при пластмаси и дърво), обработващите машини са с по-малка стабилност и високи скорости на главното движение. При материалите с ниска топлоустойчивост при температури на рязане над 100...200° заготовката сменя цвета и структурата си, топи се, налепва по инструмента и гори. Поради това, че температурата в зоната на рязане не се ограничава от топлоустойчивостта на инструмента, а от тази на заготовката, се използват евтини режещи материали с ниска топлоустойчивост и голяма топлопроводност – въглеродни и легирани стомани. Поради високата степен на ударност и изискването за топлопроводност при обработката на такива материали не се използва режеща керамика, а за обработка на крехките стъкло и скални материали (включително за сондажни инструменти) особено ефективен се явява техническия диамант.

## КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Ограничител на  $v_c$  при рязане на полимери, дърво и гьон е:

- а/ силата на рязане                      б/ топлоустойчивостта на инструмента  
в/ топлоустойчивостта на заготовката

2. За дървообработващите инструменти са характерни:

- а/ по-малки стойности на  $\alpha_o, \gamma_o$  и  $\chi_r$                       б/ по-големи стойности на  $r_\epsilon$  и  $\chi_r$   
в/ по-големи стойности на  $f_z$  и  $v_c$

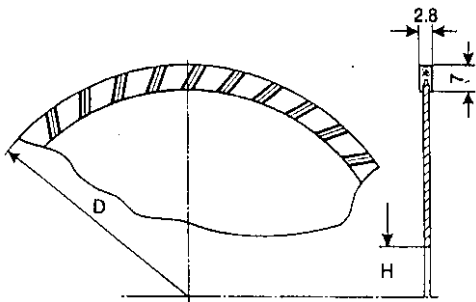
3. Най-лоша обработваемост имат пластмасите:

- а/ без пълнител            б/ с висока порестост            в/ с листови и слоести пълнители

4. При обработване на дърво, пластмаса, стъкло и минерали деформацията в зоната на рязане е предимно: а/ пластична            б/ еластична  
в/ пластичната и еластичната са равностойни

5. Инструментите за обработване на дърво и пластмаса в сравнение с тези за обработване на метали **не работят с**: а/ по-големи скорости    б/ по-големи подавания  
в/ по-големи главни установъчни ъгли

6. При обработване на дърво, пластмаса, стъкло и минерали износването е предимно: а/ по  $A_\gamma$                       б/ по  $A_\alpha$                       в/ равностойно по по  $A_\gamma$  и по  $A_\alpha$

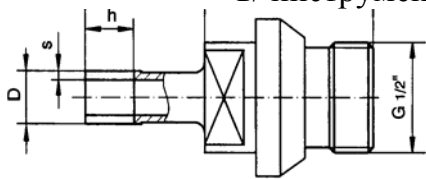


7. Показаният диск с диаметър  $D = 600$  mm е предназначен за отрязване на: а/ дърво    б/ стомана    в/ варовик, мрамор

8. Показаният диск има работна част от: а/ инструментална стомана                      б/ металокерамика    в/ технически диамант

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

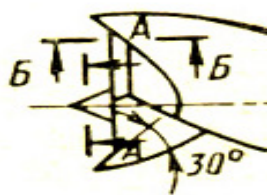
- а/ инструменти в уредостроенето  
б/ инструменти за дървообработване  
в/ инструменти за тежкото машиностроене



10. Как се нарича показаният инструмент и за какви обработвани материали е предназначен?

11. Съотношението на силите  $\frac{F_f}{F_c}$  е най-голямо при обработването на

- а/ стомана                      б/ пластмаса                      в/ чугун



12. Свредлата за обработване на кои материали имат такива части за едновременно водене по външния диаметър и по конусната сърцевина?

- а/ черни и цветни метали                      б/ мрамор, бетон, стъкло  
в/ дърво при пробиване успоредно на влакната