

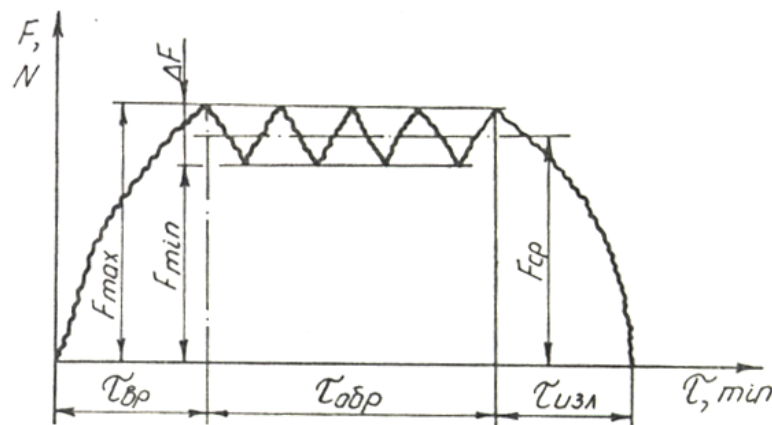
## ТЕМА 4. ДИНАМИКА И ТРЕПТЕНИЯ НА РЕЖЕЩИТЕ ИНСТРУМЕНТИ

Реалната повърхнина на заготовката се формира както под въздействие на кинематичните фактори (главните движения на рязане и подаване) и геометричните фактори (формата на инструменталната повърхнина), така и под влияние на силовите фактори. Това са силите на рязане; инерционните сили, свързани с изменение скоростта на движенията; центробежните сили от неуравновесени въртящи се маси; сили от топлинни деформации и др.

Силите и температурите на рязане са разгледани в дисциплината “Рязане на материалите”. Тук ще се разгледат някои специфични въпроси като постоянство на силите на рязане, трептения при рязане на материалите и средства за борба с тях.

### 1. Постоянство на силите на рязане

Промяната на силите на рязане води до възникване на динамични натоварвания, които променят деформационното състояние на технологичната система и създават предпоставки за възникване на трептения. Силите на рязане са непостоянни във времето. Промяната им за един преход е показана на фиг. 4.1.



Фиг.4.1. Промяна на силата на рязане за един преход

По време на връзването за време  $\tau_{вр}$  силата  $F$  се изменя от 0 до  $F_{max}$ . По време на обработването  $\tau_{обр}$  силата се изменя като колебанието е  $\Delta F$ , а при излизане на инструмента от зоната на рязане за време  $\tau_{изл}$  се намалява от  $F$  до 0. Върху скоростта на натоварване и разтоварване на инструмента силно влияят времената  $\tau_{вр}$  и  $\tau_{изл}$ , които зависят от конструкцията на инструмента и формата на прибавката. Така например при малки установъчни ъгли  $\chi_r = 5 \div 45^\circ$ , характерни за метчици, райбери и др., връзването и излизането са по-плавни, а при  $\chi_r = 90^\circ$ , характерно за упорни ножове, процесите са ударни, ако прибавката не намалява плавно в краищата на обработваната повърхнина. Скоростта на натоварване и разтоварване на някои инструменти като челни фрези силно зависи от параметрите на установяване, чрез които могат да се управляват условията на входа и изхода на контакта на инструмента със заготовката.

Колебанието на силата на рязане  $\Delta F$  по време на обработката зависи от броя и конструкцията на едновременно работещите зъби (пр. при протегляне те

се променят с един зъб), изменението на прибавката и механичните характеристики в различните зони на заготовката и се определя по зависимостта

$$\Delta F = F_{\max} - F_{\min}.$$

При работа на инструмент с един режещ ръб, имащ непрекъснат контакт със заготовката,  $\Delta F$  е сравнително малка и зависи от равномерността на прибавката и еднородността на материала (дърво с чепове, чугун с графитни включения). При еднозъбни инструменти с прекъснат контакт със заготовката (струговане на вал със шпонков канал)  $F_{\min} = 0$  и  $\Delta F = F_{\max}$  е най-голямото колебание на силата.

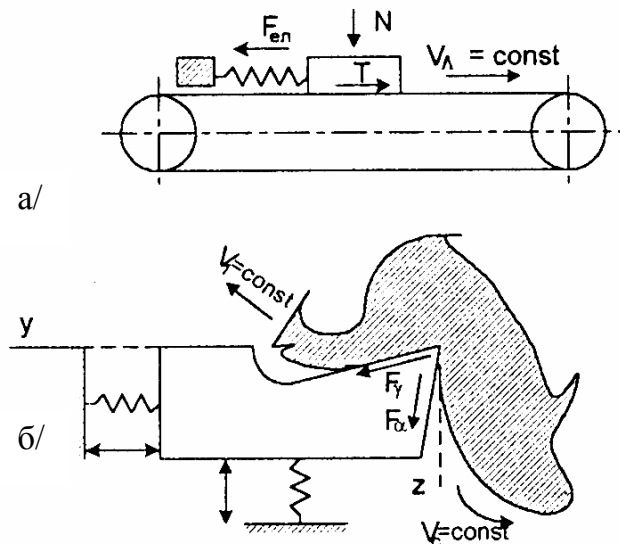
При инструменти с по-голям брой едновременно режещи зъби (протяжки, фрези)  $\Delta F$  намалява, но  $F$  се променя с влизането и излизането на всеки зъб в зоната на рязане. Динамичността на процеса се определя с един от показателите за равномерност на силата:

$$K_1 = \frac{F_{\max}}{F_{\min}}; \quad K_2 = \frac{F_{\max}}{F_{cp}}; \quad K_3 = \frac{\Delta F}{F_{cp}}.$$

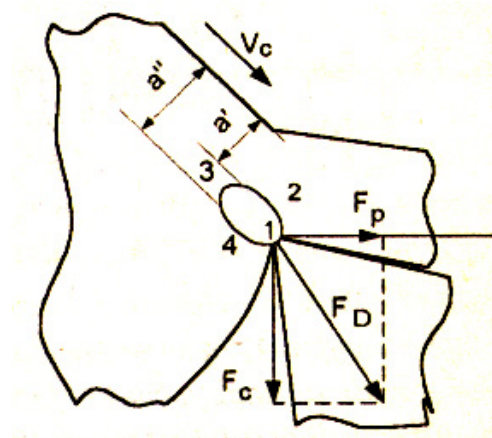
Увеличаването стойността на коефициентите  $K_i$  е свързано с увеличаване на неравномерността на силовото натоварване със средна стойност на силата  $F_{cp}$  и е предпоставка за възникване на трептения в технологичната система.

## 2. Механизъм за възникване на трептения в технологичната система

Наличието на трептения в технологичната система превръща процеса на рязане в ударен, налага ограничения върху режимите, предизвикващи намаляване на производителността. Те рязко намаляват трайността на инструментите, влошават точността и грапавостта на обработената повърхнина, увеличават износването на машините, причиняват шум, увреждащ слуховия и вестибуларен апарат на работниците. Това налага да се познават механизма на възникването им, влияещите фактори и средствата за борба с тях.



Фиг. 4.2. Модели на еластична система



Фиг. 4.3. Траектория на върха на инструмента при рязане в условия на самовъзбуждащи се трептения

Механизмът на превръщане енергията на едно постъпателно равномерно праволинейно движение в равномерно трептеливо се онагледява с линейния модел на Ван дер Пол (фиг. 4.2.а), състоящ се от свързан с пружина товар с маса  $N$  поставен върху равномерно движеща се лента със скорост  $v_n$ . При движението на лентата надясно товарът се отнася в същата посока, пружината се опъва при

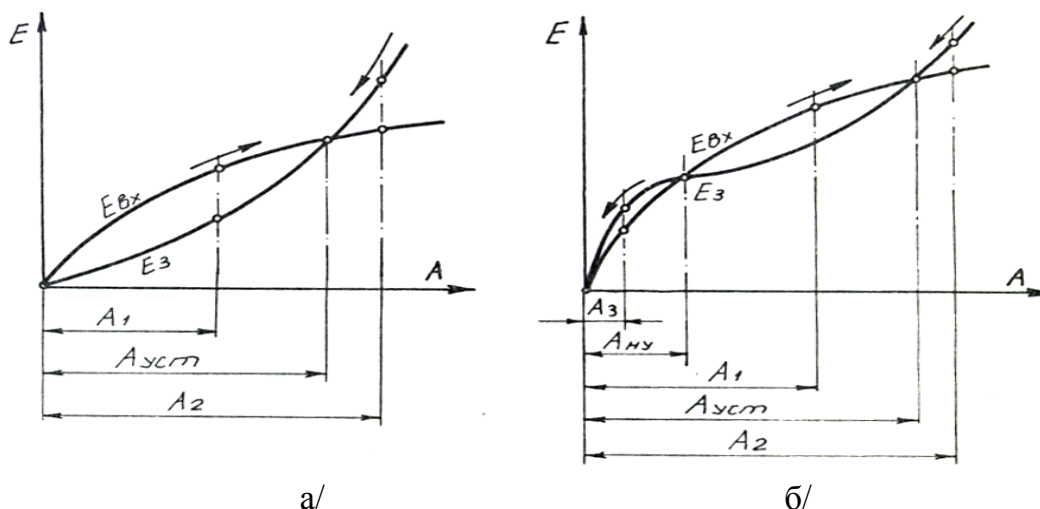
което нараства силата  $F_{пр}$ , стремяща се да отмести товара наляво. Постоянната сила на триене  $T$  задържа товара неподвижен относно лентата до изравняването и със силата на пружината. След изравняването на двете сили товарът се премества наляво до начално положение и започва нов цикъл на придвижване надясно - наляво през определен интервал от време. При постоянни характеристики на системата  $v_d$ ,  $N$  и сили  $T$  и  $F_{пр}$  и коефициент на триене  $\mu$ , зависещ от скоростта на рязане, се установява режим на равномерно трептливо движение на товара по направление на движението на лентата.

В зоната на рязане действа аналогичен равнинен модел (фиг. 4.3.б). Ако се приеме че заготовката е много стабилна и всички деформации се отнесат към инструмента, ролята на  $F_{пр}$  се поема от силите за еластично въздействие на инструмента в напречно и вертикално направление. На силата  $F_{тр}$  от линейния модел съответстват силите на триене на стружката по предна повърхнина  $F_{\gamma}$  и на заготовката по задна повърхнина  $F_{\alpha}$ , на постоянната скорост на лентата съответстват постоянните скорости на стружката и заготовката.

Примерно под влияние на периодично изменящата се между  $a'$  и  $a''$  прибавка и увеличаване на съответната сила на рязане с  $\Delta F$  върхът на ножа периодично се стреми да заеме равновесното си положение в еластичната система, движейки се по контура 1-2-3 при намаляване на прибавката и по контура 3-4-1 при нейното увеличаване (фиг. 4.3). При наличие на възбудител в зоната на рязане инструментът получава установено трептливо движение с параметри амплитуда  $A$  и честота  $f$ .

### 3. Еластична система

Елементи на еластичната система са инструментът, заготовката и свързаните с тях възли на технологичната система (за струг – задно седло, вретено, нождържач и др.). Източник на енергия в еластичната система е двигателят, който генерира енергия както за главните движения, така и за съпътстващите процеси на триене, трептливи движения и др. придружаващи явления. Механизмът на възбуждане се изразява в преобразуването на постоянната енергия на външно въздействие в енергия на трептливото движение. Съществена роля в това отношение има дефазирането във времето на моментното изменение на силите и съответстващите им деформации, които закъсняват във времето.



Фиг. 4.4. Трептящи системи а/ с мека б/ с твърда характеристика

Енергийните загуби за извършване на трептеливото движение от реалната система играят ролята на стабилизиращ фактор на амплитудата. Условието за енергийно равновесие на входящата енергия  $E_{вх}$  и на енергийните загуби  $E_{з}$  определя стойността на амплитудата на трептеливото движение на еластичната система. При системите с меко самовъзбуждане (фиг. 4.4.а) на действието на случайно трептеливо движение с амплитуда  $A_1 < A_{уст}$  еластичната система реагира с нарастване стойностите на амплитудата до установяване на равномерно трептеливо движение с амплитуда  $A_{уст}$ . При случайно въздействие върху системата с амплитуда  $A_2 > A_{уст}$  системата реагира чрез намаляване на амплитудата  $A$  до равновесната и стойност.

При еластични системи с твърда характеристика (фиг. 4.4.б) системата гаси всички случайни трептения с амплитуда по-малка от тази на неустановеното равновесно положение  $A_{ну}$ . Твърдата характеристика включва в себе си меката. След точката на енергийно равновесие, съответстваща на  $A_{ну}$ , системата реагира аналогично на системата с мека характеристика – променя амплитудата на трептеливите движения до  $A_{уст}$ .

#### **4. Видове трептеливи движения**

Трептеливите движения на елементите на еластичната система в зависимост от източника на възбуждане и зоната на действието им са принудени и самовъзбуждащи се (автотрептения).

##### **4.1. Принудени трептения**

Принудените трептения се дължат на причини, действащи извън зоната на рязане. Това са трептения с източник, действащ:

- извън машината, като трептенията се предават чрез фундамента и тялото и към зоната на рязане (пр. работеща наблизко преса, щанца, преминаващ транспорт и др.);
- небалансирани двигател, заготовка или въртящ се инструмент при въртеливи работни движения;
- биене на задвижващите валове, винтове на машината, износени паралели и др.

Тези трептения се отразяват като надлъжни вълни върху обработената повърхнина (фиг. 4.5). Принудените трептения са с ниска честота и не се поддават на действието на виброгасящи средства. Борбата с тях се състои в точното установяване на причините за възникването им и вземане на мерки за тяхното отстраняване – балансиране на електродвигателя, фундаментирането му отделно от машината, недопускане в близост до машината да работят машини с ударно действие (преси, чукове, тежък транспорт), ремонт или смяна на износени части на машината и др.

При нормални условия на работа рязането трябва да протича без наличие на принудени трептения.

##### **4.2. Автотрептения**

Автотрептенията се дължат на причини, свързани със заготовката и инструмента и действащи в зоната на рязане. Такива са:

- колебания на силите на рязане поради неравномерна прибавка, дължащи се на биене, ръбоватост, вълнообразност и др. отклонения от формата на заготовката, водещи до периодични колебания на силите на рязане;
- вибрационни следи от предшестваща обработка, проведена в условия на

трептения, които фактически променят дълбочината на рязане;

- твърди, меки зони и колебание в механичните характеристики на заготовката (пр. обработване на отливки с твърди включения и меки графитни зони);

- периодично образуваща се и откъсваща се наслойка и др.

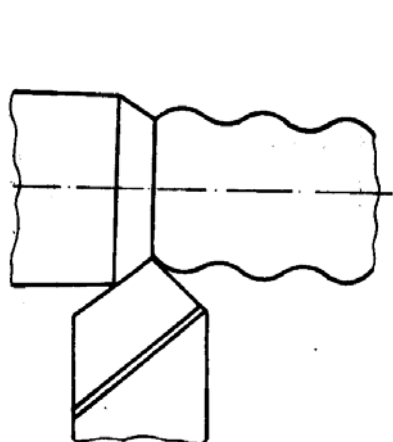
Реално в зоната на рязане почти винаги съществува причина, извеждаща еластичната система от равновесното и състояние.

Трептенията на заготовката обикновено са нискочестотни, а на останалите елементи на еластичната система – високочестотни. Следите от трептенията на отделните елементи често могат да се установят визуално:

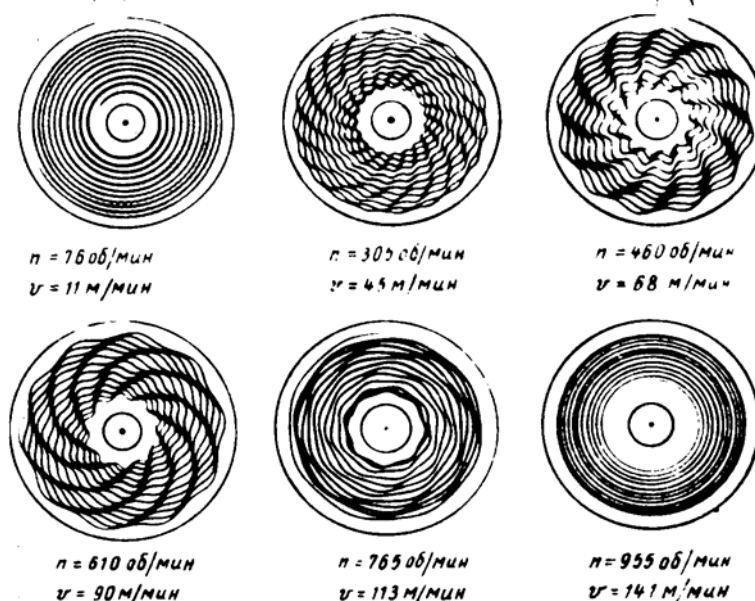
– трептенията на заготовката оставят по обработената повърхнина следи, подобни на многоходова резба;

- тези на задното седло оставят следи, успоредни на оста;

- високочестотното трептене на инструмента с честоти от звуковия спектър често предизвиква характерен звук (пищене) и др.



**Фиг. 4.5.** Следи от принудени трептения, дължащи се на биене на ходовия вал



**Фиг. 4.6.** Влияние на  $v_c$  върху А

## 5. Влияние на условията на рязане върху автотрептенията

Условията на рязане включват режима на рязане, геометричните параметри на инструмента, механичните свойства на заготовката и условията, създадени от технологичната система (метод на установяване, наличие на люнети, конзолности, маси).

### 5.1. Влияние на режима на рязане и сечението на срязвания слой

Промяната на скоростта на рязане  $v_c$  влияе двояко върху амплитудата на установеното трептеливо движение. Увеличаването и води до увеличаване честотата на въртеливото главно движение на рязане (на инструмента или заготовката). При това честотата му може да стане близка до собствената честота на трептене на елемент от еластичната система, като при резонанса се получава характерно рязане с вибрации. По-нататъшното увеличаване на  $v_c$  отново се дефазира собствената честота на трептене спрямо принудената честота на главното движение на рязане и амплитудата на трептеливото движение намалява (фиг. 4.6). За да се осъществи този ефект е необходимо многократно намаляване или увеличаване на скоростта на рязане, което не осигурява рационални режими

за експлоатация на инструментите.

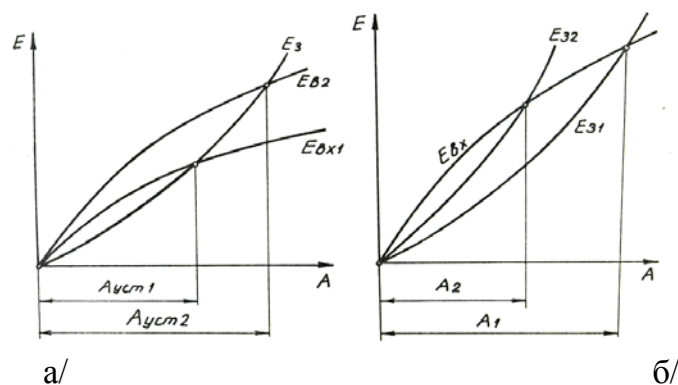
Втората линия на влияние на скоростта на рязане  $v_c$  върху амплитудата на трептеливото движение  $A$  е чрез влиянието и върху входящата енергия  $E_{вх}$ . С увеличаване на скоростта, подаването и дълбочината на рязане входящата енергия нараства от  $E_{вх1}$  до  $E_{вх2}$ , а амплитудата на установеното трептеливо движение се увеличава значително от  $A_{уст1}$  до  $A_{уст2}$  (фиг. 4.7.а).

Срязваният слой влияе на трептенията чрез съотношението на ширината към дебелината на напречното му сечение  $b/h$ . Амплитудата на трептенията нараства при големи стойности на това отношение. Числителят нараства с увеличаване дълбочината на рязане и намаляване на главния установъчен ъгъл, а знаменателят нараства с увеличаване на подаването и главния установъчен ъгъл.

Обобщено може да се каже, че амплитудата на трептенията нараства значимо с увеличаване на скоростта (ако не се преминава през резонансни зони) и дълбочината на рязане и намалява слабо с увеличаване на подаването.

### 5.2. Влияние на геометричните параметри на инструмента

Геометричните параметри на инструмента влияят на амплитудата на трептеливото движение чрез влиянието си върху  $E_{вх}$  (чрез силите и мощността на рязане) и  $E_з$  (чрез промяна на условията на контакта инструмент - заготовка и на енергията, необходима за извършване на трептеливото движение). Влиянието на геометричните параметри е сложно, често противоречиво. С увеличаване на предния ъгъл  $\gamma_0$  и намаляване на радиуса при върха  $r_\epsilon$  се намаляват силите на рязане и  $E_{вх}$  и се създават условия за намаляване на амплитудата на трептеливото движение. От друга страна по-тъпата форма на режещия клин в главната секуща равнина  $P_0$  (отрицателни стойности на  $\gamma_0$  и малки стойности на  $\alpha_0$ ) и в основната равнина  $P_r$  (малки стойности на  $\chi_r$  и  $\chi_r^I$ ) води до увеличаване на необходимата енергия за врязване на инструмента в заготовката при всеки цикъл на трептеливото движение и увеличаване на  $E_з$ . Увеличаването на  $E_{з1}$  до  $E_{з2}$  води до намаляване на амплитудата на установеното трептеливо движение от  $A_1$  до  $A_2$  (фиг. 4.7.б).



Фиг. 4.7. Влияние на  $E_{вх}$  и  $E_з$  върху  $A$

Големите стойности на ъгъла на наклона на режещия ръб  $\lambda_s$  влияят значително на предните и задни ъгли, особено при големи дълбочини на рязане), увеличават плавността на натоварване и разтоварване на режещия ръб, което е много важно при обработване на прекъснати повърхнини и неравномерни прибавки. Те създават и условия за незадържане на наслойката по предната повърхнина.

### 5.3. Влияние на условията на работа

Механичните свойства на материала на заготовката (якост, твърдост и равномерност на разпределението им по обработваната повърхнина) влияят съществено върху амплитудата на трептенията. Рязането на твърди и яки материали (неръждаеми, закалени, сложно легирани стомани и др.) обикновено е съпроводено с вибрации поради големи стойности на силите на рязане и  $E_{vх}$  в зоната на рязане.

Влиянието на силите на рязане не може да се разглежда като влияние на независими фактори тъй като те са функция на гореизложените фактори. При различните им съчетания се реализират различни съотношения между  $F_c$ ,  $F_r$  и  $F_f$ . Главната сила на рязане  $F_c$ , която е с най-голяма стойност, огъва и усуква заготовката, огъва инструмента и формира основната част от мощността на главното движение и  $E_{vх}$ . Силата  $F_f$  оказва слабо влияние върху енергетичните разходи на процеса рязане, но определя основната част от мощността на подавателното движение. Промяната в стойностите на двете сили, придружаваща износването, предизвиква деформации и трептения, допирателни на обработената повърхнина, които слабо влияят на нейното качество и на амплитудата на самовъзбуждащите се трептения в направление нормално на обработената повърхнина.

Напречната сила  $F_r$  натиска и огъва заготовката и инструмента нормално на обработената повърхнина. Влиянието и върху мощността на рязане и  $E_{vх}$  е намалено чрез коефициента на триене на двойката материали. Моментните колебания на тази сила  $\Delta F_p$  оказват най-голямо влияние върху автотрептенията, тъй като деформациите се копират директно върху обработената повърхнина. Нейното колебание е решаващо за възникване на автотрептения в процеса на рязане.

Коравината на елементите на трептящата система са от определящо значение за автотрептенията. Увеличаването на  $E_z$  може да се постигне в достатъчно висока степен чрез използване на по-тежък патронник, схема на установяване между патронник и център, използване на люнети, минимални конзолности на заготовката и инструментите и т.н. Ограничаване на деформациите се постига и за сметка на използване на материали с по-висок модул на еластичност. Едно съвременно решение примерно е тела на разстъргващи ножове да бъдат изработвани от металокерамика.

### 6. Виброгасители

Средствата за борба със самовъзбуждащите се трептения се наричат накратко виброгасители. Те се различават по принципа на действие и по конструкцията си. Не съществуват теоретични методи, позволяващи в процеса на конструирането им да се гарантира полезен ефект в разнообразните конкретни условия. За всеки конкретен случай на обработка е необходимо да се извършва експериментално уточняване на параметрите на виброгасящите средства.

#### Подбор на геометричните и режимни условия на работа

Това е най-простото средство, което обикновено не се нуждае от специална материална база. Методът се състои в намиране на геометрични параметри на инструмента и режим на рязане, осигуряващи удовлетворителни резултати (малки колебания на силите на рязане, особено на  $\Delta F_p$ ), избягване на условията

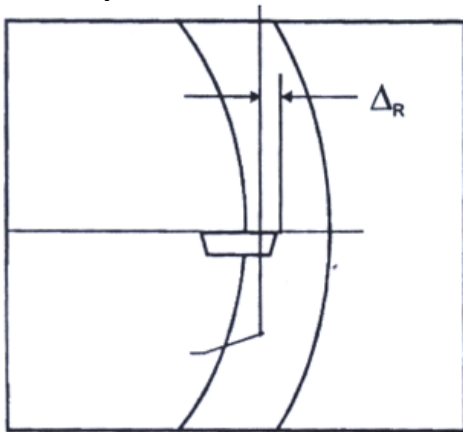
за образуване на наслойка, осигуряване на равномерно сечение на срязвания слой, плавно връзване и излизане на инструмента от зоната на рязане.

За целта се използват подходящи стойности на:

- ъглите на режещата част  $\gamma_0 = 10^\circ \dots 20^\circ$ ,  $\lambda_s = \pm 20^\circ \dots 30^\circ$ ,  $\alpha_0 = 0,5^\circ \dots 3^\circ$ ;  $\chi_r = 90^\circ$ .

- малки стойности на радиуса при върха на инструмента  $r_\varepsilon$ ;
- режещи ръбове с остри преходи между предната и задна повърхнини;
- средства за гарантирано начупване и извеждане на стружката;
- мажещо охлаждащи среди със силен мажещ ефект;
- режим с по-малки стойности на скоростта и дълбочината на рязане и големи стойности на подаването;
- компенсация на еластичните деформации на инструмента в радиална и в тангенциална посока по отношение на заготовката.

Компенсацията на деформацията на режещата част на разстъргващ нож  $\Delta_R$ , дължаща се на изменението на радиалната сила на рязане  $F_r$  при определена конзолност и инерционен момент на държача може да се извърши чрез настройване



**Фиг. 4.8.** Компенсация на радиалната деформация

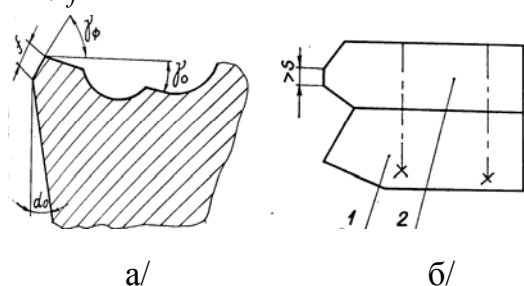
на дълбочината на рязане с прибавяне на еластичната деформация  $\Delta_R$  (фиг. 4.8) при настройване на  $a_p$ . Посоката на еластичната деформация е различна за вътрешни и за външни повърхнини.

Компенсацията на деформацията  $u$  на режещата част на нож във вертикална посока, дължаща се на изменение на тангенциалната сила на рязане  $F_s$  може да се извърши чрез вертикално настройване на върха на ножа над центрите на разстояние  $u$ .

### Използване на виброгасяща фаска по предната повърхнина

Новият острозаточен инструмент е по-склонен към вибрации поради намалените стойности на  $Ez$ . След определена работа по него се образува поясче на естествено износване, увеличаващо контактната площ със заготовката,  $Ez$  нараства и  $A$  намалява. Известен полезен ефект има изпълнението на изкуствена фаска (фиг. 4.9.а) с размери  $f = 0,1 \dots 0,2 \text{ mm}$  и  $\gamma_f = -80^\circ$ .

При свредла с такава форма на режещата част се получава по-малко разбиване на отвора. Съчетаването на тази фаска с положителен преден ъгъл не бива да увеличава значително силите на рязане. Това се постига при спазване на определени съотношения дълбочината на рязане към подаването и към размера на фаската.



**Фиг. 4.9.** Виброгасители а/ с виброгасяща фаска б/ комбиниран нож

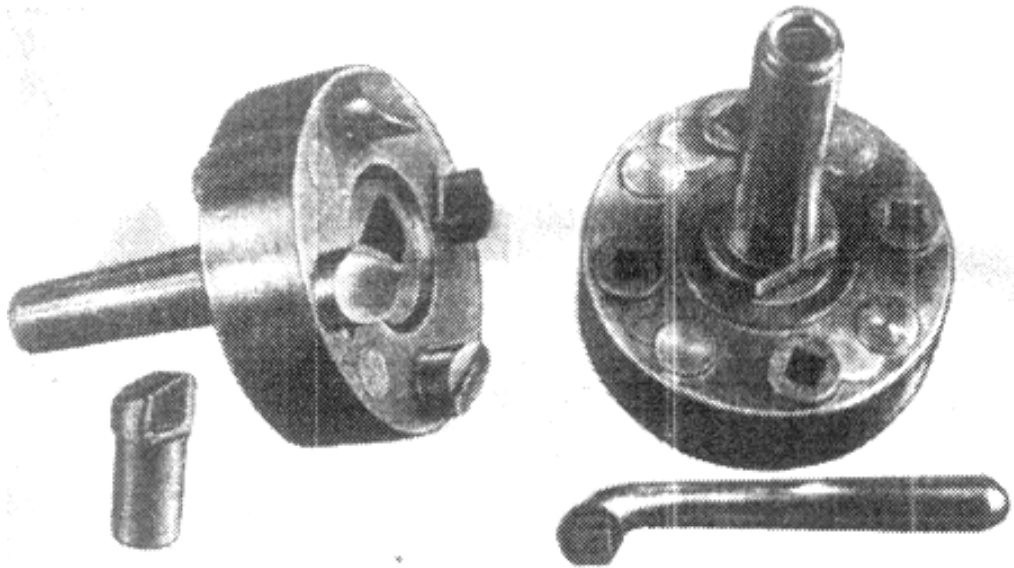


## Комбиниран нож

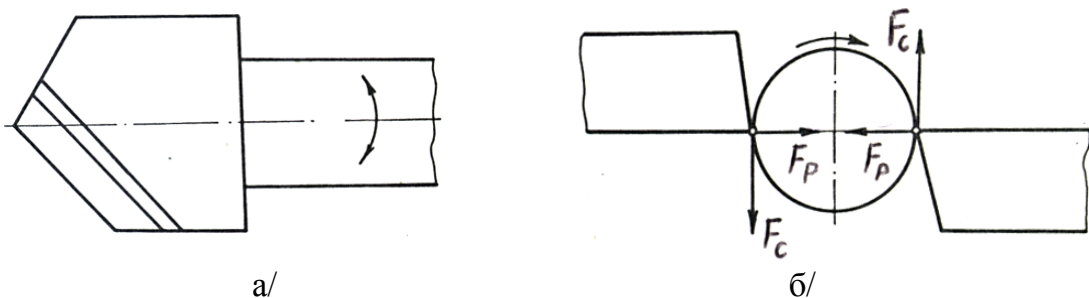
Инструментът е комбинация от два ножа (фиг. 4.9.б). Нож 1 с традиционна геометрия е установен над центрите на машината (за намаляване на  $\alpha_0$ ). Сдвоеният с него нож 2, установен на височината на центрите притежава спомагателен режещ ръб с ъгъл  $\chi_r = 0^\circ$  и с дължина по-голяма от стойността на подаването  $f_n$ . При съвместната работа на двата ножа вторият срязва гребенчетата, оставени от първия нож. Комбинираният нож работи с няколко пъти по-голямо подаване при намалена амплитуда на трептенията и задоволително качество на обработената повърхнина. Ефектът се дължи на увеличените стойности на  $E_z$ , необходими за извършване на трептливо движение, нормално на обработената повърхнина.

## Нож с призматична глава и кръгла опашка

При тази конструкция при постоянни стойности на геометричните параметри, чрез завъртане на ножа около оста на опашката се реализират различни стойности (положителни и отрицателни) на ъгъл  $\lambda_s$ , което води и до съвместно изменение на стойностите на предните и задни ъгли (фиг.4.11.а). Освен за ножове методът е приложим и за други инструменти като челни фрези и др. На фиг. 4.10 е показана челна фреза, чиито зъби могат да се установяват чрез различни стойности на ъгъл  $\lambda_s$ . Така опитно, без презаточване могат да се установят най-благоприятните условия на рязане за даден конкретен случай.



Фиг. 4.10. Челна фреза с ножове с призматична глава и цилиндрична опашка



Фиг. 4.11. а/ Нож с призматична глава и цилиндрична опашка  
б/ Схема на работа на два диаметрално симетрично разположени ножа.

### **Система от два диаметрално симетрично разположени ножа**

Методът е ефективен при обработване на дълги и нестабилни заготовки при наличие на двусупортна машина (фиг.4.11.б). При съвместната работа на ножовете въртящите моменти, създадени от тангенциалните сили на рязане се сумират, но нестабилната заготовка се огъва в основната равнина от моментната разлика на радиалните сили, която е много по-малка от измененията на стойностите на единичните сили, при което се реализират по-малки амплитуди на трептеливото движение, нормално на обработената повърхнина и в резултат могат да се прилагат по-производителни режими на рязане.

### **Промяна на стабилността на технологичната система**

Методът е с много голяма ефективност. Средствата се свеждат до промяна на масата, конзолността и коравината на елементите на трептящата система, с което се променя собствената им честота на трептене (пр. запълнена с пясък дълга тръбна заготовка с временно заварени фланци). Може да се използва по-лек или по-тежък патронник, подпиране със задно седло, използване на подвижни или неподвижни люнети, намаляване на конзолността на инструмента и др. Съотношението на конзолността към размера на напречното сечение на държача на ножа трябва да не превишава 3...6, като над тези стойности обикновено се появяват вибрации, а при отношение над 9...10 те задължително присъстват.

Използването на материали за държачи с по-голям модул на еластичност от този на стоманите (например металокерамика) води до по-малки стойности на еластичната деформация, а оттам и на амплитудата на трептенията.

Изменението на собствената честота на трептене и увеличаването на стабилността на технологичната система увеличава значително Ез, намалява амплитудата на трептеливото движение и разрешава използване на по-производителни режими, неограничавани от вибрационния ефект.

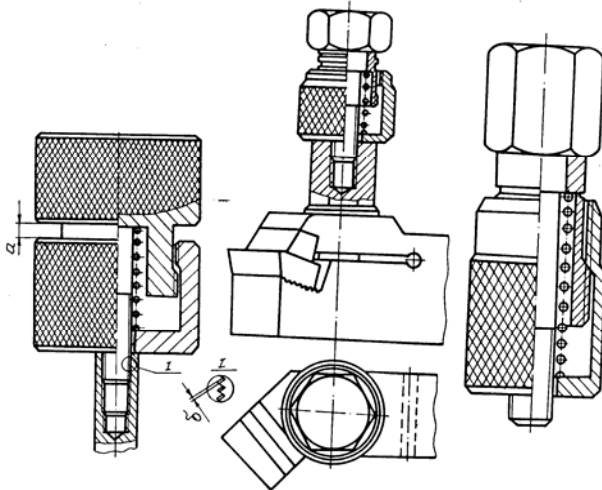
Редица водещи фирми произвеждат инструменти с вградени в тях виброгасители (пр. разстъргващи ножове с хидропластмаса, гума и др.), които при трептенията деформират еластичен елемент, увеличавайки Ез.

### **Пружинни виброгасители**

Пружинните виброгасители са конструкции, съдържащи пружини, маси и хлабини, чието правилно съчетание привежда масите в равномерно трептеливо движение, дефазирано на  $180^{\circ}$  спрямо трептенията на съответния елемент на технологичната система (заготовка или инструмент). Полученият ударен виброгасящ ефект се реализира от конструкция с по-малка маса от конструкцията на аналогично средство със статично действие и същата степен на намаляване на амплитудата на трептеливото движение (примерно люнет). Параметрите на виброгасителите (маси, хлабини, пружинни константи) се установяват опитно. Пружинните виброгасители са подходящи за едросерийно и масово производство, където се настояват за конкретните условия на рязане.

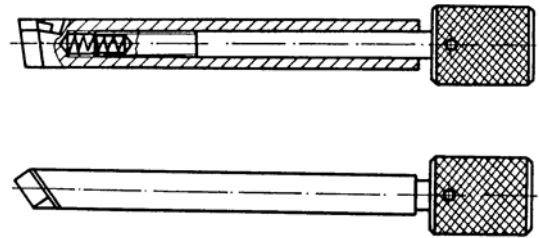
На фиг. 4.12 ляво е показана виброгасяща група, позволяваща на двете маси, свързани с резбово съединение с определена хлабина  $\delta$ , да имат трептеливи движения с известно фазово изместване по посока на оста. Групата се задвижва от трептенията на елемент на еластичната система (инструмент на фиг. 4.12 централна фигура, фиг. 4.13 и заготовка на фиг. 4.14). При по-тежки режими на рязане се използват виброгасители, в които значителна енергия на загубите се реализира при деформирането на пружинни пакети. Най-голям ефект този принцип реализира при съчетание на работата на пружинните пакети с

пневматични, пневмохидравлични и др. системи със сложна конструкция (фиг. 4.14).



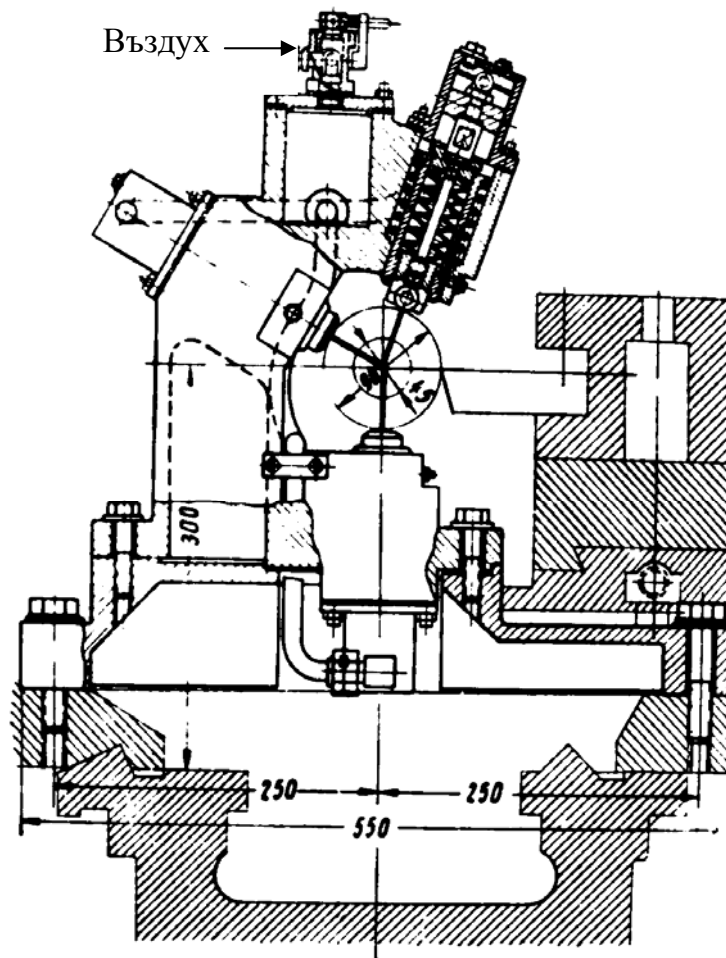
**Фиг. 4.12.** Пружинен виброгасител за проходен нож

В определени случаи механичното обработване се провежда в условия на наложени трептения на инструмента с определена честота и амплитуда.



**Фиг. 4.13.** Разстъргващ нож с пружинен виброгасител

Примерно при пробиване и разстъргване на дълбоки отвори трептеливото движение на инструмента в направление на подаването водят до периодична промяна на дебелината на стружката, която гарантира начупването и на строго определена дължина в процеса на транспортирането и по стружковите канали дори при материали с голяма пластичност.



**Фиг. 4.14.** Лунет с пневмомеханичен виброгасител

## КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Параметрите на елементите на трептящата система са:  
а/ силата на трептеливото движение      б/ скоростта на трептеливото движение

в/ амплитудата и честотата на трептеливото движение

2. При рязането с вибрации може да се реализира **като полезен ефект**:

а/ по-голяма точност и гладкост на обработената повърхнина

б/ по-добро стружкочупене и стружкоотвеждане

в/ по-висока трайност на машината и инструментите

3. Принудените трептения се отстраняват чрез:

а/ виброгасители

б/ не могат да се

отстраняват

в/ откриване и отстраняване на причините за възникването им

4. Енергийните загуби за трептене на заготовката водят до:

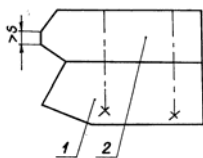
а/ прекратяване на трептеливото движение

б/ намаляване честотата на трептеливото движение

в/ намаляване амплитудата на трептенията

5. Самовъзбуждащите се трептения се дължат на причини, действащи:

а/ извън зоната на рязане      б/ в зоната на рязане      в/ в инструмента



6. Опишете принципа на действие на показания виброгасител:

7. Обяснете влиянието на условията на рязане върху автотрептенията.

8. Деформацията в областта на режещата част, дължаща се на изменение на силата  $F_r$ : а/ може да се компенсира чрез поднастройване по дълбочина на рязане

б/ може да се компенсира чрез поднастройване по височина на установяването

в/ не може да се компенсира

9. Чрез използване на държачи с по-голям модул на еластичност

а/ може да се намали честотата на трептеливото движение

б/ може да се увеличи амплитудата на трептеливото движение

в/ може да се намали амплитудата на трептеливото движение

10. Обяснете устройството и принципа на действие на показаните виброгасители (следва някоя от фигурите в материала)

11. Обяснете влиянието на конструктивните и геометрични параметри върху автотрептенията.

12. Плавно изменение на силите на рязане при врязване **не може** да се осигури

а/ чрез подбор на главния установъчен ъгъл на ножа

б/ чрез подбор на предните и задни ъгли ъгъл на ножа

в/ чрез оформяне на конус в началото на обработената повърхнина

13. Колебанието на силите на рязане при установен процес на рязане при челно фрезозане може да се **намали** чрез:

а/ смяна на инструменталния материал

б/ увеличаване на броя едновременно режещи зъби

в/ намалване на броя едновременно режещи зъби