

ТЕМА 13. ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА РЕЖЕЩИТЕ ИНСТРУМЕНТИ

Ефективната експлоатация на режещите инструменти зависи от възможностите на използваната машина, механичната обработваемост на заготовката, изискванията към обработваната повърхнина и в най-голяма степен – от правилно подбраните материал и геометрия на инструмента и режима на експлоатацията му.

1. Избиране материал на режещата част

Със своите физико-химични и технологични свойства материалът на режещата част силно влияе върху експлоатационните, технологичните възможности и надеждността на режещите инструменти.

1.1 Избиране на материал според експлоатационните му свойства

По време на експлоатация на режещите инструменти най-важни са техните експлоатационни свойства: твърдост, износоустойчивост, топлопроводност, топлоустойчивост, якост, жилавост, химическа устойчивост и др., проявяващи се в условията на експлоатацията. Те определят обхвата на работоспособността на инструмента – материал, якост и твърдост на заготовката, износоустойчивост и производителност на инструмента, както и допустимия интервал на параметрите на режима на рязане.

Важно условие е отказите да настъпват постепенно, а не внезапно, което крие опасност за работника, инструмента, машината и заготовката. При нормално развитие на процеса на износването, то се съпровожда с постепенно развитие на микропукнатини, микроизкъртвания, а по-късно - с макropукнатини и изкъртвания по режещите ръбове и режещата част и ако не се преустанови процеса – счупвания по режещата, съединителната част или в други зони от тялото на инструмента, свързани с непоправим брак на заготовката и инструмента и опасности за работника и машината.

При груби обработки и ударно рязане подходящи са бързорежещите стомани, жилавите и топлопроводни марки металокерамика (P50, K40), като голяма част от износоустойчивите покрития не са подходящи за ударно рязане. Тъй като много от водещите фирми произвеждат и предлагат металокерамични пластини с означения непокриващи точно ISO, от фирмените им каталози трябва да се избират пластините, които по сорт и геометрия са предназначени за груби обработки, което в характеристиките на някои фирми се означава с буквата R или G и цифра 1...5, като по-голямата стойност означава по-силно изразена груба обработка (по-голямо подаване, по-големи сили на рязане, по-голяма ударност на натоварването, обработени повърхнини с големи отклонения от форма, размери и висока грапавост).

При фините обработки по-ефективни са по-твърдите и износоустойчиви материали, независимо от по-малката им жилавост и якост.

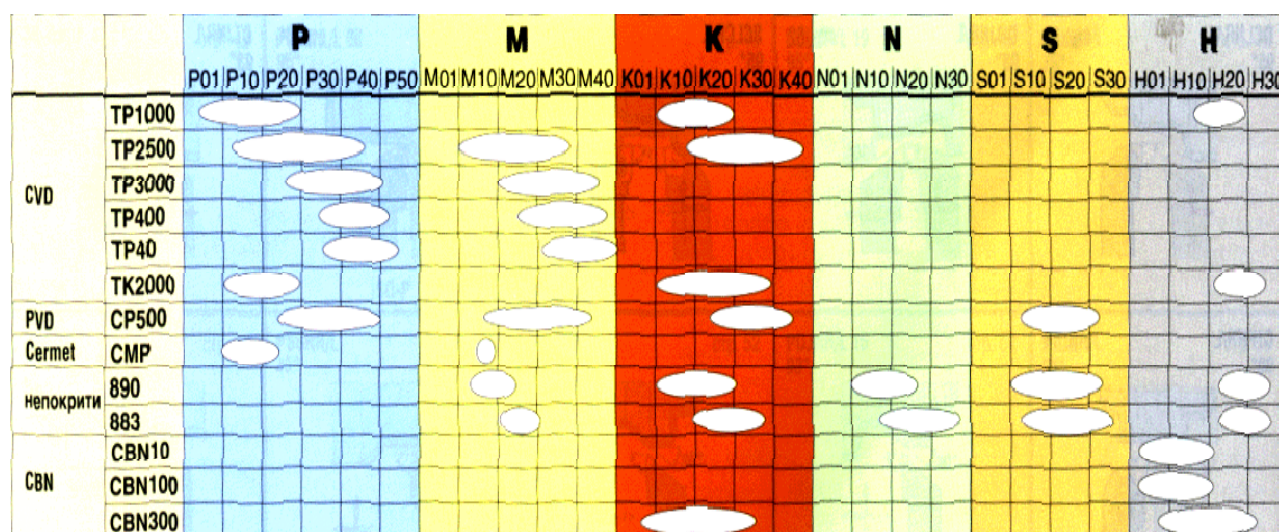
При висока серийност на производството, когато инструментите са силно специализирани за определена заготовка (материал, прибавки, качество на обработената повърхнина), режими и т.н. най-ефективни са инструментите от свръхтвърди материали, режеща керамика и най-износоустойчивите марки металокерамика с добре обосновани и изпитани при експлоатационните условия геометрични параметри. Тези материали са толкова по-ефективни, колкото по-твърди са заготовките, по-равномерни прибавките и по-постоянни условията за работа. Приложението на тези материали изисква стабилни и мощни машини, притежаващи достатъчни високи скорости на движението на рязане, прецизни вретена, плавни,

безстепенно изменящи се в широк диапазон подавания.

При тясната специализация на инструментите се търсят екстремни възможности по отношение на себестойност и производителност на механичната обработка. От фирмените каталози трябва да се избират пластини, предназначени за фини обработки, означавани обикновено с буква F и цифра 1...5, чиято по-малка стойност означава по-силно изразена степен на фината обработката (по-малки прибавки и подаване, по-малки сили на рязане с постоянна стойност, гладки и точни повърхнини).

При ниска серийност на производството, когато с един инструмент по време на смяната се обработват няколко вида заготовки, различни по материал, размери, прибавки и качество на обработената повърхнина, е рационално да се използват поевтини, с универсално приложение сортове инструментални материали – металокерамика с или без покритие, бързорежещи стомани. Водещите фирми предлагат в качеството си на инструменти с универсално предназначение покрита металокерамика за всички случаи с изключение на обработването на алуминиеви сплави, където се използва непокрита керамика с екстремно остри преходи между предната и задна повърхнини. В тези случаи са подходящи и повечето инструменти от бързорежеща стомана, като се допуска известен компромис по отношение на производителност и себестойност на механичната обработка за различните заготовки.

Фирмите производители предлагат металокерамика и кермети със свои фирмени означения. Обикновено това са композиционни материали, чийто състав, структура и технология на получаването им не се публикуват от фирмата производител. Тя постоянно ги обновява, но публикува сравнения за приложенията им с означенията, приети по ИСО за трите основни групи металокерамика (фиг. 13.1).



Фиг. 13.1. Препоръки на фирмени сортове материали, сравнени с ИСО

На фиг. 13.1 са показани препоръчваните сплави за струговане с нанесени покрития съгласно каталога на SECO за 2008 г. Освен приложението за конструкционни стомани, неръждаеми стомани и чугун, означено съгласно ИСО с буквите P, M и K, е показано и приложение за алуминий и цветни метали с N, за топлоустойчиви стомани с S и за закалени стомани с H. Видно е, че примерно фирменият сорт покрита металокерамика TP2500 при обработване на стомани покрива стандартните диапазони от P15 до P35 (три класа по жилавост по ИСО), подходящ е за неръждаема стомана (M10-M30) и чугун (K20-K40). Трите сорта кубичен борен нитрид CBN10... CBN300 се препоръчват за обработване на чугун и закалена стомана.

1.2. Избиране на режещия материал според технологичните му свойства

Технологичните свойства на режещите инструменти са най-важни в етапа на производството им. В това отношение най-технологични са инструменталните стомани, защото могат да се обработват по голям брой различни методи – леене, пластична деформация, заваряване, рязане и др. В етапа на експлоатация интерес представляват свойствата, свързани с възможностите за презаточването им в условията на фирмата, която ги експлоатира, или когато се предвижда ремонт, свързан с възстановяването на счупени зъби, промяна на размери и т.н.

От технологичните свойства на режещия материал в тази фаза на избор на материала най-важно значение имат обработваемостта чрез шлифование заради презаточването, чрез термообработване и заваряване при необходимост от заваряване и наваряване на зъби, чрез термообработка и пластична деформация за ремонт на размери, подобряване на карбидния бал и др., чрез спояване за съставни металокерамични елементи, чрез залепяне за лепени конструкции и т.н.

При презаточващите се инструменти много важен технологичен показател е шлифуемостта, зависеща от марката и топлопроводността на инструменталния материал. По този показател най-подходящи са бързорежещите и легираните стомани, които задължително се шлифват с охлаждане, следвани от жилавите сортове металокерамика. Минералокерамика и свръхтвърдите материали се шлифват още по-трудно на сухо и много внимателно, с малки дълбочини на рязане и подавания.

1.3. Избиране на режещия материал според икономически показатели

Традиционно са се търсили два ефекта – намаляване на разходите на инструменти за единица продукция и употреба на материали, съдържащи по-малко дефицитни химични елементи като волфрам. Тези критерии са се оказали икономически неефикасни. Средно при производство на машиностроителна продукция разходът за режещи инструменти е малък - около 3...7 % от себестойността на продукцията. Много по-големи пера са разходите за амортизация на машините, материали и заплати.

Съвременният критерий за икономическа ефективност е увеличаване на производителността при намалена трайност на режещите инструменти и увеличаване на средствата за тях за сметка на намаляване на общите разходи за механична обработка. Сега водещите фирми препоръчват средната трайност на металокерамичните сменяеми пластини да е 15 min вместо предишната норма от 30...60 min. При това се увеличават режимите и производителността, намаляват се разходите за един час за сгради, машини, енергия, заплати и общите разходи за производство на единица продукция, независимо че се увеличават относителните разходи за режещи инструменти.

2. Условия на работа на режещи инструменти

Технико-експлоатационните и икономическите резултати от работата на металообработващото оборудване в най-голяма степен зависят от правилната експлоатация на режещите инструменти. Те са елементът на технологичната система, характеризиращ се с най-малък срок на експлоатация, най-висока степен на влияние от конкретните условия на работа и най-големи възможности за пряко отражение върху икономическите резултатите от обработването и качеството на детайлите.

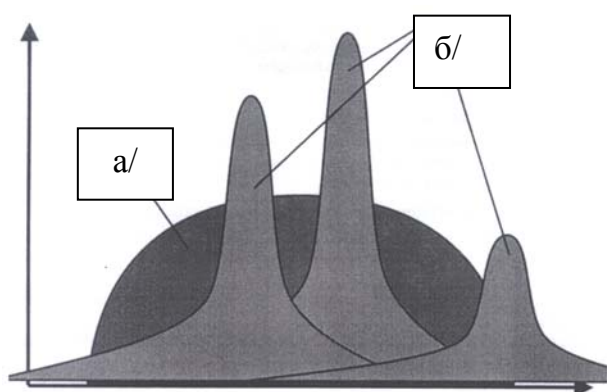
При наличието на стотици марки обработвани материали, видове режещи инструменти, инструментални материали и възможностите за различни съчетания от схеми за изрязване на прибавката и режими на рязане, на всяка металорежеща

машина могат да се проведат милиони възможни комбинации от схеми и условия на рязане, чиито резултати силно ще се различават по производителност, себестойност, надеждност, качество на обработваната повърхнина и др. важни критерии за оценка на механичната обработка.

Обикновено при избирането на условия за експлоатация на инструментите машините се считат за даденост в рамките на фирмата, цеха или работното място, а се избират приспособленията и инструментите, условията за експлоатация, показателите за откази на режещите инструменти – отстраними и неотстраними, както и начините за ремонт, възстановяване и признаците за бракуването на отделни части или цели инструменти.

Рационалната експлоатация на режещите инструменти включва един широк диапазон от организационни и научно-технически мероприятия, отчитащи конкретните условия на експлоатация – обработван материал, серийност, качество на обработените повърхнини, размер и равномерност на прибавките, наличен машинен парк и др. При проектиране и експлоатация на инструментите се решават следните въпроси:

- избиране на конструкция с подходящи параметри на режещата и съединителната части и схема на работа;
- избиране на материал за режещата част;
- избиране на режими на рязане;
- избиране на мажещо охлаждащи среди и др. условия на рязане;
- окачествяване и изпитване на инструментите за доказване на работоспособността им в производствените условия;
- организация на инструменталното стопанство.



Фиг. 13.2. Ефективност на инструменти
а/ универсални б/ специални

Универсалните инструменти имат по-голям диапазон на приложение (фиг. 13.2.а по абсисата) при по-малки стойности на целевата функция (фиг. 13.2.а по ординатата). При използване на специални инструменти (фиг. 13.2.б) по материал на режещата част, геометрични параметри и др. характеристики на инструмента в тесен диапазон на изменение на условията на работа могат да се реализират по-високи стойности на целевата функция (производителност, себестойност и др.)

Условията на работа включват:

- оборудването на работното място – машини, приспособления, наличие на инструментални участъци, складове и заточни отделения, условия за измерване, контрол и изпитване на инструментите;
- заготовката с нейния материал, форма и размери на повърхнините и прибавките, изискванията към грапавостта, взаимното разположение и точността на обработените повърхнини;
- режимите на рязане, условията за използване на различни среди и методи за мазане и охлаждане;
- организационните и материални условия за подобряване на обработваемостта на определени заготовки.

Някои от тези условия са даденост за работното място, поради което ще бъдат

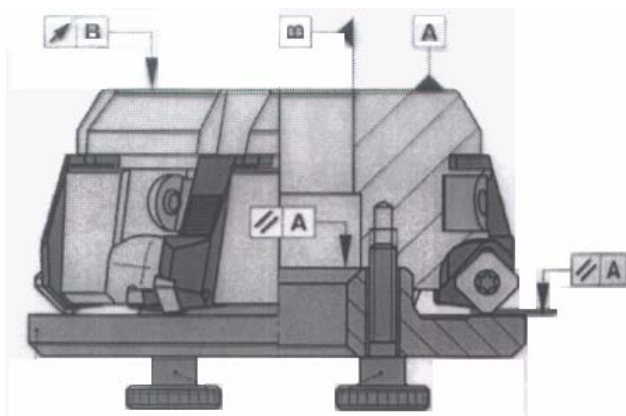
разгледани накратко.

2.1. Изисквания към оборудването

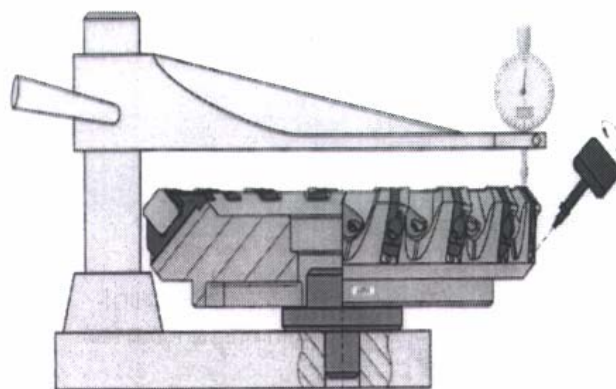
Металорежещите машини трябва да отговарят на стандартните норми за точност, особено на формообразуващите движения. Нормирани са изискванията за радиално биене на вретената на машини с въртливо главно движение на рязане (стругове, фрези, пробивни, шлифовъчни машини) и за точност на направляващите, осигуряващи точността на подавателните формообразуващи движения. Износването на направляващите на машините в определени най-често използвани участъци, както и на придвижващите се по тях супорти, маси и др. работни органи над определени граници изискват ремонт или бракуване на машините. И най-добрите инструменти ще работят незадоволително върху машини в лошо техническо състояние. Колкото инструментите са от по-скъп и високопроизводителен материал, толкова са по-чувствителни към техническото състояние на машината.

Точното базиране и надеждното закрепване на инструмента в машината е много важно условие за успешната му работа. Той трябва да има минимална конзолност, правилна ориентация спрямо заготовката и координатната система на машината. На многозъбите инструменти трябва да се осигури равномерно силово натоварване и благоприятни условия за влизане и излизане от зоната на рязане. Биенето на зъбите води до неравномерно натоварване, бързо износване и счупване, както и по-лошо качество на обработената повърхнина.

Многозъбите въртящи се инструменти трябва да имат нормирано биене на работните повърхнини спрямо определени технологични и измервателни бази (фиг. 13.3), установяването на режещите и скрепителни елементи трябва да се извършва с контролиране на силите и въртящите моменти и със специална екипировка (фиг. 13.4). Челното биене се гарантира или чрез използване на закалени еталонни плочи (фиг. 11.3) или чрез приспособления с измервателни часовници (фиг. 13.4).



Фиг. 13.3. Базови повърхнини и изисквания за геометрична точност на фрезите



Фиг. 13.4. Схема за контролиране и регулиране челното биене на фрезите

Някои инструменти (райбери, метчици, плашки) изискват точно установяване относно оста на работния предходен инструмент. За тях е целесъобразно да се установяват в самонагаждащи се патронници, които компенсират определена несъосност с повърхнината, обработена от предходния инструмент, а не директно да се установяват в инструментодържача на машината. Тази мярка предпазва от счупване и точност на отделната повърхнина, но когато е необходимо точно спазване на междуосови разстояния се налага твърдо водене на инструмента, което влошава работата му на отделните позиции.

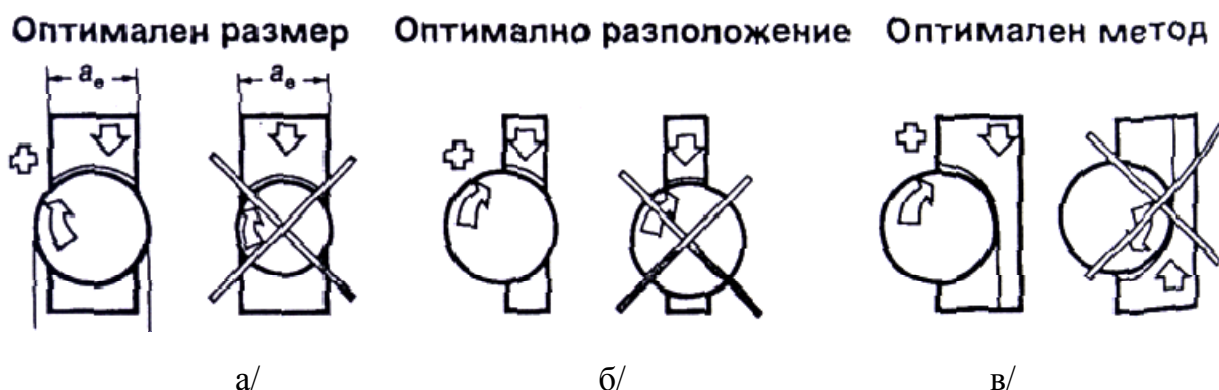
Спомагателните инструменти, служещи за съединяване на режещите части с

вретената и силовите единици на металоурежешите машини също трябва да имат предвидената в техническата документация точност. Това са цанги, дорници, адаптери, втулки и др. междинни елементи, позволяващи установяването на инструментите с призматични и с ротационни базови повърхнини към машините така, че режешите ръбове да са точно позиционирани по зададени координати в координатната система на машината, да са правилно ориентирани спрямо нея и заготовката и надеждно закрепени, като силите и моментите между инструмента и машината трябва да се предават чрез точно обработени повърхнини като равномерно разпределени товари без концентрации в точки или малки контактни площи.

2.2. Условия на рязане

За добрата работа на инструментите от съществено значение са точното установяване относно заготовките, както и схемата на рязане при еднопроходна и при многопроходна обработка.

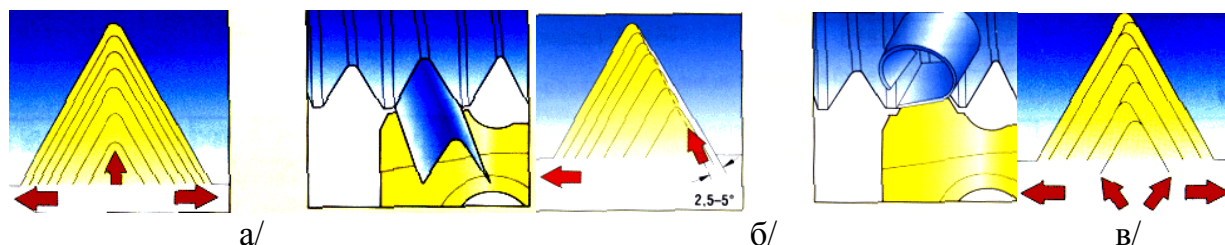
На фиг. 13.5. са дадени препоръчителните и неблагоприятните схеми на челно фрезозане по отношение на съотношението на диаметъра на инструмента и ширината на фрезозане (непълно и пълно симетрично челно фрезозане фиг. 13.5.а), установяването на инструмента относно заготовката (несиметрично и симетрично непълно челно фрезозане фиг. 13.5.б). Не се препоръчват схеми на пълно симетрично фрезозане, несиметричното фрезозане се препоръчва пред симетричното. Важно е влиянието на условията на врязване на режешите зъби (те трябва да се врязват с максималната дебелина на стружката и да излизат от зоната на рязане с минималната и дебелина – (фиг. 13.5.в). Необходимо е да се отчитат предимствата и недостатъците на насрещното и на попътното фрезозане и др.



Фиг. 13.5. Препоръки за установяване на челната фреза относно заготовката

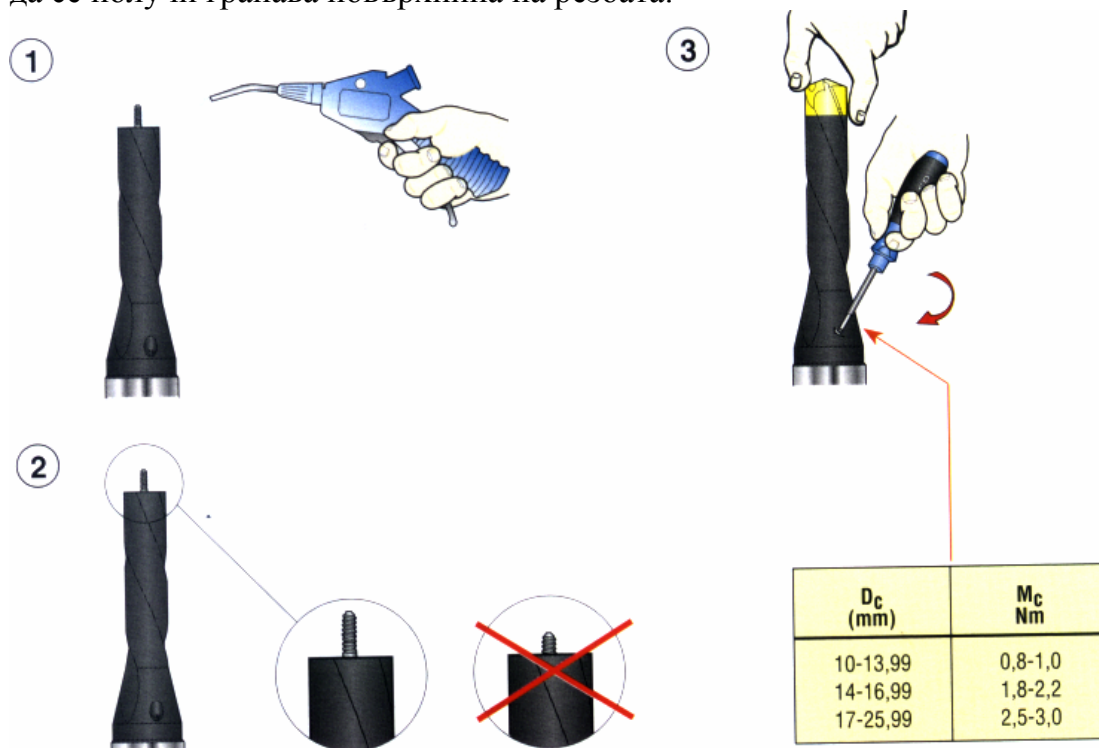
Представените на фиг. 13.6 три метода за струговане на резба се различават по извършване на последователните подавания и имат своите предимства и недостатъци. Работата с радиално подаване между отделните проходи по оста на симетрия на профила (профилна схема на работа, фиг. 13.6.а - ляво) е удобен за работа на универсални стругове, малки стъпки до 2 mm, характеризира се с лошо, несвободно стружкообразуване – (U образна стружка, фиг. 13.6.а – дясно), труден контрол на стружкочупенето и стружкоотвеждането и големи сили на рязане.

Методът с изменена посока на междинните подавания по ъгъл 3...5° по-малък от профилния полуъгъл на резбата (фиг. 13.6.б - ляво) е най-добър за стъпки 2...4 mm и машини с програмно управление. Характеризира се с проста форма на стружката (фиг. 13.6.б - дясно), добри възможности за контрол на стружкочупенето и стружкоотвеждането, получава се много добро качество на обработената повърхнина, а пластината работи само с левия си режещ ръб.



Фиг. 13.6. Методи за многопроходно струговане на резба

Методът с междинни подавания по посока на единия полупрофил се използва, когато няма възможности за реализиране на предходния случай. Прилага се върху машини с програмно управление. Контролът върху стружкоотвеждането е добър, но може да се получи грапава повърхнина на резбата.



1. Почистете внимателно опорната повърхнина на тялото на свредлото за да се отстранят евентуални стружки или парченца.

2. Убедете се, че закрепващият винт е напълно изведен от тялото.

3. Монтирайте новата коронка на винта и я завъртете докато достигне края на резбата.

Завъртете коронката леко обратно до съвпадане на фиксиращите канали.

Натиснете коронката към тялото до заемане на правилна позиция и като същевременно въртете закрепващия винт. Проверете съвпадането на каналите на коронката и тялото.

Закрепете закрепващия винт с динамометричен ключ с показания въртящ момент.

Фиг. 13.7. Инструкция за смяна работната част на свредло

Методът фиг. 13.6.в се прилага за стъпки над 4 mm, осигурява равномерно износване на двата режещи ръба на пластината и по-голяма трайност, но изисква задължително машини с програмно управление и калибровачни последни подавания по профилната схема.

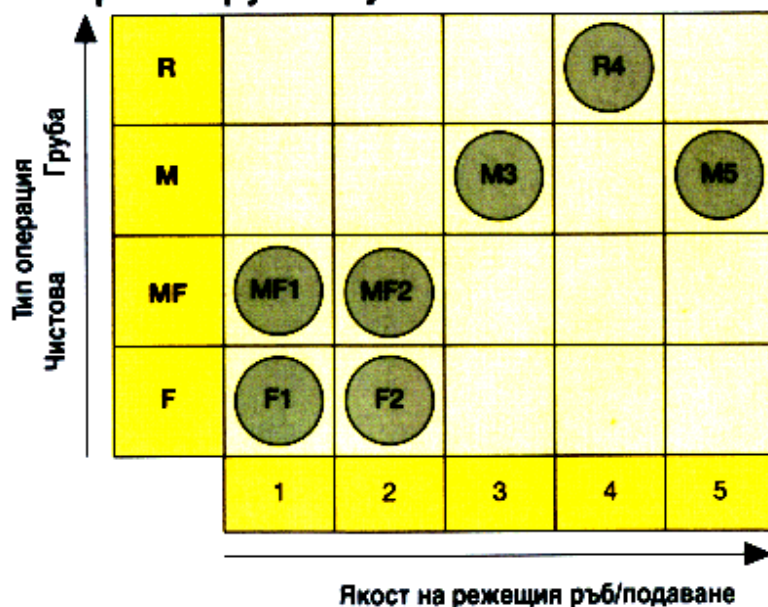
Смяната на режещи пластини и части се препоръчва да се извършва със специални инструменти и с нормирано усилие при закрепването (динамометрични ключове с регламентиран момент на затягане при регламентиран от фирмата производител условия (фиг. 13.7).

Разнообразието на обработвани материали, прибавки с различни стойности и обработвани повърхнини с различни размери, точност и грапавост е обособено от

ведещите фирми в три вида условия на рязане (според постоянството и стойностите на силите, температурите и т.н.) - добри, средни и тежки и три вида обработки (според изискванията към обработената повърхнина) - фини, средни и груби.

Фините обработки, означавани с F и MF (фиг. 13.8) се характеризират с добри условия на рязане, много точни и гладки обработени повърхнини. При тях се използват големи скорости на рязане и малки подавания, предварително обработени заготовки, постоянни прибавки, безударно рязане, плавно влизане и излизане на инструмента от зоната на рязане, ниски и равномерни стойности на силите на рязане. Инструментите са силно натоварени термично и слабо натоварени силово. Използват се най-износоустойчивите и топлоустойчиви материали и най-екстремната геометрия (остри преходи между задната и предна повърхнини, най-големи положителни предни ъгли за съответния материал. Пластините, предназначени за такива обработки се означават с F и цифра, чиято по-голяма стойност означава възможности за работа с по-големи подавания и сили на рязане. Режимът при струговане е в диапазона $a_p = 0,2 \dots 0,8 \text{ mm}$; $f_n = 0,1 \dots 0,2 \text{ mm/tr}$.

Избор на стружкочупене



Фиг. 13.8. Означаване условията на работа и стружкочупене

Средните обработки, означавани с M и цифра, са много разнообразни – чисти до средни стойности на качеството на обработените повърхнини, многобройни възможни комбинации от дълбочини и подавания със средни стойности, допустими са леки удари при рязане. Тук се включват копирни обработки на ковани и лети заготовки със средни по стойност и равномерност прибавки. Използват се средни скорости на рязане и подавания. Режимът при струговане е в диапазона $a_p = 0,8 \dots 3 \text{ mm}$; $f_n = 0,2 \dots 0,4 \text{ mm/tr}$.

Грубите обработки, означавани с R и цифра, са характерни с големи обеми снет материал, ниски изисквания към качеството на обработените повърхнини, максимални дълбочини и подавания. с ударно до прекъснато рязане, ниски скорости, големи сили на рязане, ковани и лети заготовки с големи и неравномерни прибавки, кори с твърди включвания. Инструментите са с големи силови и малки термични натоварвания, с максимална якост и жилавост на режещите инструменти. Режимът при струговане е в диапазона $a_p = 3 \dots 7 \text{ mm}$; $f_n = 0,4 \dots 0,8 \text{ mm/tr}$.

В табл. 13.1 заедно с означението на пластината по ИСО е показано и означението на геометрията, осигуряваща подходящи условия за стружкочупене.

Таблица 13.1. Препоръки за първи избор на режещ елемент и режим на рязане

Режещи пластини																	
Операция	Тип пластина	Дълбочина на рязане	Подаване	№ на детайла	№ за заявка и № на продукта	Група обработвани материали, v_c (m/min)											
						Стомана			Закалени стомани	Неръждаеми стомани		Чугун		Алуминий	Суперсплави		
						1-2	3-4	5-6		7	8-9	10-11	12-13			14-15	16-17
Чистова	TNMG-MF1 	0,2-3,0	0,05-0,25	TNMG 160408-MF1 890	74037189	-	-	-	55	-	90	140	100	550	35		
				160408-MF1 CP500	00091359	-	-	-	-	170	110	-	-	-	45		
	TNMG-MF2 	0,2-3,0	0,1-0,4	TNMG 160404-MF2 TP1000	00001069	600	420	320	140	350	-	280	-	-	-		
				160404-MF2 TP2500	02526375	540	380	290	130	210	120	330	230	-	-		
				TNMG 160408-MF2 TP1000	00001070	520	360	280	120	310	-	240	-	-	-		
				160408-MF2 TP2500	02526378	470	330	250	110	250	150	280	200	-	-		
Средна	TNMG-M3 	0,5-5,0	0,15-0,5	TNMG 160404-M3 TP1000	00001038	540	380	290	120	320	-	250	-	-	-		
				160404-M3 TP2500	02526373	480	340	260	110	250	150	290	200	-	-		
				160404-M3 TP3000	02419206	350	240	190	80	230	140	160	110	-	-		
				TNMG 160408-M3 TP1000	00001039	470	330	260	110	280	-	220	-	-	-		
				160408-M3 TP2500	02526376	430	300	230	100	240	140	250	180	-	-		
				160408-M3 TP3000	02419210	310	220	170	70	210	120	150	100	-	-		
				TNMG 160412-M3 TP2500	02526454	380	270	210	90	190	110	230	160	-	-		
	TNMG-MF3 	1,0-4,0	0,2-0,4	TNMG 220408-M3 TP2500	02526379	430	300	230	100	240	140	250	180	-	-		
				TNMG 220412-M3 TP2500	02526459	380	270	210	90	190	110	230	160	-	-		
Груба	TNMG-M5 	1,5-6,0	0,3-0,6	TNMG 160408-M5 TP1000	00001402	440	300	230	100	260	-	200	-	-	-		
				160408-M5 TP2500	02526377	390	280	210	90	200	120	230	165	-	-		
				160408-M5 TP3000	02419295	290	200	160	70	190	110	130	90	-	-		
				160408-M5 TK2000	02448232	420	290	220	90	-	-	230	160	-	-		
				TNMG 160412-M5 TP1000	00001403	390	270	210	90	235	-	180	-	-	-		
				160412-M5 TP2500	02526455	350	240	190	80	150	90	200	140	-	-		
				160412-M5 TP3000	02419296	260	180	140	60	180	100	-	-	-	-		
				160412-M5 TK2000	02448233	370	260	200	80	-	-	180	120	-	-		
	TNMG 	1,5-6,0	0,35-0,65	TNMG 220408-M5 TP2500	02526380	390	280	210	90	200	120	230	165	-	-		
				220412-M5 TP2500	02526460	350	240	190	80	150	90	200	140	-	-		
TNMM-R4 	1,5-6,0	0,35-0,65	TNMM 160408-R4 TP2500	02526461	370	260	200	80	175	100	210	150	-	-			
			160408-R4 TP3000	02419494	270	190	150	65	180	110	130	90	-	-			
			TNMM 160412-R4 TP2500	02526542	330	230	180	80	120	70	135	95	-	-			
			160412-R4 TP3000	02419495	250	170	130	60	170	100	110	80	-	-			

2.3. Практически правила за избиране режим на рязане

Избраните режими на рязане трябва да осигуряват необходимата производителност, качество и себестойност на операциите, определят силовото и температурно натоварване на инструмента, трайността му и необходимото количество инструменти от дадения вид и размер. Старият подход е избиране на режим по справочници, отчитащи общомашиностроителните норми и условия от осемдесетте години на 20 век. Те не са актуални и не отчитат новите реалности – наличие на нови конструкции, материали и изследвания. Обосноваването на режими за конкретните условия на работа е същностен въпрос на експлоатацията на режещите инструменти, заедно с конструктивното им специализиране.

За инструменти от инструментална стомана, металокерамика и режеща керамика последователността на избиране на режимите е: избор на дълбочина, подаване и скорост на рязане.

Дълбочината на рязане „ a_p ” се избира в зависимост от прибавката с оглед на еднопроходна обработка или минимизиране броя на проходите при ограничения от мощността на машината, якостта и стабилността на заготовката и инструмента за груби обработки и от трайността за чисти обработки. Максималната и стойност трябва да гарантира активната част на режещия ръб „ b ” да не е повече от 75% от дължината му, а при многопроходна обработка дълбочините на отделните преминавания на инструмента последователно трябва да намаляват. Минималната и стойност е равна на радиуса на закръгление при върха на инструмента r_ε . Това условие гарантира добро стружкоформиране. Определянето на активната дължина на режещия ръб е свързано с дълбочината на рязане и главния установъчен ъгъл (тема 2).

Подаването за минута, за едно завъртане или на зъб „ f, f_n, f_z ” се избира при ограничения от мощността и стабилността на оборудването при груби обработки, от трайността и грапавостта на обработената повърхнина при чисти обработки. От гледна точка на правилното стружкоформиране максималната му стойност се ограничава до $0,5r_\varepsilon$, а минималната стойност не бива да е по-малка от радиуса на закръгление на режещия ръб (преходът между предната и главната задна повърхнини).

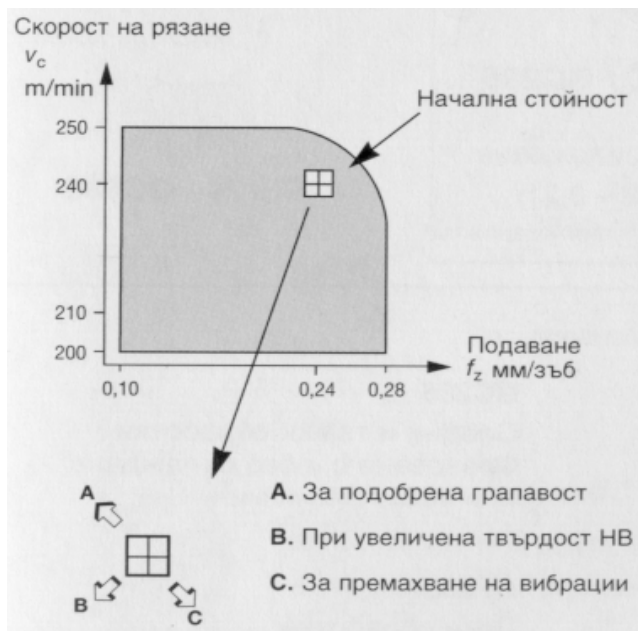
Тъй като режимните параметри са свързани с геометричните по отношение на параметрите на стружката и формообразуването на обработената повърхнина, при чистите обработки връзката подаване – грапавост зависи от стойностите на радиуса при върха r_ε . Табл. 13.2 се отнася за обработване на конструкционни стомани.

Табл. 13.2. Връзка между подаване, радиус при върха и грапавост

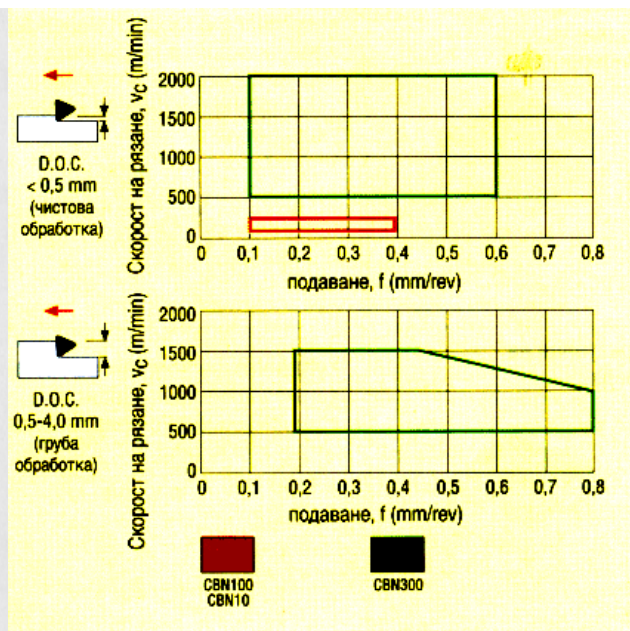
Грапавост $Ra, \mu m$	r_ε, mm					
	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
	Подаване $f_n, mm/rev$					
0,6	0,05	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17
1,6	0,08	0,12	0,16	0,20	0,23	0,29
3,2	0,12	0,16	0,23	0,29	0,33	0,40
6,3	-	0,23	0,33	0,40	0,47	0,57

Скоростта на рязане „ v_c ” се избира на базата на вече избраните параметри на режима дълбочина на рязане и подаване и желаната трайност. В препоръчваната режимна област на един инструмент при по-големи стойности на подаването се избират по-малки скорости за определени условия на работа и обратно. Изменението на режима в координатната система скорост – дълбочина на рязане (фиг. 13.9) дава отражение върху някои важни характеристики на процеса рязане :

- изменението в посока А (увеличаване на скоростта и намаляване на подаването) осигурява по-ниска грапавост на обработената повърхнина;
- изменението в посока на едновременно увеличаване на скоростта и подаването осигурява по-добро стружкоотвеждане и производителност, но и по-голямо силово и температурно натоварване;
- изменението в посока С (намаляване на скоростта и увеличаване на подаването) съдейства за намаляване на вибрациите;
- изменението в посока В (намаляване на скоростта и подаването) осигурява по-голяма надеждност при твърди и труднообработваеми заготовки и намаляване на производителността.



Фиг. 13.9. Влияние на изменението на режима на рязане



Фиг. 13.10. Област на изменение на режима на ножове от CBN

На фиг. 13.10 са показани режимните области на приложение на пластини със споен връх от кубичен боров нитрид CBN10 и с поликристал по цялата предна повърхнина от CBN100 и CBN300 при струговане на заготовки от закалена стомана с твърдост 45...65 HRC.

Базовата скорост на рязане v_1 се препоръчва за еталонен материал, който за пластични и неръждаеми стомани е с твърдост HB = 180, а за чугуни - HB = 260. При други твърдости скоростта се коригира с коефициент k_{HB} (табл. 13.3).

Стандартната трайност на металокерамичните пластини е 15 min, при други стойности скоростта се коригира с коефициент k_T (табл. 13.4).

Табл. 13.3. Стойности на коефициента k_{HB} , отчитащ твърдостта на заготовката

Еталонен материал	намаляваща твърдост			0	нарастваща твърдост			
	-60	-40	-20		+20	+40	+60	+80
P HB = 180	1,44	1,25	1,11	1	0,91	0,84	0,77	0,72
M HB = 180	1,42	1,24	1,11	1	0,91	0,84	0,78	0,73
K HB = 260	1,21	1,13	1,06	1	0,95	0,90	0,86	0,82

Табл. 13.4. Стойности на коефициента k_T , отчитащ трайността на инструмента

T, min	10	15	20	25	30	45	60
k_T	1,11	1	0,93	0,88	0,84	0,75	0,7

Коригираната стойност на скоростта на рязане се определя от зависимостта

$$V_c = v_1 k_{HB} k_T.$$

Избиране на условия за стружкочупене

Видът и размерът на отделяните стружки са важен показател за условията на процеса рязане. Дългите течащи стружки трябва да се избягват, защото трудно се транспортират и могат да се навият, прорежат или разрушат заготовката, инструмента, разположените други устройства и да наранят оператора. Такива стружки дават въглеродните и легираните стомани. Много късите и плътни стружки,

получени при обработване на пластични материали също са неблагоприятни, защото изискват по-голяма енергия за начупването им в процеса на рязане, увеличените сили натоварват в по-голяма степен режещия ръб, възможни са деформации и вибрации. Късата спирална стружка на пластичните материали се отделя леко, изисква по-малка енергия за допълнителното начупване, свързано с приемливо увеличаване силите на рязане, натоварващи режещия ръб.

Крежките материали като чугун, закалена стомана, бронз и др. дават елементни стружки, които не се нуждаят от специални мерки за формиране и начупване на стружката след отделянето и от режещия ръб. Факторите, влияещи върху стружкочупенето са обработваният материал, режимът на рязане, геометрията на инструмента и охлаждането.

Обработваният материал влияе на стружкочупенето чрез твърдостта, якостта, структурата и пластичността си.

Режимът на рязане влияе чрез параметрите скорост v_c , дълбочина a_p и подаване f_n , които определят и размерите на напречното сечение на стружката - ширина b и дебелина h . Увеличаването на скоростта на рязане води до увеличаване дължината на стружката, а увеличаването на подаването води - до по-къса стружка. Съотношението на ширината към дебелината на стружката b/h е важно условие за правилното стружкоформиране. Квадратната стружка ($\chi_r = 90^\circ, a_p = f_n$) е характерна за тежко натоварените процеси на рязане с голям дял на работата за пластична деформация и опасности за оператора. За различните обработвани материали са установени минимални и максимални благоприятни отношения на размерите на напречното сечение (табл. 13.5), като усредненото препоръчително отношение е 10.

Таблица 13.5. Препоръчвани отношения на b/h

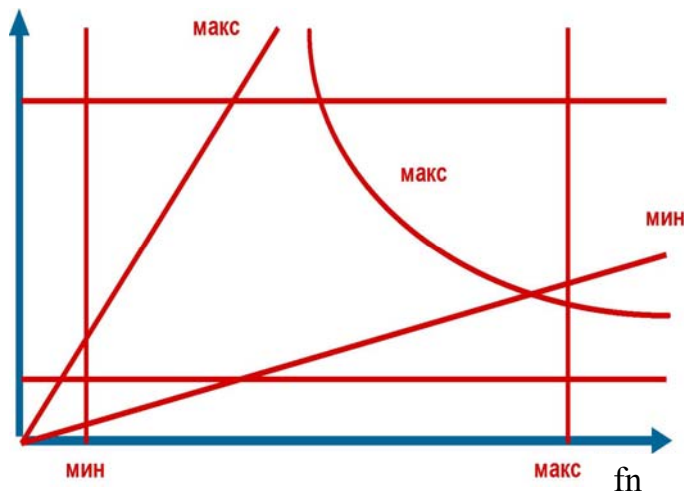
Обработван материал	Минимално отношение b/h	Максимално отношение b/h
Въглеродна стомана	5	15
Неръждаема стомана	8	12
Чугун	3	30
Алуминиеви сплави	10	10

Връзката на размерите между напречното сечение на стружката, елементите на режима на рязане a_p и f_n и главния установъчен ъгъл е еднозначно определена чрез зависимостите

$$b = \frac{a_p}{\sin \chi_r}, \quad h = f_n \sin \chi_r.$$

Фирмите производители предлагат за различните инструменти област на задоволително стружкочупене в координатна система на режима подаване – дълбочина на рязане. На фиг. 13. 11 областта на добро стружкоформиране е заградена между двете верикални линии (минималното и максимално подаване), двете хоризонтални линии (минималната и максимална дълбочина на рязане), две наклонени прави мин и макс, съответстващи на минималното и максимално благоприятно отношение на b/h и една крива, съответстваща на максимално допустимото от гледна точка на силите на рязане сечение на стружката ($b \cdot h = a_p \cdot f_n$).

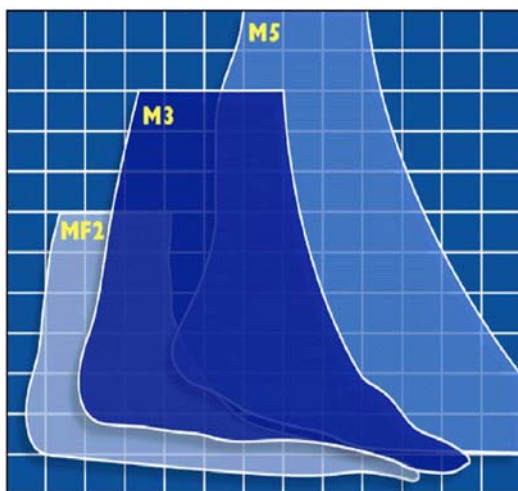
a_p



Фиг. 13.11. Формиране област на
задоволително стружкочупене

Инструментът влияе на стружкочупенето чрез предния си ъгъл γ_f , главния установъчен ъгъл χ_r , радиуса при върха r_ϵ , геометричните елементи на стружкочупещата повърхнина (канали и прагове) и вида на покритието. Големите положителни стойности на предния ъгъл са причина за намаляване на силите, температурите на рязане и грапавостта, но в същото време намаляват якостта на режещите ръбове и броя им, защото пластините не могат да

се обръщат (опорната повърхнина да стане предна). Те водят и до отделяне на дълги стружки.

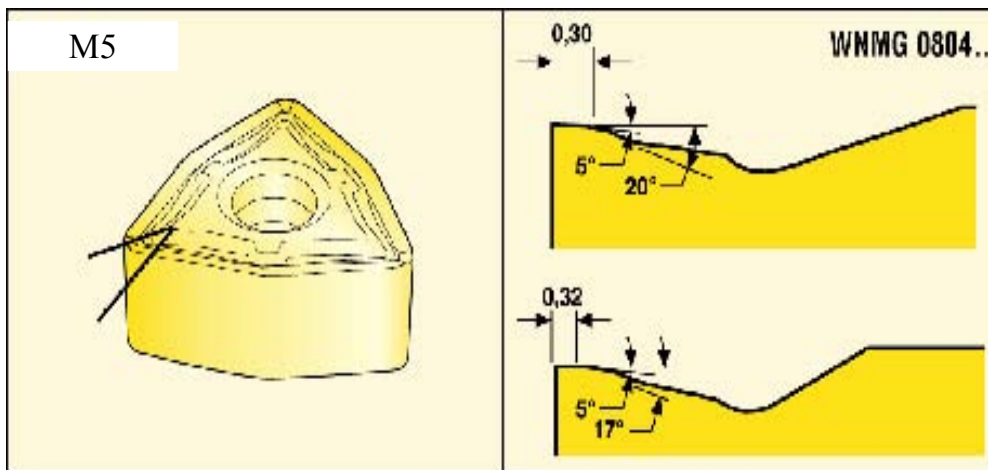


Фиг. 13.12. Сравнение на области
на стружкочупене

На фиг. 13.12 са показани диаграмите на стружкочупене на три пластини. Те фактически очертават областта на практическото им приложение по отношение на подаване и дълбочина на рязане.

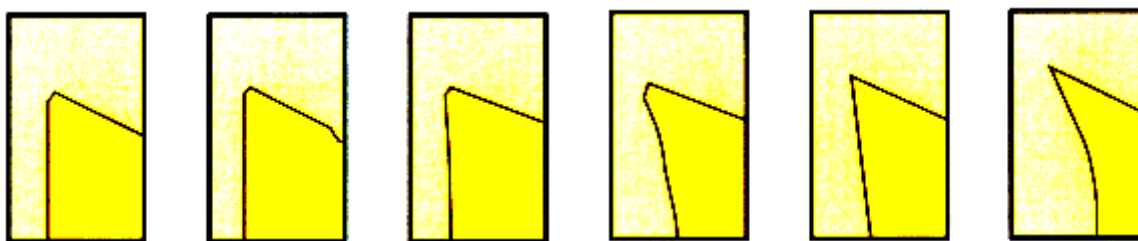
Функционални параметри на стружкочупача се явяват ширината и ъгълът на фаската по предна повърхнина, предният ъгъл, ъгълът на наклона на главния режещ ръб, ширината и дълбочината на стружкочупещото каналче, формата и размерите на стружкочупача. Примерни параметри на стружкочупача на една металокерамична пластина за средни условия на рязане с област на приложение M5 са показани на фиг. 13.13.

Агресивната геометрия на стружкочупача (липса на уякчаваща фаска след режещия ръб, голям преден ъгъл, къс стружков канал, стръмно изкачване пътя на стружката след него) формира къса стружка и намалява якостта на режещия ръб, което се компенсира до известна степен от намалените сили на рязане. Такава геометрия на стружкочупача се прилага предимно за чисти обработки.



Фиг. 13.13. Параметри на стружкочупещата повърхнина М5

На фиг. 13.14 са показани пластини с различни преходи между предната и главната задна повърхнина, определящи различна степен на защита на главния режещ ръб срещу внезапно разрушаване. Екстремно заострената част в крайното дясно положение се използва за фини обработки на леки алуминиеви сплави.



Фиг. 13.14. Сменяеми пластини с различна защита на режещия ръб

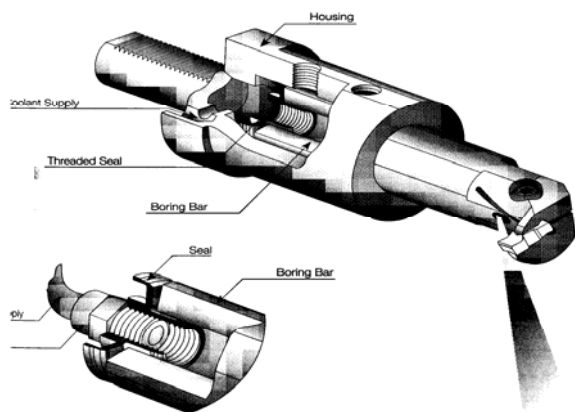
При наличие на фаска с по-голям размер с отрицателен преден ъгъл и стружкочупещ канал, разположен по-далече от режещия ръб той се заздравява, въпреки увеличените сили на рязане, образуваната стружка се начупва на по-дълги елементи. Такава форма се използва предимно при груби обработки.

2.4. Избиране на мажещо-охлаждащи среди, повърхностно активни вещества и други условия на обработване

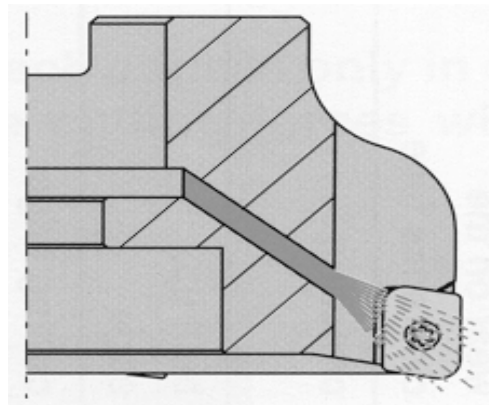
За намаляване на температурата в работната зона, коефициента на триене, дифузията на двойката метали, подобряване отвеждането на стружките от зоната на рязане и качеството на обработваните повърхнини се използват **течни, твърди и газообразни мажещо-охлаждащи среди** (МОС) с различни физико-химични свойства. За всяка двойка материали съществува оптимална температура на рязане. Мажещо-охлаждащите среди допринасят за няколкократно повишаване на трайността и повишаване на гладкостта и точността на обработваните повърхнини. Най-разпространените са течните среди.

Използваните методи на подаване на мажещо-охлаждащи среди са:

- свободно поливане, което е с минимална ефективност;
- струйно подаване под налягане в зоната на рязане чрез дюзи извън инструмента;
- подаване под налягане в зоната на рязане чрез канали в инструмента, с което се помага и на стружкоотвеждането (фиг. 13.15, фиг. 13.16);



Фиг. 13.15. Охлаждане на нож за прорязване на вътрешни канали



Фиг. 13.16. Охлаждане на режещата част чрез канали в тялото на инструмента

- подаване по канали в инструмента без излизане на охлаждащата среда в зоната на рязане. Така не се зацапва с мажещо охлаждащата среда обработената повърхнина, примерно при сиви чугуни (фиг. 5.11).

Твърдите смазки като молибденов сулфид, графит и др. се нанасят като повърхностни покрития във вид на пасти или прахове преди рязане и периодично се възстановяват. Газовите мажещо охлаждащи среди като сгъстен въздух, въглероден диоксид и др. имат голяма проходимост, могат да се подават дълбоко преохладени и добре почистват работната зона от стружки.

Рязането със свръхохлаждане на инструмента или заготовката чрез преохладени течни или газови среди е ново ефективно направление в тази посока. При него се постига намаляване на температурата в работната зона на инструмента със $70...100^{\circ}$ в сравнение с традиционното охлаждане с флуиди при стайна температура. Използването на среди с температура от -30° до -70° е особено ефективно предимно за малки по размер инструменти и води до увеличаване на трайността им 3...5 пъти за инструментална стомана и 2...3 пъти за металокерамика.

Рязането в специални среди, съдържащи повърхностно активни вещества, като CO_2 , O_2 , N_2 и др., които преохладени се използват в зоната на рязане, имат изключително високи мажещи, охлаждащи и проникващи свойства и гарантира както повишена трайност, така и висока корозоустойчивост и гладкост на обработената повърхнина.

Съществени възможности за подобряване на обработваемостта на материалите съдържат различните комбинирани обработки.

Комбинирането на рязане с повърхностна пластична деформация се характеризира с висока производителност, трайност на инструментите и по-нисък разход на енергия за повърхностната пластична деформация, която протича по-лесно в работната зона, предварително нагрята от топлината, отделена при рязането. Така получената обработена повърхнина е по-гладка от получената само чрез рязане, подобряват се повърхностните и свойства (твърдост и микроструктура), степента на деформация е по-голяма от обработката с повърхностна пластична деформация със същия режим, проведена на студено.

Комбинирането на рязане с вибрации гарантира стружкочупенето на определен размер на стружката, независимо от качествата на обработвания материал, режима на рязане и геометричните параметри на инструмента. Наложените вибрации при някои специални случаи на струговане, дълбоко пробиване и др. предизвикват периодична промяна на сечението на стружката или пълното и прекъсване,

увеличават трайността и избягват счупванията на инструмента, дължащи се на брикетирание на стружката в каналите или навиването и около инструмента и заготовката.

Комбинирането на рязане с нагриване на обработената повърхнина в зоната на рязане води до намаляване силите на рязане поради намалените якост и твърдост на заготовката в сравнение с тези при стайна температура. То се използва при рязане на трудно обработваеми материали от които се снемат големи прибавки. Нагриването се извършва върху цялата заготовка или локално (пред инструмента) по газопламъчен, електроконтактен или електроиндуктивен метод.

3. Характерни неизправности на режещите инструменти

Бързо износване

При нормална експлоатация на инструментите се развива монотонно нарастващо износване по определени повърхнини (фиг. 13.17). Ако рязането не се преустанови, постепенно се развиват микропукнатини по режещите ръбове, а по-късно макропукнатини, изронване и отчупване на определени участъци. Експлоатацията на инструментите трябва да се ограничава само в износване по контактните повърхнини, като се създават условия то да не протича прекалено бързо.

Бързото износване може да се дължи на причини, свързани с инструменталния материал, с конструкцията на инструмента, с режимите на рязане или технологичната система.

Причините, свързани с инструменталния материал са неправилно избрана марка, структура (за инструменталните стомани), твърдост и гладкост на контактните и базовите повърхнини. За инструменталните стомани трайността зависи много от качеството на термообработката, карбидния бал и заточването. Увеличеното износване, дължащо се на лош карбиден бал изисква подобряването му чрез коване и нова термообработка. Прегорелите при заточване тънки повърхностни слоеве и режещи ръбове се възстановяват чрез заглаждане и притриване при обилно охлаждане с малки дълбочини и скорости на рязане до премахване на дефектния повърхностен слой.

Бързото износване по причина на инструмента може да се дължи на задни ъгли с недостатъчни или отрицателни стойности поради грешки в конструкцията, в установяването, на преходи с големи радиуси между задната и предна повърхнини или на ъгъла при върха при работа с малки дълбочини на рязане.

Бързо износване се получава при рязане с много високи или с много ниски скорости, високи температури в зоната на рязане, при използване на неподходящи по състав, количество и метод на подаване мажещо охлаждащи среди.

Намаляването на скоростта на износването изисква смяна на инструменталния материал с по-износоустойчив, прилагане на по-обилно охлаждане или на по-ефективен метод на подаване на охлаждащата среда в зоната на рязане, намаляване на скоростта на рязане и анализиране елементите на геометрията на режещата част.

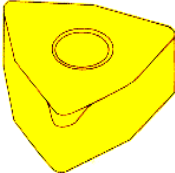
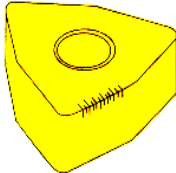
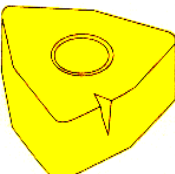
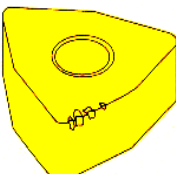
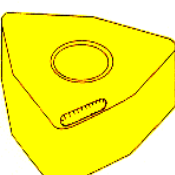
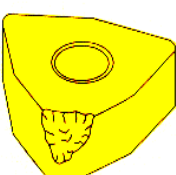
Изронване по режещите ръбове

Изронване по режещите ръбове се наблюдава при:

- неправилна термообработка, предизвикала високи вътрешни напрежения или микропукнатини в инструменталната стомана;
- недостатъчна якост на режещата част, дължаща се на големи задни и предни ъгли или материал с недостатъчна якост;
- голямо силово натоварване при работа с високи стойности на подаването и дълбочината на рязане;

- резки изменения на силите на рязане, дължащи се на прибавки с кори, твърди включвания в материала на заготовката, обработване на прекъснати повърхнини и наличие на вибрации;

- големи вътрешни напрежения в режещата част, дължащи се на заваряване, спояване или заточване при недобре контролирани режими.

Износване по задната повърхнина и режещия връх 	• намаляване скоростта на рязане • избиране на по-износоустойчива сплав	Поредица от пукнатини 	• използване на обилен поток охлаждаща течност или спиране на охлаждащата течност • намаляване на скоростта на рязане • намаляване на подаването
Образуване на бразда 	• намаляване на скоростта на рязане • намаляване на подаването • избиране на инструмент с по-малък установъчен ъгъл	Изкъртване на режещия ръб 	• увеличаване на скоростта на рязане • намаляване на подаването • избиране на по-здраво стружкочупене • намаляване на вибрациите
Образуване на кратер 	• да се използва охлаждане • избиране на по-износоустойчива сплав • намаляване на скоростта на рязане • намаляване на подаването	Отчупване на режещия връх 	• намаляване на подаването • намаляване на дълбочината на рязане • избиране на по-жילהва сплав • избиране на по-здраво стружкочупене • избиране на по-дебела пластина

Фиг. 13.17. Неизправности по режещата част

Тези дефекти изискват коригиране на конструкцията чрез презаточване, коригиране на режимите на рязане. Подходяща е смяната на сорта металокерамика с по-пластичен и топлопроводен, замяната на металокерамиката с бързорежеща стомана, увеличаване на радиуса при върха (ако изронването е в областта на върха), замяна на пластина с остър преход между предната и задна повърхнини с такава с по-плавен преход (фаска, закръгление).

Счупвания на режещите инструменти

Счупванията на режещите инструменти могат да се получат в контактната зона, извън контактната зона на режещата част, по базовите повърхнини или в други зони на инструментите. Те се дължат предимно на силови фактори:

- високи стойности на подаването и дълбочината на рязане;
- експлоатация на инструменти с голямо износване;
- пакетиране на стружките в стружковите канали, особено при инструментите за обработване на отвори;
- биене на зъби на многозъбите инструменти или счупване на отделен зъб, което влошава условията за работа на следващия (удвоява подаването му);
- увеличена якост на обработвания материал от силен наклеп или твърди включвания.

Често счупванията се дължат на работата на машини с влошена точност, неправилно ориентиране на инструмента спрямо заготовката, голяма конзолност на установените инструменти, удари от небалансирана въртяща се заготовка, небалансиран инструмент или прекъсната обработена повърхнина.

Силите на рязане могат да се намалят чрез намаляване на подаването и дълбочината на рязане, което е свързано с намалена производителност. Без загуба на производителност те могат да се намалят с подходящи конструктивни решения:

- използване на установъчни ъгли χ_r , променящи съотношението между ширината и дебелината на стружката и ъгли на наклона на главния режещ ръб λ_s , водещи до по-плавно влизане и излизане на режещия ръб от зоната на рязане;
- използване на по-големи предни ъгли, намаляващи силата на рязане;
- двустранно предаване на въртящия момент от машината към инструмента (при резбонарязващи инструменти);
- използване на по-дебели пластини с по-големи радиус и ъгъл при върха;
- схеми на изрязване на прибавката, гарантиращи проста форма на стружката и подобро стружкоотвеждане;
- оформяне на крехките режещи ръбове с подходящи преходи;
- изменението на броя, формата и взаимното разположение на стружковите канали;

- разполагането на базовата повърхнина на режещата пластина успоредно на задната повърхнина (за груби обработки в тежкото машиностроене) и др.

Подточването на напречния режещ ръб на свредлата значително намалява осовата сила и чупенето при пробиване. Използването на безканални метчици или на метчици със стружкови канали само по режещата част намалява 3...5 пъти чупенията на инструментите с малки диаметри. Врязването на режещата част на свредлата трябва да бъде с по-малко подаване, което се увеличава след навлизане на калибровачната част в отвора. Инструментите, дообработващи отвори трябва да се установяват в самонагаждащи патронници или да се позиционират по предварително обработения отвор чрез програмното управляващо устройство на машината.

Налепване на стружки по контактните повърхнини

Налепването на стружки по контактните повърхнини се среща предимно при инструменти за обработване на вътрешни повърхнини и предизвиква рязко влошаване на грапавостта на обработената повърхнина, намаляване на трайността и чупене на инструментите. Явлението е характерно за рязане на пластични и цветни метали, обработвани от металокерамични инструменти без охлаждане. Дължи се на дифузионни и адхезионни процеси и големи сили на триене.

Отстраняването на налепване изисква използването на гладки и твърди контактни повърхнини на инструментите. Намаляване на триенето се постига чрез хромиране или използване на покрития, даващи по-малко триене, използване на мажещо охлаждащи среди с повишено мажещо действие, увеличаването на задните, предни и установъчни ъгли, облекчаващи лесното отвеждане на стружката.

Пример за подходящо конструктивно мероприятие срещу налепването на стружки по метчиците е шахматното изрязване на витките на резбата и затиловането на калибровачната част на инструмента.

Недостатъчна точност и гладкост на обработената повърхнина

Лошото качество на обработената повърхнина може да се дължи на лошото техническо състояние на машината, лошо базиране и закрепване на инструмента, деформации на тънкостенните и нестабилни заготовки при преминаване на

инструмента, биене на режещите зъби и др.

Грапавостта силно зависи от установъчните ъгли и радиуса при върха, наличието на наслойка, подаването, лошото отвеждане на стружките, надракващи обработената повърхнина и грубото заточване на контактните повърхнини и режещите ръбове на инструмента. Предната и задна повърхнини трябва да имат грапавост средно $Ra = 0,63 \dots 0,08 \text{ }\mu\text{m}$. Новозаточеният инструмент трябва да има закръгление между предната и задна повърхнини с радиус не по-голям от $5 \dots 10 \text{ }\mu\text{m}$, което се постига само при пресичане на достатъчно гладки повърхнини. Високи изисквания за точност и гладкост ($Ra = 1,25 \dots 0,32 \text{ }\mu\text{m}$) се предявяват и към базовите повърхнини на инструментите.

Причина за лошото качество на обработената повърхнина може да бъде променената твърдост и структура на материала на заготовката. Ако металографски анализ я потвърди, необходимо е тя да се коригира чрез подходяща термообработка.

В табл. 13.6 са представени решения на типичните проблеми при механична обработка чрез струговане, а в табл. 13.7 – при фрезозване. Знакът $\uparrow$ препоръчва увеличаване стойностите на съответния фактор, $\downarrow$ препоръчва намаляване на стойностите му, а $\oplus$ контрол и настройка. Примерно при грапава обработена повърхнина се препоръчва увеличаване на радиуса при върха на инструмента и скоростта на рязане, намаляване на подаването и прилагане на вид и метод на мажещо охлаждаща среда според обработвания материал и др. конкретни условия, което изисква специфично решение за конкретния случай или провеждане на изследване.

Таблица 13.6. Мерки срещу неизправности при струговане

проблеми \ мерки	ε_r	V_c	f_n	Жилавост	Износоустойчивост	Фаска на РР	МОС
Грапава повърхнина	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$				$\oplus$
Вибрации	$\downarrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\oplus$			
Наклеп		$\uparrow$	$\uparrow$	$\oplus$			$\oplus$
Счупване			$\downarrow$	$\uparrow$			$\oplus$
Гребеновидни пукнатини				$\uparrow$			$\uparrow$
Износване по A_α		$\downarrow$			$\uparrow$		
Износване по A_γ		$\downarrow$	$\uparrow$		$\uparrow$		
Нашърбване на РР		$\oplus$	$\oplus$		$\oplus$	$\oplus$	
Деформации по РР	$\oplus$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\oplus$			

Таблица 13.7. Мерки срещу неизправности при фрезозане

Мерки	Vc	fn	Жилавост	Износоустойчивост	χ_r	γ_o	Фаска на РР	Стабилност	Челно и радиално биене	Допустимо износване	Настройване	МОС	Закрепване касета	ap
Проблеми														
Грапава повърхнина	↑	↓					↓	↑	↓	⊕	⊕	⊕		⊕
Вибрации	⊕	⊕			↓	↑		↑	↓					⊕
Наклеп														
Счупване		↓	↑			⊕		↑		⊕				⊕
Гребеновидни пукнатини	↓													
Износване по A_α	↓	↑		↑			↑			⊕				
Износване по A_γ	↓	↓		↑								↑		
Нащърбване на РР	↓	↓	↑			⊕	↑	↑		⊕				⊕
Деформации по РР	↓	↓		↑						⊕				
Наслойка	↑	↑			⊕	⊕						↑		↓
Задържане на стружки					⊕	⊕								⊕
Големи сили на рязане	↓	↓			↓									↓

4. Ремонт и възстановяване на инструментите

По време на експлоатацията режещите инструменти постоянно изменят състоянието си, поради което непрекъснато трябва да се следи за външния им вид, особено състоянието на базовите и работните им повърхнини.

Допустимо общо износване

Допустимото общо износване зависи от вида, предназначението и материала на режещата част. Така например при грубо струговане с инструменти от инструментална стомана се допуска износване по задна повърхнина 1...1,5 mm, а при чисто – 0,5...0,7 mm, докато за чисто фрезозане с цилиндрични, дискови и профилни фрези то е 0,2...0,4 mm, като за по-твърдите материали се допуска по-малко износване. Препоръки за стойностите на износването се дават в табличен вид в справочната литература за различните видове обработки, инструменти и инструментални материали.

При автоматизираното производство не е удобно износването да се измерва върху машините. За него се съди по косвен път чрез съпътстващите го явления – увеличаване на силите и температурите на рязане, амплитудите на вибрациите и т.н.

Презаточването е основната операция за възстановяване работоспособността на режещите инструменти след износване, изронване по режещата част, голямо биене на зъбите и др. неизправности. То се извършва на ръка или на заточни машини. Централизираното заточване изисква обособяване на централно заточно отделение със специално обучени работници, машини и приспособления, осигуряващи висока производителност и качество на заточването.

Характеристиката на заточващите дискове и режимите на рязане трябва да се избират обосновано като се следи температурата в зоната на рязане да не превишава топлоустойчивостта на инструменталния материал.

Ръчното заточване на режещите инструменти силно зависи от субективния фактор, то е слабо производително и води до силно разсейване на експлоатационните възможности на инструментите (трайност и качество на обработената повърхнина). То е недопустимо за многозъби инструменти и такива от минералокерамика, свръхтвърди материали и за автоматизирано производство.

При инструментите с непрезаточващи се режещи части с достигане на пределното износване се сменя режещия ръб или режещата пластина. Ако е достигнат лимитът на износването за чиста обработка, режещите пластини могат да се използват за груби обработки преди бракуването си.

Възстановяване на режещите инструменти

Възстановяването на износените режещи инструменти води до голямо съкращаване на разхода им. То се извършва по няколко начина:

- пълно възстановяване на размерите;
- възстановяване само на работните му размери;
- преработване в инструмент от същия вид, но с други размери (презаточване на райбер в такъв с по-малък диаметър);
- преработване в друг вид инструмент.

Пукнатини, счупени зъби и др. се възстановяват чрез заваряване и наваряване.

Чрез отгряване и коване могат да се увеличат диаметралните размери за сметка на дебелината на инструмента (при шевери). Възстановяване на размерите в малки граници може да стане чрез хромиране или подходяща термообработка.

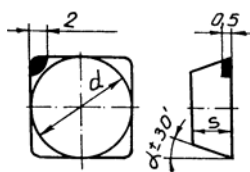
При нагряване на инструменталните стомани съдържащият се в структурата им остатъчен аустенит преминава в мартензит, което е свързано с известно увеличаване на размерите. При дълбоко охлаждане също става разпадане на остатъчния аустенит и се извършва известно увеличаване на обема и размерите.

Стойността на възстановения или ремонтиран инструмент се определя с отчитане стойността на възстановяването и факта, че възстановеният инструмент има по-малка трайност - 70-80% от тази на новия.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Скоростта на рязане v_c при обработване на стомана с HB = 240 е:

- а/ равна на базовата б/ по-голяма от базовата в/ по-малка от базовата



2. Показаната пластина с връх от CBN е подходяща за:

- а/ чисто струговане на закалена стомана с $a_p = 0,3 \text{ mm}$
 б/ грубо фрезование на чугунена отливка с променливо $a_p = 3-7 \text{ mm}$
 в/ разстъргване на алуминиев отвор с шпонков канал $a_p = 1 \text{ mm}$

3. Бързото изронване на режещите ръбове **не може да се дължи** на:

- а/ високо температурно натоварване б/ вътрешни напрежения
 в/ големи радиуси на прехода между A_γ и A_α

4. Изборът на **подаване при фини обработки** зависи едновременно от:

- а/ точността и α_o б/ R_a, γ_o в/ R_a, r_ϵ

5. Фините обработки (F) **се характеризират** с:

- а/ минимални f_z и a_p
 б/ минимални v_c и f_z в/ минимални v_c и максимални a_p

6. Подходящи за вграждане във фреза с регулируемо разположение на режещите елементи относно тялото са пластините:

- а/ с малка точност и цена
 б/ с висока точност и цена в/ всякакви с тази форма и размери

7. Челното фрезозане на плоча с ширина B е най-благоприятно да се извърши с фреза с диаметър D , подбран при условие: а/ $D > B$ б/ $D < B$ в/ $D = B$
8. За грубите обработки **не са характерни**: а/ малки равномерни прибавки б/ ниски скорости на рязане в/ обработване на прекъснати повърхнини
9. Скоростта на рязане v_c при обработване на чугун с $HB=220$ е: а/ равна на базовата б/ по-голяма от базовата в/ по-малка от базовата
10. При многопроходно нарязване на резба дълбочината на рязане при последователните преминавания трябва да: а/ нараства б/ остава постоянна в/ намалява
11. При тежки условия на рязане и единично производство **се препоръчват** инструменти от комбинацията: а/ CBN, корундова керамика б/ P40, K40 в/ P10, M10
12. Благоприятното съотношение на ширината към дебелината на срязвания слой метал е: а/ $b/h = 10$ б/ $h/b = 10$ в/ $h=b$
13. От две металокерамични пластини със стружкочупежи канали, означени с F1 и M1 (фиг. 11.8) по-подходяща за рязане на големи прибавки е означената с: а/ F1 б/ M1 в/ двете са еднакво подходящи
14. От две металокерамични пластини със стружкочупежи канали, означени с F1 и F2 (фиг. 11.8) подходяща за рязане с по-големи подавания е означената с: а/ F1 б/ F2 в/ двете са еднакво подходящи
15. При разстъргване с две металокерамични пластини, означени с R4 и R8 (фиг. 13.8) по-благоприятна за груби обработки и тежък режим е означената с: а/ R4 б/ двете са еднакво подходящи в/ R8
16. Какво трябва да се промени за намаляване силите на рязане?