

## **7. ԱՏԱՄՆԱՆԻՎՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԳՈՐԾԻՋՆԵՐ**

### **ԳԼԱՆԱԿԱՆ ԱՏԱՄՆԱՆԻՎՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ԳՈՐԾԻՋՆԵՐ**

էջ

<b>7.1 Ատամնամշակման հիմնական դրույթները և գործիքների տեսակները .....</b>	<b>1</b>
<b>7.2 Պատճենման եղանակով աշխատող ատամնամշակման գործիքներ, դրանք պրոֆիլավորումը .....</b>	<b>5</b>
<b>7.3 Ատամնամշակման սկավառակային և մատային մոդուլային ֆրեզներ .....</b>	<b>9</b>
<b>7.4 Ատամնաքործիչ գլխիկներ .....</b>	<b>17</b>
<b>7.5 Ատամնամշակման ձգիչներ .....</b>	<b>21</b>
<b>7.6 Կենտրոնարդային պարուրման (շրջագլորման) եղանակով աշխատող գործիքներ, ատամնամշակման սանրեր .....</b>	<b>23</b>
<b>7.7 Ատամնամշակման որդնակային ֆրեզներ .....</b>	<b>29</b>
<b>7.8 Ատամնամշակման թործիչներ .....</b>	<b>50</b>

### **7.1 Ատամնամշակման հիմնական դրույթները և**

#### **գործիքների տեսակները**

Գլանակաճ ատամնանիվների մշակման գործիքները բաժանվում են հետևյալ տարատեսակների՝

1) Պատճենահանման և անկենտրոնադիր պարուրման եղանակով ուղղատամ և շեղատամ գլանակաճ ատամնանիվների մշակման գործիքներ.

ա) **մատային մոդուլային ֆրեզներ** (մեծ մոդուլի ատամնանիվների մշակման համար),

բ) **սկավառակային մոդուլային ֆրեզներ,**

գ) **ուղղատամ և շեղատամ ատամնանիվների մշակման ձգիչներ,**

դ) **ատամնամշակման գլխիկներ,** որոնք ատամնանվի ատամները մշակում են միաժամանակ:

2) Կենտրոնարդային պարուրակման կամ շրջագլորման եղանակով ուղղատամ և շեղատամ գլանակաճ ատամնանիվների մշակման գործիքներ.

ա) **ուղղատամ ատամնամշակման սանրեր,**

բ) **ատամնամշակման որդնակային ֆրեզներ,**



գոգի ձևին և, զույգ կազմելով մշակվող ատամնանվի հետ, ատամնամշակման գործիքն աշխատում է առանց շառավղային և կողային բացակների: Գործիքային ատամնաձողի սկզբնական ուրվագիծը պետք է ապահովի մշակման ժամանակ ատամնանվի նախնական ուրվագծի չափերի ստացումը, այսինքն՝ գործիքաձողի նախնական ուրվագիծը (նկ. 7.1բ) պետք է լինի ատամնանվի նախնական ուրվագծի հակապատկերը (նկ. 7.1ա):

Ելակետային ատամնաձողն ունի հետևյալ պարամետրերը. պրոֆիլի անկյունը՝  $\alpha=20^\circ$ , ատամի գլխիկի բարձրությունը՝  $h_a=m$  (հավասար է մոդուլին), ոտիկի բարձրությունը՝  $h_f=1,25m$ , ատամների քայլը՝  $p=\pi m$ : Քանի որ ատամի ոտիկի բարձրությունը գլխիկի բարձրությունից մեծ է վերցվում, կառչման ժամանակ առաջանում է համապատասխան շառավղային բացակ՝  $c^*m=0,25m$  չափով: Թործիչով գլանական ատամնանվի մշակման ժամանակ թույլատրվում է շառավղային բացակը մեծացնել մինչև  $0,3m$ : Գործիքաձողի ատամի գլխիկի և ոտիկի չափերը, համապատասխանաբար, որոշվում են հետևյալ կերպ՝

$$h_{aq} = h_f = (h_a^* + c^*)m \text{ և } h_{fq} = h_a = (h_a^* + c^*)m, \quad (7.1)$$

որտեղ՝  $h_a^*=1$ , իսկ  $c^*=0,25$  կամ  $c^*=0.3$ :

Եթե գործիքը նախատեսված է նախնական մշակման համար, նրա գլխիկի  $h_{aq}$  բարձրությունը մեծացվում է  $0,1\sqrt{m}$  չափով, որպեսզի մաքրատաշ գործիքի գազաթի եզրը չմասնակցի մշակմանը և, հետևաբար, չմաշվի: Գոգի հիմքի կորության  $\rho_f$  շառավիղը ատամի ելման ուրվագծում սահմանվում է  $0,4m$ : Թույլատրվում է մեծացնել  $\rho_f$  շառավիղը, եթե դրանով չի խախտվում փոխանցման ժամանակ կառչման ճշգրտությունը:

Գործիքի պրոֆիլային անկյունը՝  $\alpha_q = \alpha$ , քայլը՝  $p_q = p$ , իսկ ատամի լայնությունը՝  $S_q = S_{\omega q} = p/2 = \pi m/2$ :

Կառչման ժամանակ կողային բացակ ապահովելու նպատակով գործիքաձողի ատամի հաստությունը միջին գծի վրա որոշվում է.

$$S_q = \pi m/2 + \Delta S_q, \quad (7.2)$$

որտեղ  $\Delta S_q$ -ն, կախված մշակվող ատամնանվի ճշտությունից, վերցվում է  $0,127...0,349$  մմ սահմաններում:

Ատամնանվի նախնական մշակման համար նախատեսված գործիքի համար ատամի  $S_q$  հաստությունը փոքրացվում է հետագա մաքրատաշ մշակման համար թողնվածքի մեծության չափին համապատասխան: Ատամի  $S_q$  հաստության թույլտվածքի մեծությունը կախված է մշակվող

---

ատամնանվի պատրաստման ճշտությունից և  $m=1,25...20$  մմ մոդուլի համար վերցվում է 25...60 մկմ սահմանում:

Երբ անիվների շրջանային արագությունները գերազանցում են որոշակի արժեքներին, կախված կառչման ճշտությունից, նախատեսվում է կիրառել ատամնակտրվածքով ելման ուրվագիծ: Ատամի կողային պրոֆիլի գագաթի մասը պատրաստվում է որոշակի չափով կտրված ( $\alpha_c m$ ): Կտրման բարձրությունը կազմում է  $h_c = 0,45m$ , իսկ  $\alpha_c$  գործակիցը, կախված մոդուլից և կառչման ճշտության աստիճանից, տատանվում է 0,005...0,02 մմ սահմաններում: Կտրված ատամներով ատամնանիվներն աշխատում են սահուն և անաղմուկ, նվազում են ատամների կառչման մեջ մտնելու և դուրս գալու ժամանակ առաջացող հարվածային ուժերը:

Ատամնակտրվածքով ատամնանվի ձևավորումն իրականացվում է գործիքաձողի միջոցով, որի ատամի հիմքը հաստացվում է  $h_{gq}$  բարձրությամբ,  $\alpha_{gq}$  անկյան տակ: Ատամների կտրումը նվազեցնում է ատամների կառչման մեջ մտնելու և դուրս գալու ժամանակ առաջացող հարվածային ուժերը, նվազում է աղմուկի մակարդակը:

Գործիքի աշխատունակության և մշակման գործընթացի արտադրողականության բարձրացման նպատակով նրա կտրող մասը պատրաստվում է բարձր որակի արագահատ պողպատներից: Այդ նպատակի համար կարծր համաձուլվածքների և գերկարծր նյութերի օգտագործումն ունի որոշակի սահմանափակում: Գործիքանյութի տնտեսման համար ատամնամշակման գործիքը կարող է լինել հավաքովի կամ կազմածո կառուցվածքով:

Ատամնանիվների պահանջվող բարձր ճշտությունը կախված է ոչ միայն ատամնամշակման գործիքի, այլ նաև մշակող հաստոցի աշխատանքի ճշտությունից, նախապատրաստվածքի վիճակից և ատամնամշակման տեխնոլոգիական գործընթացից:

Ատամնամշակման գործիքներն իրենց կառուցվածքով, աշխատանքային շարժման կինեմատիկայով, աշխատանքի կատարման սկզբունքով բավականին տարբեր են:

Ըստ գործիքի և նախապատրաստվածքի աշխատանքային շարժման տեսակի, ատամնամշակման գործիքները բաժանվում են երկու խմբի՝

- ա) պատճենահանման մեթոդով աշխատող գործիքներ,
- բ) պարուրման կամ շրջագլորման եղանակով աշխատող գործիքներ:

Ատամնամշակման գործիքները օգտագործվում են ուղիղ, պտուտակային, շերտային ատամներով՝  $m = 0,1...100$  մմ մոդուլի և  $1...1000$  մմ տրամագծով արտաքին և ներքին կառչման ատամնանիվների մշակման համար:

## 7.2 Պատճենահանման եղանակով աշխատող

### ատամնամշակման գործիքներ, դրանց պրոֆիլավորումը

Պատճենահանման եղանակով ատամնանիվների մշակման համար օգտագործվում են սկավառակային և մատային մոդուլային ֆրեզեր, իսկ զանգվածային արտադրության մեջ՝ ատամնաթործիչ գլխիկներ և ձգիչներ:

Մաքրատաշ ատամնամշակման ձևավոր ֆրեզերը նախագծվում են այնպես, ինչպես սովորական ծոծրակված ատամներով ֆրեզերը: Այս գործիքների առջևի անկյունը վերցվում է հավասար գրոյի, և առջևի նիստն անցնում է ֆրեզի առանցքով: Այդ դեպքում ուղիղ ատամներով գլխակային ատամնանիվների մշակման համար նախատեսված ֆրեզի ատամի պրոֆիլը առանցքային հատույթում պետք է համապատասխանի նախապատրաստվածքի պրոֆիլին: Ուստի ուղղատամ ատամներով ատամնանիվների մշակման համար նախատեսված մաքրատաշ ատամնամշակման գործիքի ատամի պրոֆիլավորումը հանգում է ատամնանվի ատամի գոգի պրոֆիլի որոշմանը:

Հայտնի է, որ էվոլվենտային ատամնանվի ատամի պրոֆիլը կազմված է էվոլվենտային մասից և ատամի գոգի հիմքում անցումային կորից:

Էվոլվենտային կորի ստացումը պատկերված է նկ. 7.2ա-ում, որտեղից երևում է, որ առանց սահքի գործվելով հիմնական  $r_b$  շառավղով շրջանագծի վրայով, ուղղի  $M$  կետը գծում է  $M_0 M_x$  էվոլվենտային կոր: Էվոլվենտի սահմանումից հետևում է, որ  $M_x N = M_0 N$ :  $\varphi_x$  անկյունը, որը համապատասխանում է  $M_0 N$  աղեղին, կոչվում է **էվոլվենտի փռվածության անկյուն** և որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\varphi_x = \theta_x + \alpha_x: \quad (7.3)$$

$\theta_x$  անկյունը կոչվում է էվոլվենտային անկյուն:  $OM_x$  շառավղի և ուսումնասիրվող  $M_x$  կետով՝ էվոլվենտին տարած  $KK$  շոշափողի միջև կազմած սուր անկյունը կոչվում է **էվոլվենտի պրոֆիլային անկյուն** տվյալ կետում ( $\alpha_x$ ):

$M_0 N$  աղեղի երկարությունը որոշվում է՝

$$M_0 N = r_b(\theta_x + \alpha_x): \quad (7.4)$$

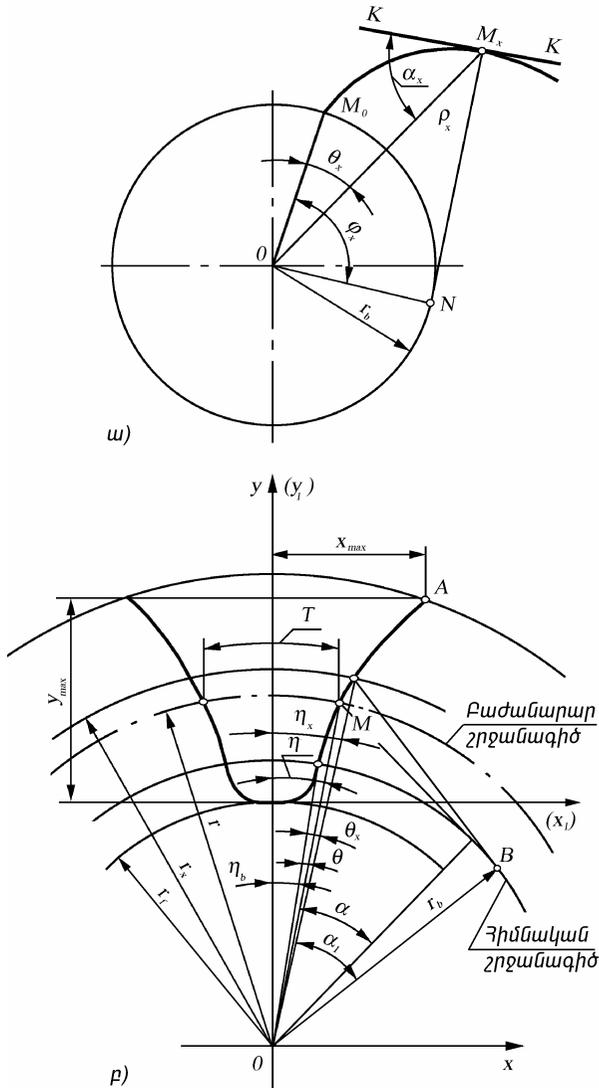
Եռանկյուն  $M_x ON$ -ից որոշվում է  $M_x N$  հատվածը՝

$$M_x N = r_b \operatorname{tg} \alpha_x: \quad (7.5)$$

Հետևաբար՝  $r_b(\theta_x + \alpha_x) = r_b \operatorname{tg} \alpha_x$ , կամ՝  $\theta_x = \operatorname{tg} \alpha_x - \alpha_x$ :

Եռանկյուն  $M_x ON$ -ից՝

$$r_x = \frac{r_b}{\cos \alpha_x}: \quad (7.6)$$



Նկ. 7.2. Ատամնաձևական ձևավոր ֆրեզի պրոֆիլավորման սխեման

$\text{tg}\alpha_x - \alpha_x$  ֆունկցիան կոչվում է էվոլվենտային և նշանակվում է  $\text{inv}\alpha_x$ -ով, որի մեծությունները տրվում են տեղեկատուներում: Այսպիսով, էվոլվենտի հավասարումները բևեռային կոորդինատներում, պարամետրական ձևով կլինեն՝

$$\operatorname{inv}\alpha_x = \theta_x \quad (7.7)$$

$$r_x = \frac{r_b}{\cos \alpha_x} : \quad (7.8)$$

Ատամնանվի ատամի գոգի պրոֆիլի հաշվարկը կատարվում է՝ ըստ հետևյալ հայտնի պարամետրերի.

ա) ատամնանվի ատամների թիվը՝  $z$ , բ) մոդուլը՝  $m$ , գ) բաժանարար շրջանագծի վրա էվոլվենտի պրոֆիլային անկյունը՝  $\alpha$ , դ) բաժանարար շրջանագծի տրամագիծը՝  $d$ , ե) ելուստների (գագաթների) շրջանագծի տրամագիծը՝  $d_a$ , զ) գոգերի շրջանագծի տրամագիծը՝  $d_f$ , է) ատամի հաստությունը բաժանարար շրջանագծով՝  $S$  :

Ատամնանվի ատամի գոգի պրոֆիլի կետերի կոորդինատները որոշվում են  $XY$  կոորդինատային համակարգում, որի  $O$  կենտրոնը տեղակայվում է անվի առանցքի վրա (նկ. 7.2բ) :

Անվի ատամների քայլը՝  $r = mz/2$  շառավղով բաժանարար շրջանագծի վրա՝  $p = \pi m$ , իսկ ատամի գոգի լայնությունը նույն շրջանագծի վրա՝  $e = \pi m - S$ : Բաժանարար շրջանագծի վրա գտնվող ատամի գոգի պրոֆիլի  $M_p$  կետի համար  $\eta_p$  անկյունը որոշվում է

$$\eta_p = \frac{T}{2r} : \quad (7.9)$$

$M_p$  կետի կոորդինատները կլինեն՝

$$x_m = r \sin \eta ,$$

$$y_m = r \cos \eta :$$

Հիմնական շրջանագծի վրա գտնվող պրոֆիլի  $B$  կետի կոորդինատները հաշվելու համար (էվոլվենտային պրոֆիլի սկիզբ), օգտվում են բաժանարար շրջանագծի վրա գտնվող  $M$  կետի համար գրված էվոլվենտի հավասարումներից՝

$$\theta = \operatorname{inv}\alpha , \quad (7.10)$$

$$r = \frac{r_b}{\cos \alpha} : \quad (7.12)$$

Հիմնական շրջանագծի  $r_b$  շառավիղը և  $B$  կետի համար  $\eta_b$  անկյունը կլինեն.

$$r_b = r \cos \alpha , \quad (7.13)$$

$$\eta_b = \eta - \theta : \quad (7.14)$$

---

Կորորդինատային  $XY$  համակարգում էվոլվենտային պրոֆիլի սկզբնական  $B$  կետի կորորդինատները հաշվվում են՝

$$x_b = r_b \sin \varphi_b, \quad (7.15)$$

$$y_b = r_b \cos \varphi_b :$$

Ատամի գոգի պրոֆիլի ընթացիկ  $x$  կետի համար դրանք կլինեն՝

$$x = r_x \sin \varphi_x, \quad (7.16)$$

$$y = r_x \cos \varphi_x :$$

Չևանմուշի պրոֆիլի կառուցման համար նպատակահարմար է վերցնել  $X_1Y_1$  կորորդինատային համակարգը, որը տարվում է  $XY$  համակարգին զուգահեռ և կորորդինատային սկզբնակետի նկատմամբ  $y$  ուղղությամբ շեղված է  $r_f$  շառավղի չափով:

Ատամնանվի ատամի աշխատանքային տեղամասի պրոֆիլը, որով փոխանցման ընթացքում հպվում են կառչման մեջ գտնվող ատամները, պետք է կազմված լինի միայն էվոլվենտային մասից: Դա տեղի ունի մեծ կամ միջին քանակի ատամնաթվերով ատամնանիվների մշակման ժամանակ, երբ հիմնական շրջանագծի շառավիղը ատամի պրոֆիլի աշխատանքային տեղամասի սկզբնական (եզրային) կետով անցնող շրջանագծի շառավղից փոքր է: Այս դեպքում, որպեսզի ապահովվի մշակվող ատամնանվի ատամների ամրությունը, երկու ատամների միջև ընկած գոգի հիմքում արվում են կլորացումներ՝ էվոլվենտի ակտիվ մասը լծորդելով գոգի շրջանագծի հետ: Ընտրվում է այնպիսի լծորդման շառավիղ, որ ապահովվի կառչման մեջ մտնող անվի ատամի գագաթի անարգել տեղափոխությունը մշակվող ատամնանվի գոգի միջով:

Փոքրաթիվ ատամներով ատամնանիվների մշակման ժամանակ հիմնական շրջանագծի շառավիղը կարող է մեծ լինել ատամի հիմքում պրոֆիլի ակտիվ տեղամասի եզրային կետով անցնող շրջանագծի շառավղից: Այս դեպքում ատամի պրոֆիլի ոչ էվոլվենտային մասը, որը գտնվում է հիմնական շրջանագծի և գոգերի շրջանագծի միջև, ձևավորվում է ուղիղ գծի տեսքով: Այն ստացվում է կառչման մեջ մտնող ատամնաձողի (եթե հայտնի չեն մշակման ենթարկվող ատամնանվի հետ կառչման մեջ մտնող ատամնանվի պարամետրերը) ատամի ծայրակետերի կողմից գոգի հիմքում գծված երկարացված էվոլվենտին տարված շոշոփողով: Իսկ եթե հայտնի է մշակման ենթարկվող ատամնանվի հետ կառչման մեջ մտնող ատամնանիվը, ապա պրոֆիլի ուղղագծային հատվածը ստացվում է կառչվող անվի

---

ատամի գագաթի կողմից մշակվող անվի գոգի մեջ գծված երկարացված էպիցիկլոիդին տարած շոշափողով:

Պրոֆիլի ուղղագծային մասի թեքությունը ատամի գոգի սիմետրիայի առանցքի նկատմամբ վերցվում է  $5^\circ$ , որի շնորհիվ ֆրեզի ատամի կողային կտրող եզրերի ուղղագծային տեղամասերի վրա ապահովվում է  $1^\circ$ -ից ոչ պակաս հետին անկյուն:

Ատամնանվի ատամների միջև գոգի պրոֆիլը կախված է անվի ատամների թվից, մոդուլից, պրոֆիլի անկյունից:

### **7.3 Ատամնամշակման սկավառակային և մատային**

#### **մոդուլային ֆրեզներ**

Ատամնամշակման *սկավառակային մոդուլային ֆրեզները* պատրաստվում են ծոծրակված ատամներով, ամբողջական կամ հավաքովի կառուցվածքով: Դրանց ատամները կարող են լինել էվոլվենտային կամ սեղանաձև պրոֆիլով, և նախատեսված են ուղղատամ, շեղատամ և շերտնային անիվների սևատաշ և մաքրատաշ մշակումների համար: Ուղղատամ անիվների մշակման ժամանակ սկավառակային ֆրեզն աշխատում է պատճենահանման եղանակով, իսկ շեղատամ և շերտնային անիվների մշակման ժամանակ՝ անկենտրոնադիր պարուրման եղանակով:

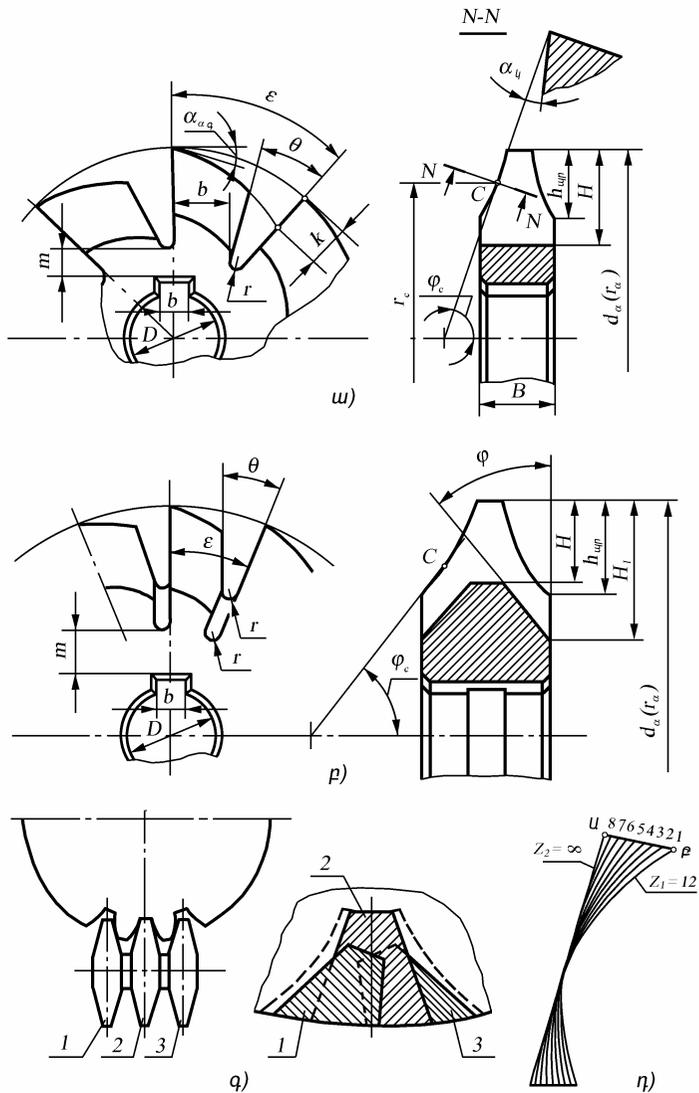
Ատամնամշակման սկավառակային ֆրեզները կարող են լինել սևատաշ և մաքրատաշ, համապատասխանաբար՝ ատամնանիվների նախնական և վերջնական մշակումների համար:

Ատամնամշակման մաքրատաշ սկավառակային ֆրեզը ծոծրակված ատամներով ձևավոր ֆրեզ է (նկ. 7.3):

Ֆրեզի ատամի առջևի մակերևույթը հարթ է և անցնում է ֆրեզի առանցքով, այսինքն՝ այս ֆրեզի առջևի անկյունը և կտրող եզրի թեքման անկյունը հավասար են  $0^\circ$ -ի: Առջևի մակերևույթի մնաց երկրաչափությունը բարդացնում է կտրման պայմանները, սակայն այս դեպքում սրումների հետևանքով (ֆրեզը սրվում է առջևի նիստով) ատամի պրոֆիլի շեղումներ չեն առաջանում, և գործիքի նախագծումը ավելի պարզ է դառնում:

Ատամնամշակման սկավառակային ֆրեզների ատամի հետին անկյունը ստացվում է շառավղային ծոծրակման միջոցով:

$$k = \frac{\pi d_a}{z} \operatorname{tg} \alpha_{\alpha q} \quad (7.17)$$



Նկ. 7.3. Սկավառակային մոդուլային ֆրեզի հիմնական կառուցվածքային տարրերը

Առամի գագաթի հետին անկյունը վերցվում է՝  $\alpha_{aq} = 10...15^\circ$ : Այդ դեպքում կողային հետին  $\alpha_{\eta}$  անկյունը նվազում է մինչև  $1...2^\circ$ : Ֆրեզի կայունու-

թյան համար մեծ նշանակություն ունի կողային հետին անկյան բավարար մեծության ապահովումը ամբողջ կտրող եզրի երկարությամբ: Հայտնի է, որ.

$$\operatorname{tg} \alpha_y = \frac{r_a}{r_c} \operatorname{tg} \alpha_{\alpha q} \sin \varphi_c : \quad (7.18)$$

Ատամի պրոֆիլին տարած շոշափողի կազմած անկյունը կտրող եզրի որոշակի տեղամասերում (ֆրեզի գագաթի մոտ) ստանում է փոքր արժեքներ ( $\varphi \leq 5^\circ$ ): Ըստ 7.18 բանաձևի՝ կողային հետին անկյունն այդ դեպքում փոքրանում է: Ուստի գագաթի  $\alpha_{\alpha q}$  հետին անկյունը վերցվում է այն հաշվով, որ կողային հետին անկյան արժեքը լինի  $3^\circ$ -ից ոչ պակաս:

Ատամնամշակման մաքրատաշ մոդուլային ֆրեզները պրոֆիլավորվում են մշակվող ատամնանվի ատամների գոգին համապատասխան՝ ըստ վերը բերված եղանակի, որպես պատճենահանման եղանակով աշխատող ատամնամշակման գործիք (§ 7.2):

Ատամնամշակման սկավառակային մոդուլային ֆրեզի կառուցվածքային տարրերը՝ արտաքին տրամագիծը ( $d_a$ ), անցքի տրամագիծը ( $D$ ) և ատամների թիվը ( $z$ ), վերցվում են ըստ համապատասխան ստանդարտի: Ֆրեզի ատամի բարձրությունը հաշվվում է հետևյալ բանաձևով՝

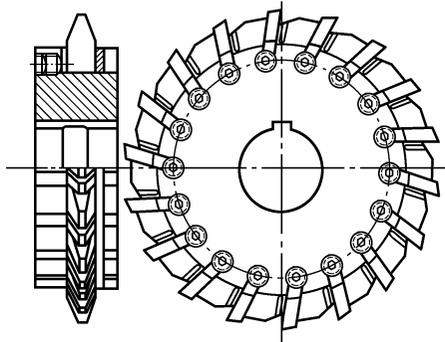
$$H \approx h_{\text{ար}} + k + r, \quad (7.19)$$

որտեղ  $h_{\text{ար}}$ -ը՝ ատամի պրոֆիլի բարձրությունն է,

$k$ -ն՝ ծոծրակման անկման մեծությունը (նկ. 7.3ա):

Սկավառակային մոդուլային ֆրեզները, որոնց լայնությունը չի գերազանցում 10 մմ-ին, պատրաստում են առանց ենթաֆրեզերված ակոսի (նկ. 7.3ա), իսկ երբ լայնությունը մեծ է 10 մմ-ից՝ ենթաֆրեզերված ակոսով (նկ. 7.3բ), որոնք ապահովում են ֆրեզի ատամի ավելի բարձր կոշտություն: Ենթաֆրեզերումը կատարվում է  $H_1$  բարձրությամբ,  $\varphi$  անկյան տակ, որը մոտավորապես զուգահեռ է պրոֆիլի ծայրակետերը միացնող գծին: Մեծ մոդուլի ատամնանիվների մշակման համար նպատակահարմար է օգտագործել սևատաշ սկավառակային մոդուլային ֆրեզներ, որոնց բաժին է ընկնում թողնվածքի հիմնական մասը հեռացնելը: Այս ֆրեզները նախագծվում են այնպես, ինչպես ծոծրակված ատամներով ձևավոր ֆրեզները, և ի տարբերություն մաքրատաշ ֆրեզների, ունեն 10° առջևի անկյուն, որով ապահովվում է ֆրեզի բարձր կայունությունը: Այս ֆրեզների աշխատանքը հեշտացնելու նպատակով կտրող եզրերը դասավորվում են առանցքի նկատմամբ  $\lambda$  անկյան տակ՝ հաջորդաբար փոխելով դրանց ուղղությունները:

Ի դեպ, սևատաշ՝ ծոծրակված ատամներով ձևավոր պրոֆիլով (ատամների գոգի պրոֆիլին համապատասխան) ֆրեզների նախագծումը և պատրաստումը բավականին բարդ է, կողային կտրող եզրերի վրա հետին անկյունը ստացվում է փոքր, որի պատճառով դրանց կտրող հատկությունները վատանում են: Ուստի մեծ մոդուլի ատամնանիվների սևատաշ մշակման համար լայն կիրառություն են ստացել սեղանաձև պրոֆիլով սրատամ ֆրեզները (նկ. 7.4):



Նկ. 7.4. Ատամնամշակման սևատաշ սկավառակային ֆրեզ

Այսպիսի կառուցվածքով ֆրեզները հնարավորություն են տալիս ոչ միայն ատամի գագաթի, այլ նաև կողային կտրող եզրերի վրա ապահովել հետին անկյուն՝  $8...10^\circ$  սահմանում: Դիտարկվող ֆրեզի ատամի պրոֆիլի անկյունը վերցվում է  $40...35^\circ$  սահմանում:

Սկավառակային ֆրեզների արտադրողականության բարձ-րացման, գործիքանյութի ծախսի փոքրացման և մաքրատաշ մշակման համար հավասարաչափ թողնվածք ապահովելու նպատակով ֆրեզները հաճախ պատրաստում են հավաքածուներով՝ հավաքովի շոժրակված ատամներով: Երբ  $z < 40$ , խորհուրդ է տրվում օգտագործել երեք ֆրեզներից բաղկացած հավաքածու՝ 1, 2, 3 (նկ. 7.3գ): Մի անցումից հետո անիվը կատարում է  $1/z$  դարձ: Ամբողջ գոգը ձևավորվում է երեք կտրումներով: Երկու ֆրեզից կազմված հավաքածուն օգտագործվում է  $z > 40$  դեպքում: Մեծ մոդուլի անիվների ( $m > 30$  մմ) ատամների նախնական մշակումը կատարվում է երկու անցումներով:

Սկավառակային մոդուլային ֆրեզով աշխատելիս ատամների տեսական ճիշտ պրոֆիլ ստանալու համար, ամեն մի մասնակի դեպքում պետք է

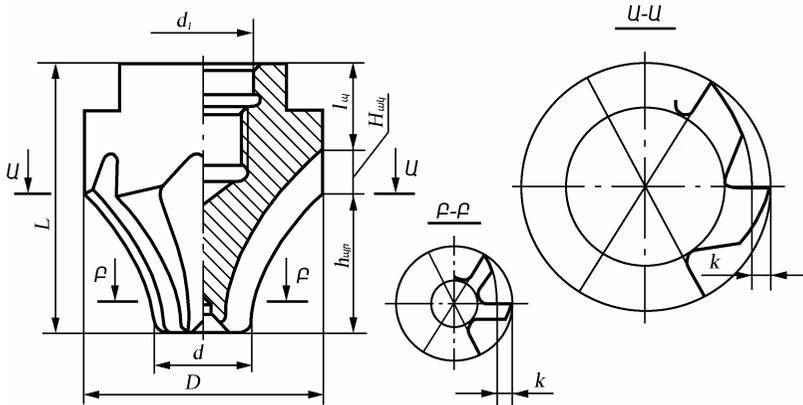
ունենալ հատուկ ֆրեզ` տվյալ ատամնանվի ատամների միջև եղած գոգին համապատասխան: Իսկ բոլոր ատամնանիվների մշակումն ապահովելու համար, օրինակ՝  $z = 12 \dots \infty$  ատամնաթվերի միջակայքում, տեսականորեն պետք է ունենալ անսահման քանակի տարբեր սկավառակային ֆրեզներ, որը գործնականորեն իրագործելի չէ: Դրանից խուսափելու համար վարվում են հետևյալ կերպ. գծագրվում է  $z_1 = 12$  և  $z_2 = \infty$  (ատամնաձող) ատամնաթվերով ատամնանիվների ատամների պրոֆիլը (նկ. 7.3դ): Այդ պրոֆիլների սահմանային  $U-R$  տարբերությունը բաժանվում է, օրինակ, մոտավորապես 8 հավասար միջակայքերի, և որոշվում, թե պրոֆիլներից 1, 2...8-ը ինչպիսի ատամնաթվերով ատամնանիվներին են համապատասխանում: Հավաքածուի յուրաքանչյուր ֆրեզ նախատեսվում է որոշակի միջակայքի ատամնաթվերով անվի մշակման համար: Այս դեպքում էվոլվենտի պրոֆիլի սխալը, որը թույլ է տրվում տվյալ ֆրեզով տվյալ միջակայքի ցանկացած անիվը մշակելիս, կախված կլինի միջակայքի մեծությունից, այսինքն՝ միջակայքների քանակից:  $U-R$  սահմանային տարբերությունը միջակայքների բաժանման քանակը՝ կամ որ նույնն է, համալիրի մեջ մտնող ֆրեզների քանակը, կարող է լինել 8 ( $m \leq 8$  մմ), 15 ( $m > 8$  մմ) կամ 26: Միջակայքի բոլոր ատամնանիվները մշակող ֆրեզը պրոֆիլավորված է տվյալ միջակայքի փոքր ատամնաթվին համապատասխան: Այս դեպքում մշակված անվի մոտ կառչման գործընթացի համար ստեղծվում են լավագույն պայմաններ, և վերանում է ատամների սեպապնդման վտանգը:

**Աղյուսակ 7.1**

Ֆրեզի համարը	Մշակվող անվի ատամնաթիվը		Ֆրեզի մեծությունը	Մշակվող անվի ատամնաթիվը	
	8 հատանոց համալիր	15 հատանոց համալիր		8 հատանոց համալիր	15 հատանոց համալիր
1	12...13	12	5	26...34	26...29
11/2	-	13	51/2	-	30...34
2	14...16	14	6	35...54	35...41
21/2	-	15...16	61/2	-	42...54
3	17...20	17...18	7	55...134	55...79
31/2	-	19...20	71/2	-	80...134
4	21...25	21...22	8	135...∞	135... ∞
41/2	-	23...25	-	-	-

Աղյուսակ 7.1-ում բերված են համալիրների մեջ մտնող ֆրեզների համարները և դրանց համապատասխան՝ անվի ատամնաթվերի միջակայքը:

Ատամնամշակման մատային մոդուլային ֆրեզները նախատեսված են  $m=10...50$  մմ մոդուլի ուղղատամ ներքին և արտաքին, շեղատամ և շերտնային ատամնանիվների մշակման համար (նկ. 7.5): Դրանք մշակման մեծ ճշտություն չեն ապահովում և օգտագործվում են միայն այն դեպքում, երբ այլ գործիքով ատամնանվի պատրաստումը հնարավոր չէ:



Նկ. 7.5. Ատամնամշակման մատային մոդուլային ֆրեզ

Մատային մոդուլային ֆրեզներն իրենց կառուցվածքով նման են պոչային ֆրեզներին և օժտված են ձևավոր պրոֆիլի կտրող եզրերով: Մատային ֆրեզն ամրացվում է պարուրակային միացումով և բազավորվում հարմարանքի նստեցվող մասի վրա՝ ֆրեզի ներքին  $d_1$  անցքով և ճակատային հարթությամբ, կամ արտաքին գլանակալ ուղղորդ մակերևույթով և ճակատային հարթությամբ: Պտտուակային միացությունն արվում է բացակով, որն ապահովում է ֆրեզի բազավորումը  $d_1$  տրամագծի գլանով: Ամրացումից հետո ստուգվում է ֆրեզի խփոցը  $D$  տրամագծային գլանով, որը ֆրեզի պատրաստման ժամանակ հղկվում է՝ որպես բազա ընդունելով  $d_1$  տրամագծի գլանային մակերևույթը: Ֆրեզի վրա նախատեսված են ճաղատուկներ դարձակի չափով հարմարանքի վրա այն պտտելու համար:

Ուղղատամ անիվների մշակման ժամանակ մատային ֆրեզն աշխատում է պատճենահանման եղանակով (այն ունի նույնպիսի պրոֆիլը, ինչ ատամնանվի ատամների գոգի պրոֆիլը), իսկ շեղատամ և շերտնային անիվների մշակման ժամանակ՝ անկենտրոնադիր պարուրման եղանակով:

Ֆրեզի հիմնաշափեր են՝ արտաքին  $D$  տրամագիծը և  $L$  երկարությունը: Արտաքին տրամագծի չափը կախված է ատամնանվի ատամների գոգերի չափերից: Այն վերցվում է ատամի գոգի ամենալայն տեղամասի չափից ավելի մեծ, մոտավորապես  $D \approx (2...3)m$ :

Ֆրեզի երկարությունը՝  $L = h_{\text{սր}} + H_{\text{տլ}} + l_{\text{սլ}}$ , որտեղ  $h_{\text{սր}}$ -ն պրոֆիլի բարձրությունն է, որը վերցվում է միջատամային գոգի խորության մեծագույն չափից (նկ. 7.2բ,  $y_{\text{max}}$ ) 3...10 մմ-ով մեծ,  $H_{\text{տլ}}$ -ը՝ տաշեղային ակոսի բարձրությունն է,  $l_{\text{սլ}}$ -ն՝ պոչամասի երկարությունը, որը վերցվում է մոտավորապես հավասար բնի խորությանը: Ֆրեզի ընդհանուր երկարությունը վերցվում է  $L = (4...5)m$ :

Սովորաբար, ֆրեզի պրոֆիլի ստուգումը հեշտացնելու համար ատամների թիվը վերցվում է գույգ, կախված ֆրեզի տրամագծից, և այն կազմում է 4...8 հատ:

Մատային ֆրեզի կարևոր պարամետրերից է տաշեղային ակոսը, որի ծավալը պետք է ապահովի գոյացած տաշեղի ազատ տեղավորումը ակոսի մեջ: Քանի որ դեպի գազաթ տեղափոխվելով ֆրեզի տրամագիծը փոքրանում է, ապա տաշեղային ակոսը հնարավոր չէ անել միևնույն բարձրությամբ: Գազաթի մոտ այն արվում է ավելի փոքր խորությամբ՝ հաշվի առնելով առաջացած պատի հաստությունը: Այդ պատճառով ֆրեզերման ժամանակ տաշեղը գազաթի մոտ հաճախակի չի տեղավորվում ակոսում, լցվում է, որը և հանգեցնում է ատամի կոտրվելուն: Դրանից խուսափելու համար տաշեղային ակոսի ծավալը մեծացվում է՝ գազաթի մոտ ատամների մեկընդմեջ հեռացման եղանակով:

Մատային ֆրեզների ատամները ենթարկվում են ծոծրակման: Ծոծրակման ուղղությունն ազդում է նորմալ հատությամբ հետին անկյան փոփոխության աստիճանի և սրման հետևանքով կտրող մասի տրամագծային չափերի վրա: Մատային ֆրեզները կարող են ծոծրակվել տարբեր ուղղություններով՝ **շառավղային, առանցքային, ինչպես նաև անկյան տակ:**

**Շառավղային ծոծրակման** դեպքում (նկ. 7.6ա) ծոծրակման անկման մեծությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝

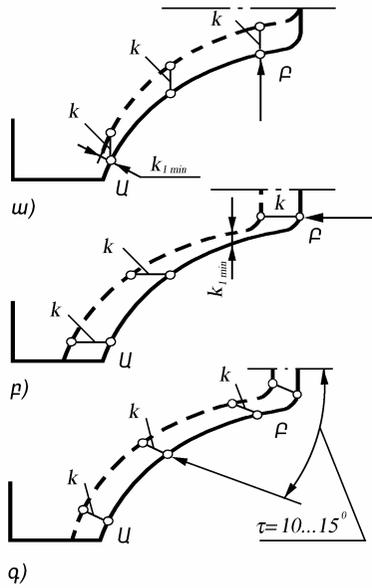
$$k = \frac{\pi D}{z} \operatorname{tg} \alpha_{\alpha q}, \quad (7.20)$$

որտեղ՝  $D$ -ն՝ ֆրեզի տրամագիծն է,

$z$ -ը՝ ատամնաթիվն է,

$\alpha_{\alpha q}$ -ն՝ գազաթի հետին անկյունը:

Բանաձևից հետևում է, որ  $\alpha_{\alpha q} = f(D)$ , հետևաբար  $U$  և  $\rho$  կետերում հետին անկյունները ստացվում են տարբեր՝  $\alpha_U < \alpha_\rho$ , քանի որ այդ կետերում ֆրեզի տրամագծերը տարբեր են: Միաժամանակ՝ կտրման արագությունը՝  $V_U > V_\rho$ , ուստի ֆրեզը ամենամեծ մաշվածք ստանում է  $U$  կետում, որի համար անհրաժեշտություն է առաջանում այդ կետում մեծացնել հետին անկյունը: Բացի դրանից, շառավղային ուղղությամբ ծոծրակված ֆրեզը, վերասրումներից հետո, անվի ատամների լայնական չափերի հաստատունություն չի ապահովում: Մշակման ժամանակ գոգի պահանջվող լայնություն ստանալու համար ֆրեզն անհրաժեշտ է տեղափոխել դեպի անվի կենտրոն, սակայն այս դեպքում տեղի է ունենում պրոֆիլի աղավաղում: Գրա համար շառավղային ծոծրակումը պիտանի է միայն սևատաշ ֆրեզների համար:



Նկ. 7.6. Մատային ֆրեզների ծոծրակման սխեման

Թեպետև **առանցքային ծոծրակման** ենթարկված ֆրեզների (նկ. 7.6բ), կտրման պայմանները որոշ չափով լավանում են ( $\alpha_U > \alpha_\rho$ ), սակայն վերասրումից հետո ֆրեզի պրոֆիլի ամեն մի կետ ունենում է  $k_1$  շեղման տարբեր մեծություններ, որի պատճառով մշակվող պրոֆիլը սխալ է ստացվում:

---

Բացի այդ, առանցքային ծոծրակման դեպքում ատամի առանցքին զուգահեռ կամ նրա հետ փոքր անկյուն կազմող պրոֆիլի որոշակի տեղամասերում հետին անկյունն ստացվում է բավականին փոքր: Այդ պատճառով խորհուրդ չի տրվում մատային մոդուլային ֆրեզները ենթարկել առանցքային ծոծրակման:

Ատամի ամբողջ կտրող եզրով բարենպաստ հետին անկյուն ստանալու նպատակով օգտագործվում է **թեք ծոծրակումը՝**  $\tau = 10...15^\circ$  (նկ. 7.6գ): Այն ապահովում է մոտավորապես  $U$  և  $R$  կետերում իրար հավասար հետին անկյունների ստացում և պրոֆիլի նվազագույն աղավաղում վերասրումից հետո: Շնորհիվ այդ առավելությունների, մատային մոդուլային ֆրեզները ենթարկվում են միայն թեք ծոծրակման: Առանցքային ծոծրակման ենթարկվում են միայն զագաթի մոտի ճակատային ատամները:

Ատամնանհիվների նախնական մշակման համար օգտագործվում են սևատաշ մատային մոդուլային ֆրեզներ: Սևատաշ ֆրեզները կարող են նախագծվել ծոծրակված ատամներով՝ ձևավոր պրոֆիլով և կառուցվածքային առումով քիչ են տարբերվում մաքրատաշ ֆրեզներից: Կտրման պայմանների բարելավման նպատակով նրանց ատամների վրա արվում են տաշեղամանրիչ ակոսներ, որոնք դասավորված են պտուտակագծով՝  $8...15^\circ$  թեքության անկյան տակ և ունեն  $\gamma = 5...10^\circ$  առջևի անկյուն:

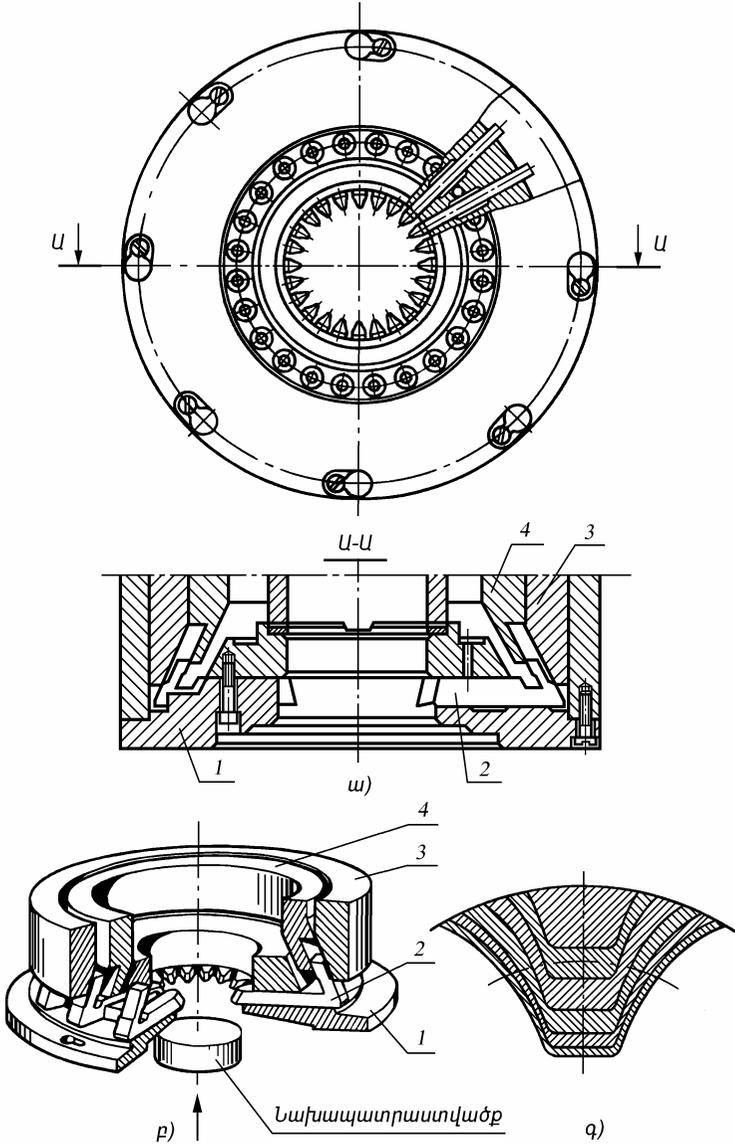
Սևատաշ մշակման մատային մոդուլային ֆրեզների արտադրողակառուցյան բարձրացման նպատակով հաճախ դրանք պատրաստվում են սրածայր ատամներով՝ ուղղագիծ պրոֆիլով: Այս ֆրեզների ատամները չեն ծոծրակվում: Դրանց համար ընտրվում են առջևի և հետին անկյունների նպատակահարմար արժեքներ, ինչը հնարավորություն է տալիս էապես բարձրացնել կտրման ռեժիմները և ֆրեզի կայունությունը: Այս ֆրեզների սրումը կատարվում է հետին մակերևույթով: Մեծ մոդուլի դեպքում սևատաշ մշակումը կատարվում է երկու կամ երեք անցումով, որից հետո պրոֆիլային ֆրեզով իրականացվում է մաքրատաշ մշակումը:

#### **7.4 Ատամնաթործիչ գլխիկներ**

Ատամնաթործիչ գլխիկները գլանական ատամնանվի բոլոր ատամները մշակում են միաժամանակ:

Նկ. 7.7ա-ում բերված է գլխիկի կառուցվածքը: Գլխիկի 1 իրանի ակոսներում տեղակայված են մշակվող անվի ատամների քանակին և գոգերի

պրոֆիլին համապատասխան շառավղային ուղղությամբ դասավորված 2 կտրիչները: Ատամնաթորման ժամանակ գլխիկը և նախապատրաստ-



Նկ. 7.7. Ատամնաթործիչ գլխիկ

---

վածքը կատարում են նկ. 7.7բ-ում պատկերված շարժումները: Գլխիկն անշարժ է, իսկ նախապատրաստվածքին տրվում է կրկնակի ընթացք: Նախապատրաստվածքի՝ դեպի վեր շարժվելուց առաջ կտրիչները միաժամանակ 3 պարկուճի ներքին կոնի միջոցով ստանում են շառավղային մատուցում՝ դեպի մշակվող անվի կենտրոնը: Հետընթացի ժամանակ՝ դեպի ներքև շարժվելիս, մշակված մակերևույթի հետ չշփվելու նկատառումով, կտրիչները 4 պարկուճի արտաքին կոնի միջոցով ետ են քաշվում (0,5 մմ չափով): Որոշակի քանակությամբ կրկնակի ընթացքներից հետո վերջնականապես ձևավորվում է գոգի պրոֆիլը (նկ. 7.7գ):

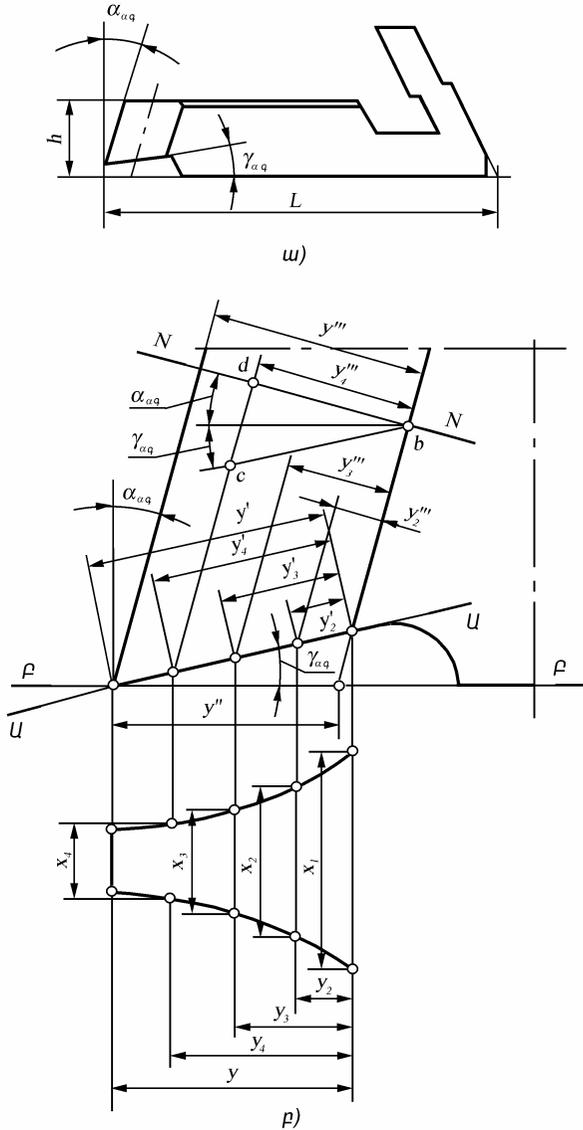
Չնայած ատամնաթործիչ գլխիկներն աշխատում են կտրման ոչ մեծ արագություններով՝ 3...10 մ/րոպե, դրանք ապահովում են բարձր արտադրողականություն՝ ի հաշիվ միաժամանակյա կտրմանը մասնակցող կտրող եզրերի գումարային մեծ երկարության: Շառավղային մատուցումը փոփոխական է՝ կտրման սկզբում այն լինում է 0,5 մմ/կրկ.ընթ., իսկ կտրման վերջում նվազում մինչև 0,06 մմ/կրկ.ընթ.: Մատուցման նվազումը գործընթացի վերջում ապահովում է ատամների կողմային մակերևույթների բավականին բարձր մաքրություն:

Ատամնաթործիչ գլխիկը նախատեսված է մեկ՝ որոշակի պարամետրերով ատամնանվի մշակման համար: Այն աշխատում է հատուկ հաստոցի վրա, և մեկ գլխիկով կարելի է մշակել հազարավոր նախապատրաստվածքներ: Այդ պատճառով այն կիրառվում է ատամնանիվների մշակման խոշոր սերիական և զանգվածային արտադրության մեջ:

Ատամնաթործիչ գլխիկներն օգտագործվում են, հիմնականում,  $z=20...50$  և  $m=2...10$  մմ գլանային ուղիղ ատամներով անիվների մշակման համար: Դրանցով կարելի է մշակել նաև շեղատամ ( $\beta \leq 30^\circ$ ) և ելուստներով վերջացող բլրկանիվներ, կարճ (մինչև 100 մմ) բազմաերիթ լիսեռներ, տարբեր գործիքների տաշեղային ակոսներ:

Ատամնաթործիչ գլխիկների կտրիչները (նկ. 7.8ա) սովորաբար պատրաստվում են կտրող սայրերի հետևյալ երկրաչափական պարամետրերով. ատամի գագաթի առջևի անկյունը վերցվում է  $\gamma = 5^\circ$ , որն ապահովում է կողային կտրող եզրերի վրա առջևի անկյունների մեծությունները մինչև  $2^\circ$ : Կտրիչի պրոֆիլի կողային մասերում փոքր հետին անկյունների առկայությունը ատամնաթործիչ գլխիկի էական թերությունն է:

Գագաթի հետին անկյունն ընտրվում է՝ կախված հաստոցի կառուցվածքից՝  $\alpha_{aq} = 8...10^\circ$ :



Նկ. 7.8. Ատամնաթործիչ գլխիկի կտրիչի պրոֆիլի հաշվարկը

Քանի որ գլխիկն աշխատում է պատճենահանման եղանակով, կտրիչի առջևի  $U-U$  նիստի պրոյեկցիան կտրվող անվի  $\rho-\rho$  ճակատային հար-

թության վրա պետք է լինի անվի ատամների գոգի պատճենը (նկ. 7.8բ):

Եթե տրված են գոգի պրոֆիլի՝ անհրաժեշտ կետերի կոորդինատները  $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ , կտրիչի պրոֆիլի կոորդինատները որոշելիս պետք է ընդունել, որ կետերի արագիսները չեն փոփոխվում:  $U-U$  առջևի հարթության վրա  $y'$  օրդինատները որոշվում են հետևյալ բանաձևով.

$$y' = \frac{y}{\cos \gamma_{aq}} : \quad (7.21)$$

Այս օրդինատներն անհրաժեշտ են, որպեսզի կտրիչի սրումից հետո կատարվի նրա առջևի մակերևույթի վրա պրոֆիլի ստուգում: Եթե կտրիչի պրոֆիլի ստուգումը կատարվում է սրումից առաջ, այսինքն՝  $L-L$  հարթության վրա, ապա  $y''$  օրդինատները որոշվում են.

$$y'' = y (1 - \operatorname{tg} \gamma_{aq} \operatorname{tg} \alpha_{aq}) : \quad (7.22)$$

Քանի որ կտրիչի պրոֆիլի ֆրեզերումը և հղկումը կատարվում է կտրիչի գագաթի մասի հետին մակերևույթին տարած  $N-N$  ուղղահայաց հարթությունով, ապա ֆրեզի և հղկաքարի պրոֆիլավորման համար անհրաժեշտ է ունենալ այդ կտրվածքում  $y'''$  օրդինատները (7.23)

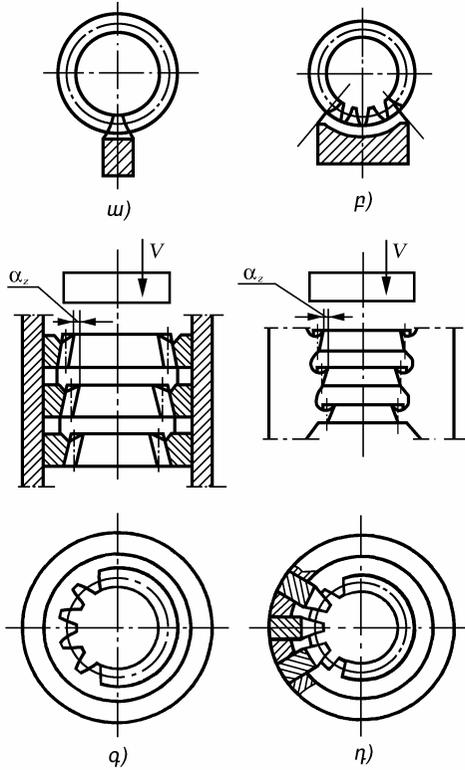
$$y''' = y' \cos(\gamma_{aq} + \alpha_{aq}) = y \frac{\cos(\gamma_{aq} + \alpha_{aq})}{\cos \gamma_{aq}} : \quad (7.23)$$

Առավելությունների հետ միասին ատամնաթործիչ գլխիկներն ունեն թերություններ, որոնք սահմանափակում են նրանց լայն ներդրումը արտադրության մեջ: Դրանք են՝ գլխիկի կառուցվածքի բարդությունը, ոչ համապիտանիությունը, շահագործման հետ կապված դժվարությունները:

## 7.5 Ատամնամշակման ձգիչներ

Ձգիչների միջոցով ատամնամշակման գործողության իրականացումը անհամեմատ բարձր արտադրողական գործընթաց է, որի շնորհիվ այն կիրառվում է ատամնանիվների զանգվածային արտադրության մեջ: Դրանցով կարելի է մշակել արտաքին և ներքին կառչման ուղղատամ և շեղատամ անիվներ:

Ներքին կառչման ուղղատամ անվի մշակման ձգիչը նման է էվոլվենտային ձևավոր պրոֆիլով կտրող եզրեր ունեցող բազմաերիթ ձգիչին: Արտաքին կառչման ատամնանիվների մշակման ձգիչները կարող են լինել. միապրոֆիլ, սեկտորային և ընդգրկող (նկ. 7.9):



Նկ. 7.9. Ատամնանիվների մշակման ձգիչներ

Միապրոֆիլ ձգիչներն ատամնանվի մշակումն իրականացնում են գոգերի հաջորդական մշակման եղանակով, այսինքն՝ յուրաքանչյուր հերթական գոգի մշակումից հետո նախապատրաստվածքը շրջվում է անկյունային քայլի չափով (նկ. 7.9ա): Օգտագործվում են ուղիղ (երիթավոր) կամ սկավառակային կառուցվածքով ձգիչներ:

Մեկտորային ձգիչները նման են արտաքին ձգիչներին, որոնք ունեն համապատասխան պրոֆիլի կտրող եզրեր (նկ. 7.9բ): Այստեղ իրականացվում է մի խումբ ատամների միաժամանակյա մշակում, որից հետո կատարվում է նախապատրաստվածքի համապատասխան պտույտ՝ հաջորդ խմբի ատամների մշակման համար:

Ընդգրկող ձգիչները կարող են լինել տարբեր կառուցվածքների:

---

Հավաքովի կառուցվածքով ձգիչը կազմված է խողովակաձև իրանից, որի մեջ տեղակայված են օղակները (նկ. 7.9գ): Օղակներն ունեն ներքին ատամներ, որոնց պրոֆիլը էվոլվենտային է և համապատասխանում է մշակվող անվի ատամների գոգի պրոֆիլին: Ձգիչի երկարությամբ դասավորված օղակների մեջ ատամների բարձրությունը փոփոխվում է՝ ձգիչի ատամի բարձրացման չափի ապահովման համար: Մյուս տեսակի ձգիչի կառուցվածքը բերված է նկ. 7.9դ-ում: Իրանի մեջ երկայնակի ուղղությամբ բացված ակոսների մեջ տեղադրված են սեկցիաներ, որոնք մնան են երիթային ձգիչի բանող մասին և որոնց ատամների պրոֆիլը համապատասխանում է մշակվող անվի ատամների գոգի պրոֆիլին:

Ատամանիվի՝ հավաքովի կառուցվածքով ձգիչներով մշակման ժամանակ կտրման աշխատանքային շարժումը հաղորդվում է նախապատրաստվածքին:

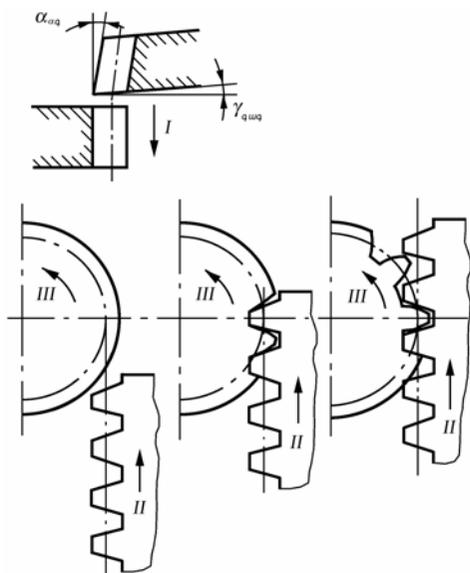
Ատամնանվի ատամների նախնական մշակումից հետո կատարվում է ատամների մաքուր մշակում՝ սկավառակային հղկաքարի միջոցով, որի աշխատանքային պրոֆիլը համապատասխանում է անվի ատամների գոգի պրոֆիլին:

## **7.6 Կենտրոնադիր պարուրման (շրջագլորման) եղանակով աշխատող գործիքներ, ատամնամշակման սանրեր**

Ըստ կառուցվածքի, ատամնամշակման սանրերը պարուրման եղանակով անվի մշակման ամենապարզ գործիքներից են: Դրանք ունեն ատամնաձողի տեսք և աշխատում են հետևյալ սկզբունքով (նկ. 7.10). մշակման գործընթացի ժամանակ սանրին հաղորդվում է գլխավոր շարժումը՝ *I*, ձևավորվող ատամի կողային մակերևույթներին զուգահեռ:

Ուղղատամ անիվների մշակման ժամանակ գլխավոր շարժման ուղղությունը զուգահեռ է ատամնանվի առանցքին, իսկ պտուտակային ատամներով անիվների մշակման ժամանակ՝ թեքված առանցքի նկատմամբ:

Միաժամանակ, գլխավոր շարժման հետ մեկտեղ, կատարվում է սանրի և նախապատրաստվածքի պարուրման (շրջագլորման) շարժում: Սանրը կատարում է հետընթաց-առաջընթաց շարժում՝ իր միջին գծի ուղղությամբ՝ *II*, իսկ նախապատրաստվածքը՝ պտտական շարժում առանցքի շուրջը՝ *III*: Ընդ որում, անվի (նախապատրաստվածքի) սկզբնական շրջա-



Նկ. 7.10. Սանրով ատամնանվի մշակման սխեման

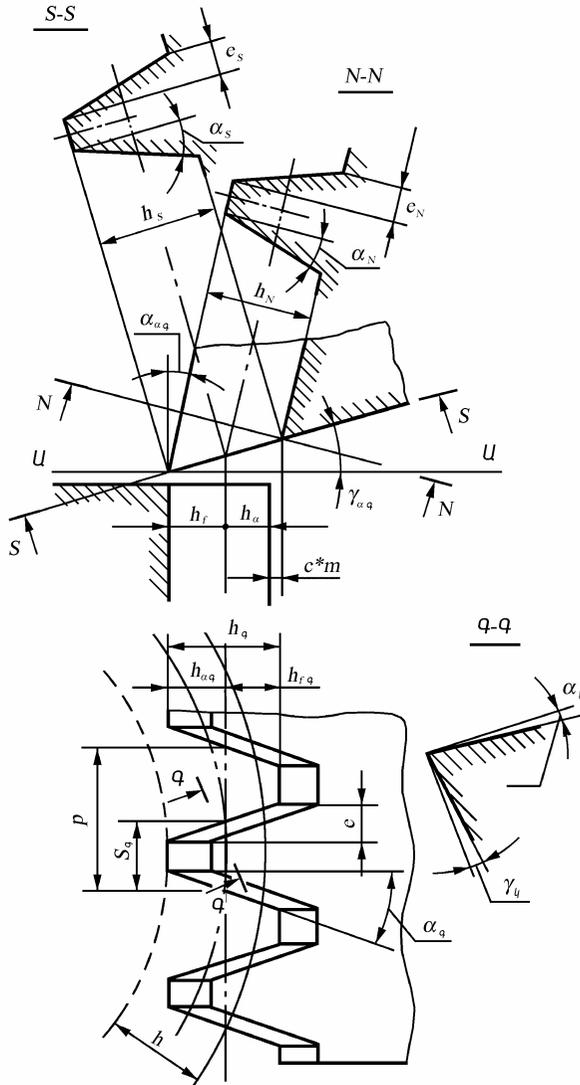
նագիծն առանց սահքի գլորվում է ձողի (սանրի) սկզբնական գծի վրայով: *I*, *II* և *III* շարժումների արդյունքում ձևավորվում են անվի ատամները:

Սանրի հետընթացի ժամանակ, շփումը վերացնելու նպատակով, անվի վր ետ է քաշվում:

Անվի ատամները լրիվ մշակելու համար անհրաժեշտ է, որ սանրի երկարությունը մեծ լինի անվի սկզբնական շրջանագծի երկարությունից: Եթե մշակման համար օգտագործվում է կարճ սանր, ապա մեկ կամ մի քանի գոգերի մշակումից հետո սանրը վերադարձվում է իր նախնական դիրքին, որից հետո նախապատրաստվածքը կատարում է բաժանարար դարձ, այնուհետև մշակվում է անվի հաջորդ գոգը կամ գոգերը: Սանրը ձող է՝ առջևի  $\gamma_{\alpha q}$  և հետին  $\alpha_{\alpha q}$  անկյուններով (նկ. 7.11): Սանրի յուրաքանչյուր ատամ ունի երեք կտրող եզր՝ մեկը ատամի գագաթում, երկուսը՝ կողային մասերում: Սանրի կտրող եզրն առաջանում է ելման ատամնակտրման ձողի ատամի կողային մակերևույթի և առջևի հարթության հատումից: Հետին մակերևույթը կարելի է դիտարկել որպես կտրող եզրերի ամբողջություն, որը ստացվում է դրանց՝ մեկը մյուսի նկատմամբ տեղա-

փոխմամբ, ընդ որում՝ տեղափոխման ուղղությունը ելման ձողի ծնիչի հետ կազմում է  $\alpha_{\alpha q}$  անկյուն:

Առջևի նիստով սրելիս սանրից հեռացվում է մաշված կտրող եզրը, և ի հայտ է գալիս նոր կտրող եզր, որը հնից ոչնչով չի տարբերվում: Դա թույլ է



Նկ. 7.11. Սանրի ատամների չափերի որոշումը

տալիս ինչպես նոր, այնպես էլ վերսրված սանրերի օգնությամբ մշակել մնանատիպ ատամնանիվներ: Այս տեսակետից, սանրը կատարյալ տեսական ճշգրիտ գործիք է:

Սանրի ատամի պրոֆիլի չափերը կախված են մշակվող ատամնանվի ատամների չափերից: Նրանք դիտարկվում են՝

ա) մշակվող անվի ճակատային  $U-U$  հարթության մեջ, որտեղ կտրող եզրերի պրոյեկցիաների չափերը համապատասխանում են մշակվող անվի ատամների չափերին, այսինքն՝ ելման ուրվագծին,

բ) առջևի  $S-S$  հարթության մեջ, որպեսզի ատամը պատրաստելուց հետո կատարվի տարրերի ստուգում,

գ) ատամի հետին մակերևույթին ուղղահայաց  $N-N$  հարթության մեջ գործիքները՝ ֆրեզը և հղկաքարը պրոֆիլավորելու համար:

$U-U$  հարթության մեջ սանրի ատամների պրոյեկցիան պետք է ապահովի ատամնանվի սկզբնական ուրվագծի պարամետրերի ստացումը, այսինքն՝ այդ պրոյեկցիան պետք է լինի գործիքային ատամնաձողի սկզբնական ուրվագիծը, որի չափերն են.

ա) քայլը՝  $p = \pi m$ ,

բ) պրոֆիլի անկյունը, որը հավասար է ելման ուրվագծի պրոֆիլի անկյանը՝  $\alpha_q = \alpha$ ,

գ) ատամի լայնությունը՝  $S_q = p - S_1$  կամ, երբ  $S_1 = p/2$ ,  $S_q = p/2 = \pi m/2$

դ) գլխիկի բարձրությունը՝  $h_{aq} = h_f$  (օրինակ՝ 1,25m),

ե) ոտիկի բարձրությունը՝  $h_{fq} = h_a + c^*m$  (օրինակ՝ 1,25m),

զ) ատամի լրիվ բարձրությունը՝  $h_q = h_{aq} + h_{fq} = h_a + h_f + c^*m = 2,5m$ ,

որտեղ՝  $S_1$ -ը,  $h_a$ -ը և  $h_f$ -ը՝ մշակվող անվի ատամների չափերն են:

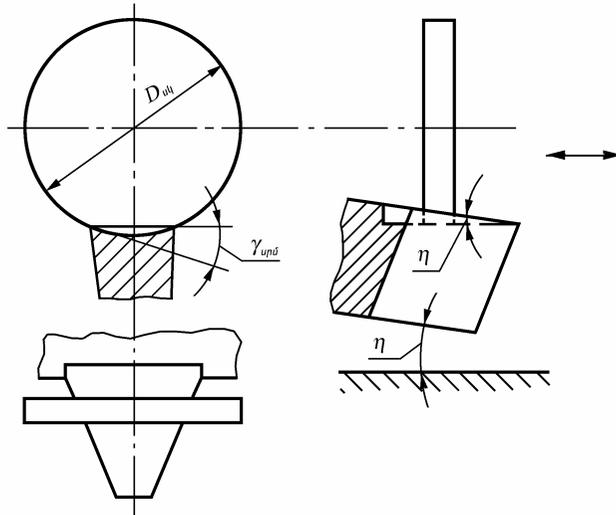
Սանրի հետին և առջևի անկյունները  $S-S$  և  $N-N$  հարթություններում իրենց արժեքներով ազդում են ատամի բարձրության և անկյունային չափերի վրա: Ատամի երկայնական չափերը մնում են անփոփոխ:

Նշված հատույթներում սանրի ատամի բարձրության և անկյունային չափերը որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

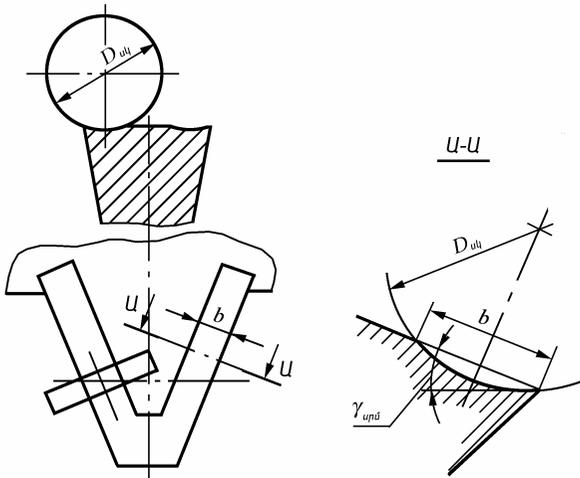
$$h_S = \frac{h_q}{\cos \gamma_{\alpha q}} \quad \text{և} \quad h_N = \frac{h_q}{\cos \gamma_{\alpha q}} \cos(\alpha_{\alpha q} + \gamma_{\alpha q}), \quad (7.24)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_S = \frac{e_S}{h_S} = \operatorname{tg} \alpha \cos \gamma_{\alpha q} \quad \text{և}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \frac{e_N}{h_N} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_S}{\cos(\alpha_{\alpha q} + \gamma_{\alpha q})} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_0 \cos \gamma_{\alpha q}}{\cos(\alpha_{\alpha q} + \gamma_{\alpha q})} \quad (7.25)$$



ա)



բ)

Նկ. 7.12. Առջևի մակերևույթի սրման ձևը

Կողային կտրող եզրերի վրա նորմալ  $N-N$  հատույթում կողային  $\alpha_y$  և  $\gamma_y$  անկյունները որոշվում են՝

$$\operatorname{tg} \alpha_{\eta} = \frac{\sin \alpha_{\alpha q} \sin \alpha \cos \gamma_{\alpha q}}{\cos(\alpha_{\alpha q} + \gamma_{\alpha q}) + \sin \gamma_{\alpha q} \sin \alpha_{\alpha q} \sin^2 \alpha}, \quad (7.26)$$

Եթե ատամի անկյունները՝  $\gamma_{\alpha q} = 6^{\circ}30'$  և  $\alpha_{\alpha q} = 5^{\circ}30'$ , իսկ մշակվող անվի կառչման անկյունը՝  $\alpha = 20^{\circ}$ , կատարվեն կողային անկյունների հետևյալ արժեքները՝  $\alpha_{\eta} = 1^{\circ}54'$  և  $\gamma_{\eta} = 2^{\circ}10'$ :

Փափուկ նյութերի մշակման ժամանակ կտրման պայմանների լավացման և առջևի անկյան մեծացման նպատակով, կատարվում է սանրի ատամի լրացուցիչ սրում (նկ. 7.12):

Մինչև 10 մմ մոդուլի սանրերի ատամների վրա արվում է գլանական փոսիկ (նկ. 7.12ա), իսկ 10...24 մմ մոդուլի դեպքում՝ կտրող եզրերին գուգահեռ երկու փոսիկներ (նկ. 7.12բ): Սկզբնական գծին գուգահեռ և սանրի հենարանային հարթությանը տարած ուղղահայաց հարթության մեջ լրացուցիչ առջևի անկյան մոտավոր արժեքը որոշվում է.

$$\sin \gamma_{upr} \approx \frac{b}{D_{ul}}, \quad (7.28)$$

որտեղ՝  $b$ -ն՝ հատող հարթության մեջ ատամի լայնությունն է:

Սրման ժամանակ հղկաքարի  $D_{ul}$  տրամագծի և սանրի տեղակայման  $\eta$  անկյան միջև կապն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով.

$$D_{ul} = \frac{S_q}{\sin \eta} \sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha_s + \sin^2 \eta}$$

$$\text{կամ} \quad \eta = \arcsin \frac{S_q \operatorname{tg} \alpha_s}{\sqrt{D_{ul}^2 - S_q^2}}: \quad (7.29)$$

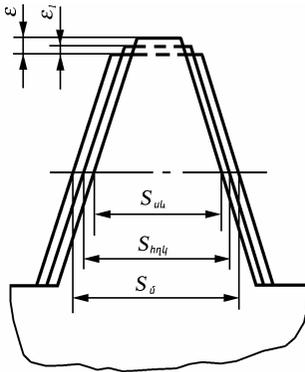
Գումարային առջևի անկյունը ( $\gamma_{qms}$ ) կտրման գործընթացում հավասար է սրումից ( $\gamma_{up}$ ) և տեղակայումից ( $\gamma_{in}$ ) ստացված առջևի անկյունների գումարին՝

$$\gamma_{qms} = \gamma_{up} + \gamma_{in}: \quad (4.30)$$

Լրացուցիչ սրման հետևանքով առջևի անկյունները մեծանում են 11...12°-ով:

Ըստ նշանակության, սանրերը լինում են սևատաշ, մաքրատաշ և հղկային: Սևատաշ սանրերը նախատեսված են աամանիվների սևատաշ մշակման, իսկ մաքրատաշ սանրերը՝ ատամանիվների վերջնամշակման համար: Հղկման սանրերը մշակում են ատամանիվներ, որոնք ենթակա են

հետագա հղկման: Նշված սանրերի ելման ուրվագծի չափերը որոշվում են հետևյալ սխեմայից (նկ. 7.13):



Նկ. 7.13. Սանրի ատամի պրոֆիլը

Սևատաշ սանրերով մշակման դեպքում մաքրատաշ մշակման համար թողնվածքի մեծությունը հավասար է՝  $(S_{\sigma} - S_{սև}) / 2 = 0,2\sqrt{m}$ , իսկ հղկման սանրերով մշակման դեպքում՝  $(S_{\sigma} - S_{սև}) / 2 = 0,1\sqrt{m}$ : Սևատաշ սանրերի ատամների գլխիկների բարձրության մեծացման չափը վերցվում է  $\varepsilon = 0,2\sqrt{m}$ , իսկ հղկման սանրերի համար՝  $0,1\sqrt{m}$  չափով:

Պտուտակային և շերտնային ատամներով անիվների մշակման համար նախատեսված սանրերն ունեն թեք ատամներ՝ մշակվող անվի ատամների թեքության անկյանը համապատասխան:

Սանրի եզրաչափերը՝  $m = 1 \dots 20$  մմ մոդուլի համար փոփոխվում են հետևյալ սահմաններում. սանրի երկարությունը՝ 77...311 մմ, լայնությունը՝ 50...90 մմ, հաստությունը՝ 20...25 մմ, ատամների թիվը՝ 5...24:

## 7.7 Ատամնամշակման որդնակային ֆրեզներ

Որդնակային ֆրեզները նախատեսված են արտաքին կառչման ուղիղ, շեղատան և շերտնային, ինչպես նաև որդնակային ատամնանիվների մշակման համար:

Որդնակային ֆրեզները դասակարգվում են՝

1) ըստ մշակման բնույթի՝ ճշգրիտ, մաքրատաշ մշակման, սևատաշ մշակման և հետագա շփնգման (նրբահղկում),

2) ըստ մշակվող անվի տեսակի՝ գլանային, որդնակային ատամնանիվների, աստղիկների և բազմաերիթ լիսեռների մշակման համար,

3) ըստ մշակվող անվի ատամի պրոֆիլի՝ էվոլվենտային, ցիկլոիդային, շրջանապտուտակային (Նովիկովի), շրջանային (աստղիկների համար) և բազմաերիթ,

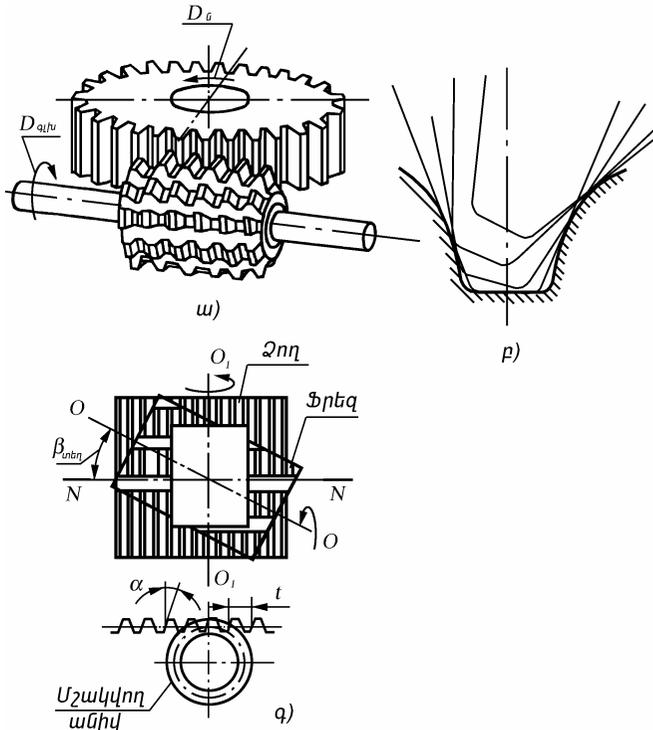
4) ըստ մուտքերի քանակի՝ միամուտք և բազմամուտք,

5) ըստ գալարի ուղղության՝ աջ և ձախ,

6) ըստ որդնակի տեսակի՝ արքիմեդյան, կոնվոյուտային և էվոլվենտային,

7) ըստ կառուցվածքի՝ հագցնովի, որոնք լինում են ամբողջական և հավաքովի ( $m < 6...10$  մմ) ու պոչային:

Որդնակային ֆրեզով անվի ատամների պրոֆիլի ձևավորումը նման է որդնակի հետ մշակվող անվի կառչման գործընթացին: Ֆրեզի վրա արվում



Նկ. 7.14. Որդնակային ֆրեզ. ա), գ) աշխատանքի սխեման,

բ) անվի ատամների պրոֆիլի գոյացումը

են երկայնական ուղղությամբ, հիմնականում՝ պտուտակային ակոսներ, ատամների առջևի մակերևույթները և կտրող եզրերը ձևավորելու և հետին մակերևույթները ծոծրակելու՝ հետին անկյունները ստանալու համար: Նրա ատամների կտրող եզրերը դասավորված են պտուտակային մակերևույթի վրա:

Աշխատանքի ընթացքում ֆրեզի և մշակվող անվի առանցքները խաչվում են (նկ. 7.14ա): Ֆրեզի  $D_{գլխ}$  գլխավոր պտտական շարժման ժամանակ կտրող եզրերը հպման մեջ են մտնում նախապատրաստվածքի հետ հաջորդաբար շեղված դիրքերում, որը նախապատրաստվածքի պտտական շարժման հետ զուգորդված, կտրման գործընթացում առաջ է բերում շրջագլորման շարժում (նկ. 7.14գ): Նախապատրաստվածքի ատամների մակերևույթների առաջացումը կատարվում է պրոֆիլավորման պարուրման եղանակով (նկ. 7.14բ):

Անվի յուրաքանչյուր ատամը ամբողջ երկարությամբ մշակելու համար, բացի շրջագլորման շարժումից, ֆրեզին հաղորդվում է նաև նախապատրաստվածքի առանցքին զուգահեռ շարժում, այսինքն՝ տեղաշարժ երկայնակի մատուցման ուղղությամբ:

Ֆրեզը, գալարներին ուղղահայաց  $N-N$  հատությամբ, միջին բաժանարար գլանի վրա պետք է ունենա  $p_q$  քայլ և  $\alpha_q$  անկյուն, որոնք պետք է համապատասխանեն մշակվող անվի ուղղահայաց հատությամբ բաժանարար գլանով նրա  $p$  քայլին և  $\alpha$  անկյանը, այսինքն՝  $p_q = p$ ,  $\alpha_q = \alpha$ ,  $m_q = m$ :

Ֆրեզի առանցքային ուղղությամբ չափերը որոշվում են՝ (նկ. 7.15).

Առանցքային հատությամբ քայլը՝

$$p_w = \frac{P_q}{\cos \tau}, \text{ իսկ } \operatorname{tg} \tau = \frac{P_w}{\pi d_{մթ} \tau}, \quad (7.31)$$

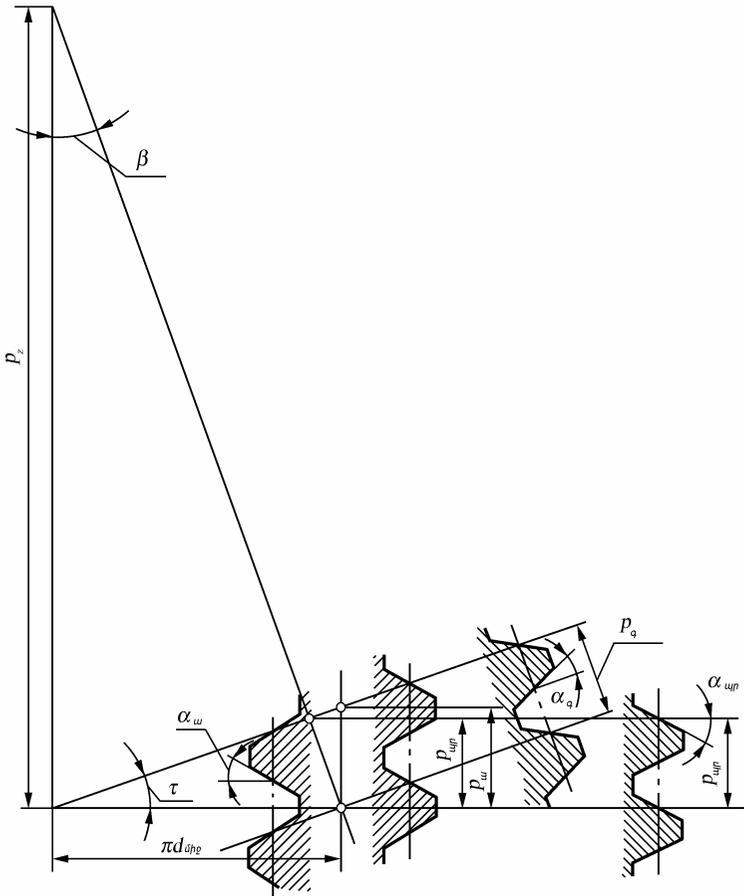
որտեղ՝  $\tau$ -ն բաժանարար (միջին) գլանի  $d_{մթ}$  տրամագծի վրա ֆրեզի գալարների բարձրացման անկյունն է:

Վերը բերված հավասարումից (7.31) հետևում է՝

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{P_q}{\pi d_{մթ} \cos \tau}, \text{ կամ } \sin \tau = \frac{P_q}{\pi d_{մթ}} = \frac{m}{d_{մթ}} : \quad (7.32)$$

Որպեսզի ֆրեզի գալարները և անվի ատամները հպվեն մեկ տարածական ձողով, ֆրեզի առանցքը ատամնաձողի ատամներին տարած նորմալ հարթության նկատմամբ պետք է տեղակայվի  $\tau$  անկյան տակ, հետևա-

բար նաև՝ անվիճ տարած նորմալ հարթության նկատմամբ: Եթե անվիճ ուղղատան է, հարթությունը կհամընկնի անվի ճակատային հարթության հետ:



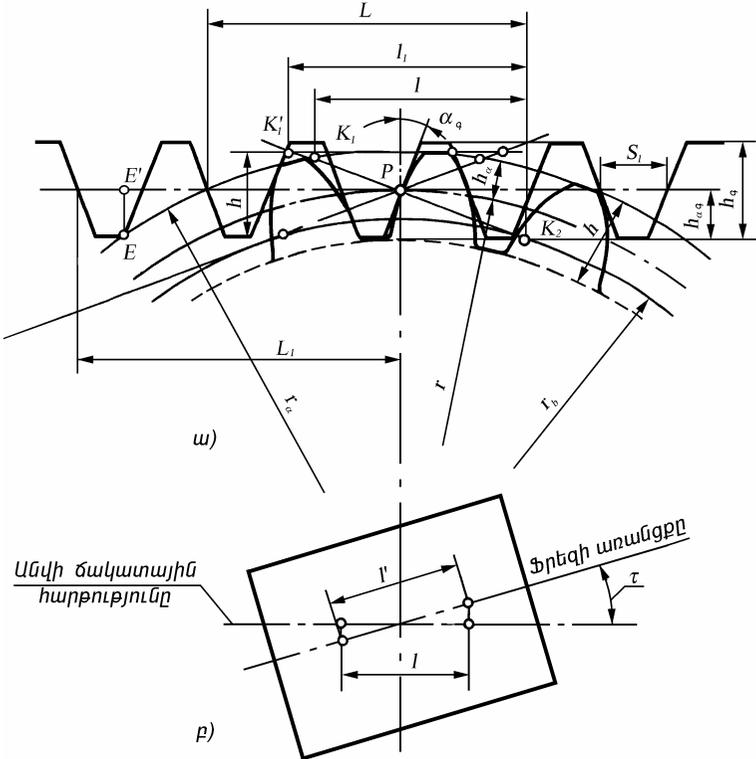
Նկ. 7.15. Ֆրեզի պրոֆիլի և պտտաակալային ակուսի չափերը

Կառչման պայմանից ելնելով՝ ֆրեզը և անվիլը անընդհատ պտտվում են իրենց առանցքի շուրջը: Ֆրեզի մեկ պտույտի ժամանակ անվիլը պտտվում է մեկ քայլով (միամուտք ֆրեզի դեպքում) կամ  $1/z$  չափով, որտեղ  $z$ -ը՝ անվի ատամների թիվն է:

Միամուտք որդնակը պտտման ընթացքում հաջորդաբար կառչվում է անվի բոլոր ատամների հետ: Դրա համար ատամների յուրաքանչյուր զոգի

մշակմանը մասնակցում են միամուտք ֆրեզի պրոֆիլավորման գծի ակտիվ երկարության վրա գտնվող բոլոր ատամները:

Պրոֆիլավորման գիծն անցնում է կառչման  $P$  բևեռով (նախապատրաստվածքի և ֆրեզի կենտրոնարդների շոշափման կետը) և էվոլվենտային պրոֆիլների համար այն շոշափում է հիմնական շրջանագծին:



Նկ. 7.16. Ֆրեզի երկարության որոշումը

Պրոֆիլավորման կետերի սահմանային դիրքերը (նկ. 7.16) որոշվում են մշակվող անվի ելուստների շրջանագծի և ֆրեզի ատամների ելուստների ուղիղ գծի հետ պրոֆիլավորման գծի հատումով ( $K_1$  և  $K_2$  կետեր): Պրոֆիլավորման գծի ակտիվ հատվածը որոշում է պրոֆիլավորմանը մասնակցող ֆրեզի  $l$  երկարությունը (սկզբնական ուղղով)՝ պրոյեկտված անվի ճակատային հարթության վրա (7.33):

$$l = \left( \sqrt{r_a^2 - r_b^2} - \frac{r \sin^2 \alpha_q - h_{aq}}{\sin \alpha_q} \right) \cos \alpha_q : \quad (7.33)$$

Ֆրեզի ակտիվ  $l$  երկարությունը կախված է մշակվող անվի ելուստների  $r_a$  շառավղից և, անվի  $z$  առամնաթվերը ավելացնելիս, այն մեծանում է:

Անվի առամնաթվերի մեծացման դեպքում սահմանային  $K_1$  կետի դիրքը ստացվում է, երբ  $z = \infty$ , այսինքն՝ առամնաձողի մշակման դեպքում: Այդ դեպքում  $l_1$  -ը որոշվում է՝  $l_1 = h_q \operatorname{ctg} \alpha_q$ :

$K_1$  կետից դեպի ձախ գտնվող ֆրեզի առամները պրոֆիլավորմանը չեն մասնակցում, այլ կատարում են միայն անվի գոգերի նախնական մշակում, որոնց հետագա վերջնամշակումը կատարվում է պրոֆիլավորող առամների կողմից: Նախապատրաստվածքի մշակումը սկսվում է  $E$  կետից, որի հեռավորությունը՝ կառչման բևեռից պրոյեկտված անվի ճակատային հարթության վրա որոշվում է.

$$E'P = \sqrt{r_a^2 - (r_a - h)^2} = \sqrt{(2r_a - h)h} : \quad (7.34)$$

Որդնակային ֆրեզի առամներն ամբողջ երկարությամբ ծանրաբեռնված են անհավասարաչափ: Մետաղի ամենամեծ շերտերի հեռացումն ընկնում է առաջին ներխուժող առամների վրա, և դեպի պրոֆիլավորման բևեռ առանձին առամների վրա ծանրաբեռնվածությունը փոքրանում է: Կտրող եզրի յուրաքանչյուր կետի կողմից նախապատրաստվածքի պրոֆիլի վերջնամշակումը տեղի է ունենում այն ժամանակ, երբ նախապատրաստվածքի առանցքից այդ կետերն ունենում են ամենամոտ հեռավորությունը:

## Որդնակային ֆրեզի կառուցվածքային պարամետրերը

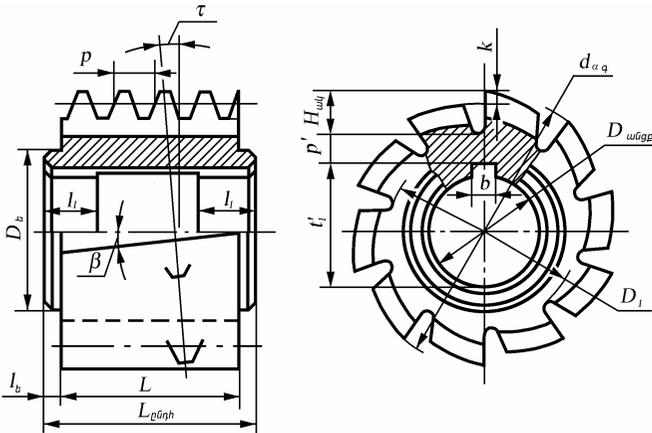
**Ֆրեզի տրամագիծը:** Ֆրեզի արտաքին տրամագծի ճիշտ ընտրությունը շատ կարևոր է, քանի որ նրանով բնորոշվում են ինչպես անվի պատրաստման ճշտությունը, այնպես էլ առամնաֆրեզերման արտադրողականությունը: Մեծացնելով ֆրեզի տրամագիծը՝ փոքրանում է ֆրեզի գալարների վերելքի  $\tau$  անկյունը, որը դրականորեն է ազդում ֆրեզի կառուցվածքային ճշտությունների վրա, մեծանում է առամների թիվը ֆրեզի շրջանագծով, որը լավացնում է կտրման պայմանները և տաշելի հեռացումը, հնարավորություն է ստեղծվում մեծացնել ֆրեզի անցքի տրամագիծը՝ այսինքն՝ կալակի տրամագիծը, որի շնորհիվ բարձրանում է համակարգի կոշտությունը:

Մակայն տրամագծի մեծացման դեպքում նրա պատրաստման համար անհրաժեշտ գործիքանյութի ծախսն ավելանում է, մեծանում է ներխարման երկարությունը և ժամանակը, որը բերում է մեքենայական ժամանակի աճին, որին համապատասխան նվազում է ատամնաֆրեզերման արտադրողականությունը, մեծանում է նախապատրաստվածքի հետ ֆրեզի հպման անկյունը, հետևաբար նաև՝ ոլորող մոմենտը կտրման նույն պայմանների դեպքում:

Դրա համար նպատակահարմար է մաքրատաշ ֆրեզների համար տրամագիծը վերցնել սևատաշ ֆրեզների տրամագծից ավելի մեծ, իսկ ճշգրիտ ֆրեզների համար՝ մաքրատաշ ֆրեզների տրամագծից մեծ: Մաքրատաշ ֆրեզի արտաքին տրամագծի ընտրման համար չափանիշ կարող է հանդիսանալ պատրաստման ճշտությունը բնութագրող գալարի բարձրացման անկյունը, որը միանույնք մաքրատաշ ֆրեզների համար չպետք է գերազանցի  $3^\circ$ -ին:

Ստանդարտի կողմից ֆրեզի արտաքին տրամագծի համար երաշխավորվում են հետևյալ չափերը՝ 40, 63, 71, 90, 100, 125, 140, 150, 180, 200, 212, 225, 250, 265, 300, 305, 340 մմ: 200 մմ-ից մեծ տրամագծերը երաշխավորվում են միայն հավաքովի կառուցվածքով ֆրեզների համար:

Ֆրեզի տրամագծի ընտրության ժամանակ պետք է հաշվի առնել ակոսի  $H_{ակ}$  խորությունը, անցքի  $D_{անցք}$  տրամագիծը և ֆրեզի միջնապատի  $p'$  հաստությունը (նկ. 7.17):



Նկ. 7.17. Ֆրեզի կառուցվածքային չափերը

Ֆրեզի արտաքին տրամագիծը պետք է բավարարի հետևյալ պայմաններին՝

$$d_{aq} \geq 2H_{ալ} + 2p' + D_{անցք},$$

կամ

$$d_{aq} \geq 2(t'_1 - d/2 + p' + H_{ալ}), \quad (7.35)$$

որտեղ՝ անցքի  $D_{անցք}$  տրամագիծը, կախված ֆրեզի արտաքին  $d_{aq}$  տրամագծից, հաշվվում է.

$$D_{անցք} = (0,20 \dots 0,45) d_{aq}, \quad (7.36)$$

Ըստ մշակվող ատամի չափի, նորմալ և ճշգրիտ ֆրեզների համար համապատասխանաբար կստացվեն.

$$D_{անցք} = 20 m^{0,373} \quad \text{և} \quad D_{անցք0} = 27 m^{0,404} \quad (7.37)$$

Անցքի տրամագծը պետք է ընտրվի նստեցվող գործիքի անցքի տրամագծի նորմալացված շարքից՝ 22, 27, 32, 40, 50, 60: Ատամի հիմքում  $D_1$  տրամագիծը որոշվում է  $D_1 = 1,75 D_{անցք}$  բանաձևով:

**Ֆրեզի երկարությունը:** Այն պետք է ապահովի անվի ատամների ճիշտ պրոֆիլավորումը և ատամների գոգից թողնվածքի նախնական հեռացումը՝ առանց եզրային ատամների գերծանրաբեռնվածության: Ատամների ճիշտ պրոֆիլավորման համար անհրաժեշտ փոքրագույն երկարությունը որոշվում է պրոֆիլավորման գծի ակտիվ երկարությամբ: Այդ դեպքում ֆրեզի փոքրագույն երկարությունը, հաշվի առնելով նաև ֆրեզի միջին տրամագծով պրոֆիլավորող եզրային ատամների  $S_q$  լայնությունը, որոշվում է ըստ նկ. 7.16-ի:

$$L = h \operatorname{ctg} \alpha_q + 4h_a^0 \operatorname{tg} \alpha_q + 2S_q \approx$$

$$\approx 2 \left\{ \frac{h}{\sin 2\alpha_q} (1 + \sin^2 \alpha_q) + S_q \right\} \quad (7.38)$$

Ըստ 2-րդ պայմանի, ֆրեզների երկարության չափը որոշվում է  $E$  կետի դիրքով: Երկարության կեսը կլինի՝

$$L_1 = \sqrt{(2r_a - h)h} + S_q: \quad (7.39)$$

Ինչպես նշվել է, ֆրեզի ատամները ծանրաբեռնված են անհավասարաչափ, որը կախված է կառչման բևեռից նրանց ունեցած հեռավորությունից: Յուրաքանչյուր ատամ հանում է տարբեր թողնվածք, աշխատելով միայն կտրող եզրի որոշակի մասով, և ատամների մեծագույն մաշումը տեղի է ունենում կտրող եզրի որոշակի տեղամասերում (յուրաքանչյուր ատամում այն տարբեր մասերում է): Կառչման բևեռի նկատմամբ ֆրեզի

դիրքը փոխելով՝ փոխվում են առանձին ատամների կտրման պայմանները, ինչպես նաև ատամների կտրող եզրերի վրա մաշման մեծագույն արժեքների դիրքը: Այս հանգամանքն օգտագործվում է ֆրեզի կայունության մեծացման համար: Որոշակի քանակի անիվների մշակումից հետո փոփոխվում է նախապատրաստվածքի առանցքի նկատմամբ ֆրեզի դիրքը, ֆրեզը կամ պտտվում է՝ անջատելով բաժանարար գիտառան, կամ տեղափոխվում առանցքային ուղղությամբ՝ փոփոխելով տեղակայման ճակատային օղակները: Տեղաշարժ իրականացնելու համար անհրաժեշտ է ունենալ ֆրեզի երկարության որոշակի պաշար: Այդ նպատակով ֆրեզի նվազագույն երկարությունը մեծացվում է 2...3 առանցքային քայլի չափով:

Ֆրեզի ճակատային մասերում արված են գլանական ելուստներ՝ ատամնամշակման հաստոցի վրա նրա տեղակայման ճշտության ստուգման համար: Ելուստների երկարությունը վերցվում է  $l_b = 4...6$  մմ չափով: Ֆրեզի ընդհանուր երկարությունը կազմում է՝

$$L_{ընդհ} = L + 2l_b: \quad (7.40)$$

Ելուստների  $D_0$  տրամագիծը վերցվում է նստեցվող անցքի  $D_{անցք}$  տրամագծից մեծ և ֆրեզի ատամի հիմքում  $D_1$  տրամագծից փոքր:

Ֆրեզի երկարության և նրա արտաքին տրամագծի մեջ նկատվում է հետևյալ կապը՝

$$L_{ընդհ} = (0,84...1,26) d_{ագ}: \quad (7.41)$$

**Ֆրեզի միջին հաշվարկային տրամագիծը:** Ըստ միջին հաշվարկային տրամագծի որոշվում են ֆրեզի երկայնական ակոսի թեքության անկյունը, գալարների վերելքի անկյունը և կառուցվածքային այլ մեծություններ:

Մրման հետևանքով ֆրեզի տրամագծային չափերը փոքրանում են, որն ազդում է հաշվարկային և տեխնոլոգիական պարամետրերի վրա: Որպեսզի ֆրեզի իրական չափերը հաշվարկային չափերից քիչ տարբերվեն, վերջիններս որոշվում են ոչ թե ըստ նոր ֆրեզի մեծագույն միջին տրամագծային չափի (սրումների հետևանքով այն փոփոխական մեծություն է), այլ ըստ հաշվարկային հատույթում ստացված ֆրեզի հաշվարկային միջին տրամագծի: Որպես հաշվարկային տրամագիծ, որով հաշվվում են ֆրեզի մյուս պարամետրերը, վերցվում է ֆրեզի այն միջին տրամագիծը, որը գտնվում է նոր պատրաստված ֆրեզի միջին տրամագծի և վերջնական սրումից հետո ֆրեզի միջին տրամագծի միջնամասում: Միջին հաշվարկային հարթության հեռավորությունը ֆրեզի ատամի առջևի հարթությունից կազմում է  $\sigma k$  (նկ. 7.20):

Ֆրեզի նախագծման ժամանակ նրա միջին տրամագիծը հաշվարկվում է.

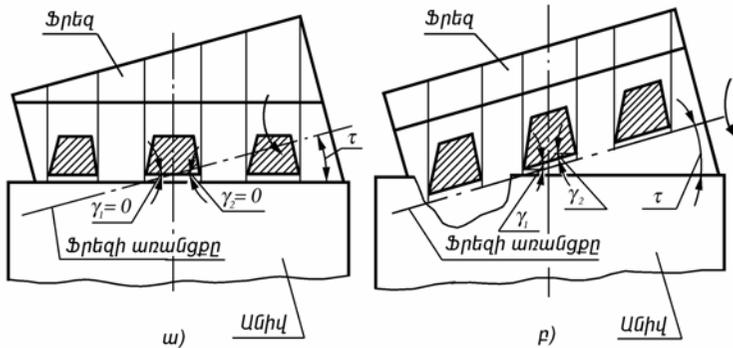
$$d_{\text{միջ.հ}} = d_{a q} - 2h_{a q} - 2\sigma k, \quad (7.42)$$

որտեղ՝  $k$ -ն ծոծրակման չափն է,

$h_{a q}$ -ն՝ ֆրեզի ատամի պրոֆիլի գլխիկի բարձրությունը,

$\sigma$  գործակիցը վերցվում է 0,1...0,25 սահմանում:

**Ֆրեզի երկայնական ակոսները:** Որպեսզի ֆրեզի ատամի երկու կողմերում ապահովվեն միևնույն առջևի անկյուններ, պատրաստվում են պտուտակավոր ակոսներ (նկ. 7.18ա):



Նկ. 7.18. Որդնականին ֆրեզ.  
ա) պտուտակային ատամներով, բ) ուղիղ ատամներով

Ակոսների առջևի մակերևույթի դիրքն ուղղահայաց է միջին հաշվարկային գլանով ֆրեզի զալարներին, այսինքն՝ հաշվարկային գլանի վրա ակոսի թեքման  $\beta$  անկյունը հավասար է զալարների վերելքի  $\tau$  անկյանը:

Հաշվարկային գլանի հետ ակոսի առջևի մակերևույթի հատման փովածքից (նկ. 7.15).

$$p_z = \pi d_{\text{միջ.հ}} \text{ctg } \beta, \quad (7.43)$$

որտեղ՝  $p_z$ -ն՝ պտուտակային ակոսի քայլն է,

$d_{\text{միջ.հ}}$  -ը միջին հաշվարկային տրամագիծն է:

$$\text{tg } \beta = \frac{\pi d_{\text{միջ.հ}}}{p_z}, \quad \sin \tau = \frac{p_q}{\pi d_{\text{միջ.հ}}}: \quad (7.44)$$

Բազմապատկելով կտտանանք՝

$$\sin \tau \operatorname{tg} \beta = \frac{p_q}{p_z} = \frac{p}{p_z} : \quad (4.45)$$

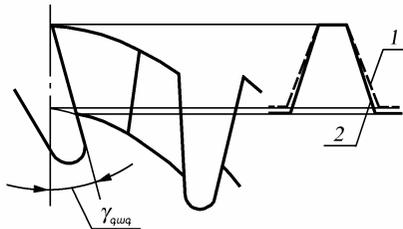
Նշված անկյունների ( $\beta, \tau$ ) փոքր արժեքների դեպքում (փոքր  $6^\circ$ -ից) կարելի է գրել.

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{\frac{p}{p_z}} : \quad (7.46)$$

Ֆրեզի ատամների սրունը հեշտացնելու նպատակով հաճախ ակոսնե-րը պատրաստվում են ուղիղ՝ նրա առանցքին զուգահեռ: Այս դեպքում կտրման գործընթացում ատամի կողային՝ աջ և ձախ մասերում առջևի անկյունը ստացվում է տարբեր. աջ մասում՝ բացասական, ձախ մասում՝ դրական (նկ. 7.18բ): Ձախ մասում  $\gamma_1 = +\tau$ , աջ մասում՝  $\gamma_2 = -\tau$ : Բացասական առջևի անկյուն ստացվում է ատամների այն կողմերում, որոնք հանում են փոքր տաշեղ: Սովորաբար ակոսները վերցվում են առանցքին զուգահեռ այն դեպքում, երբ պտուտակային գալարների բարձրացման անկյունը փոքր է ( $\tau = 3 \dots 5^\circ$ ):

**Կտրման անկյունները:** Ատամի գագաթի առջևի անկյունը սովորաբար վերցվում է հավասար՝  $\gamma = 0^\circ$ : Առջևի անկյան մեծացմամբ՝ կտրման պայմանները լավանում են, սակայն, մշակվող անվի պրոֆիլը աղավաղվում է (նկ. 7.19): Դրա համար դրական առջևի անկյուն ունեցող ֆրեզները օգտագործվում են միայն նախնական մշակման համար: Երբ  $\gamma > 0^\circ$ -ից կտրող եզրի որևէ կետում ( $C$ ) առջևի կողային անկյունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$\operatorname{tg} \gamma_q = \frac{r_a}{r_c} \operatorname{tg} \gamma_{a_q} \sin \alpha_q, \quad (7.47)$$

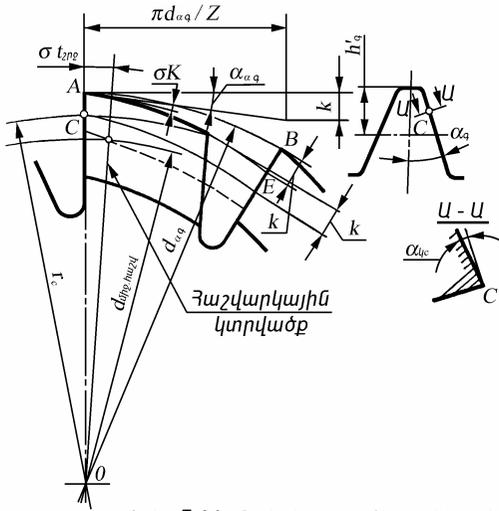


Նկ. 7.19. Ատամի պրոֆիլի աղավաղումը. 1-  $\gamma = 0^\circ$ , 2-  $\gamma > 0^\circ$

որտեղ՝  $r_{aq}$ -ը՝ ֆրեզի արտաքին շառավիղն է,  $r_c$ -ն՝  $C$  կետի հեռավորությունն է առանցքից:

Երբ առջևի անկյունը՝  $\gamma_{aq}=10^\circ$ , իսկ ատամնանվի պրոֆիլի անկյունը՝  $\alpha=20^\circ$ , առջևի կողային անկյունը կազմում է  $\gamma_y=3^\circ30'$ :

Հետին անկյունները ատամի կտրող եզրերի վրա ստացվում են արքիմեդյան գալարով ծոծրակմամբ (նկ. 7.20):



Նկ. 7.20. Ֆրեզի ատամի չափերը և երկրաչափությունը

Ատամի գագաթում հետին անկյունը՝  $\alpha_{aq}$  կախված է ծոծրակման  $k$  չափից և արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով.

$$k = \frac{\pi d_{aq}}{z_q} \operatorname{tg} \alpha_{aq} : \quad (7.48)$$

Նշված բանաձևը ճիշտ է միամուտք ֆրեզների համար, երբ ելման որդնակի գալարի վերելքի  $\tau$  անկյունը փոքր է: Բազմամուտք ֆրեզների համար, որոնց մոտ ելման որդնակի պարուրակի վերելքի  $\tau$  անկյունն ունի նշանակալի արժեքներ, ծոծրակման անկման չափը որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$k = \frac{\pi d_{aq}}{z_q} \operatorname{tg} \alpha_{aq} \cos \tau , \quad (7.49)$$

որտեղ  $\tau$ -ն ֆրեզի  $d_{aq}$  տրամագծով գլանի վրա գալարների վերելքի անկյունն է:

Հետին կողային անկյունը որոշվում է.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\eta} = \frac{r_{aq}}{r_c} \operatorname{tg} \alpha_{aq} \sin \alpha_a \quad (7.50)$$

որտեղ  $r_{aq}$ -ն ֆրեզի արտաքին շառավիղն է,

$r_c$ -ն C կետի հեռավորությունն է առանցքից:

Եթե գազաթի հետին անկյունը  $\alpha_{aq} = 10 \dots 12^\circ$  և  $\alpha = 20^\circ$ , ապա կողային հետին անկյունը ստացվում է  $\alpha_{\eta} = 2 \dots 3^\circ$ :

**Ատամների թիվը:** Ֆրեզի ատամների թվից կախված են նրա ատամների շրջանային քայլը, ատամի թիկունքի լայնությունը, տաշեղային ակոսի չափերը: Ատամների թիվն ազդում է մշակման մաքրության և արտադրողականության վրա, և ցանկալի է այն վերցնել շատ: Սակայն ատամների թիվը մեծացնելով ընկնում է նրա կոշտությունը և հնարավոր վերաարումների թիվը, հետևաբար նաև՝ ֆրեզի ընդհանուր աշխատունակությունը: Ատամների թիվը, ատամի և ակոսի տարրերը հաշվվում են ինչպես վերը նշված ծոծրակված ատամներով ֆրեզների մոտ: Կախված ֆրեզի տրամագծից և ատամի բարձրությունից՝ ատամների թիվը վերցվում է  $z = 8 \dots 16$  հատ:

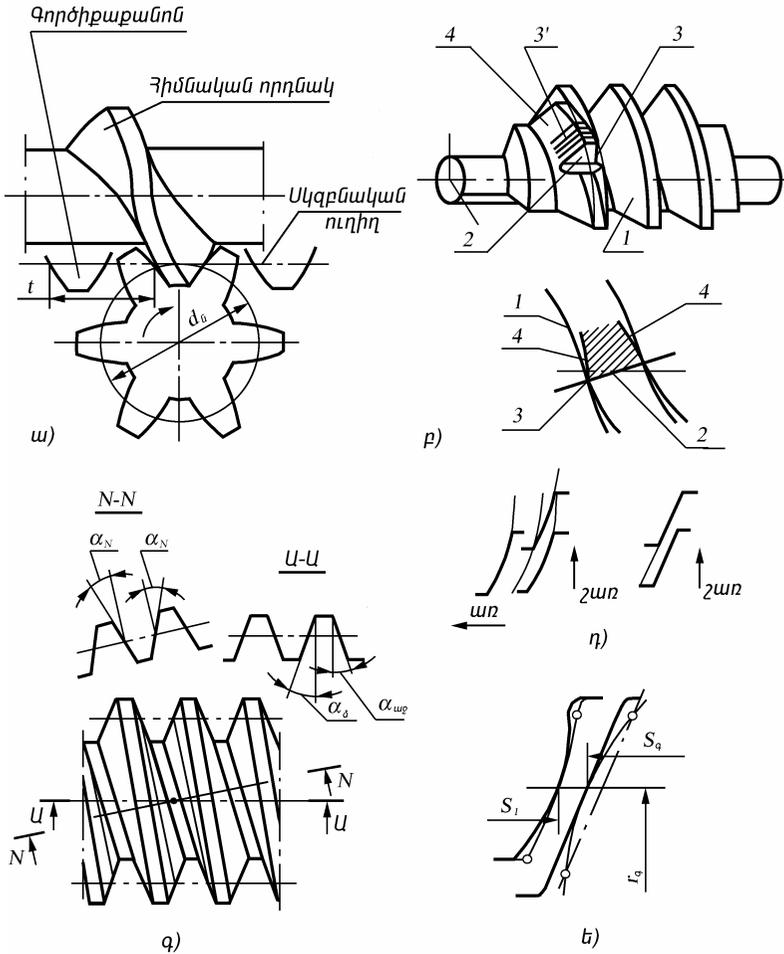
**Որդնակային ֆրեզի պրոֆիլավորումը:** Ատամի էվոլվենտային պրոֆիլով ատամնանիվները կարող են ճիշտ կառչման մեջ մտնել միայն էվոլվենտային որդնակի հետ, որի գալարներն էվոլվենտային պտուտակային մակերևույթներ են: Այլ տեսակի որդնակները տեսականորեն էվոլվենտային պրոֆիլի հետ ճիշտ չեն կարող կառչվել:

Ուստի որդնակային ֆրեզի կտրող եզրերը պետք է գտնվեն էվոլվենտային որդնակի մակերևույթի վրա, որի չափերը պետք է համապատասխանեն մշակվող անվի հիմնական չափերին: Որդնակը, որի հիման վրա նախագծվում է որդնակային ֆրեզը, կոչվում է հիմնական: Որդնակային ֆրեզի ատամների կտրող եզրերի և հետին մակերևույթների ձևը պետք է ապահովեն հետևյալ պահանջները (նկ. 7.21ա, բ):

1) Կտրող եզրերը պետք է գտնվեն 1 հիմնական որդնակի մակերևույթի վրա, որի դեպքում այն ճիշտ կառչման մեջ է մտնում ատամնանվի ատամների էվոլվենտային մակերևույթի հետ:

2) Կտրող 3 եզրի ձևը որոշվում է էվոլվենտային մակերևույթի և ֆրեզի տաշեղային ակոսի առջևի 2 նիստի հատումով:

3) Անհրաժեշտ է ընտրել ֆրեզի ատամների այնպիսի հետին ծոծրակված 4 մակերևույթներ, որ ատամների վերաստամներից հետո կտրող եզրերը մնան հիմնական որդնակի նույն մակերևույթի վրա:



Նկ. 7.21. Որդնակային ֆրեզի ատամների պրոֆիլի որոշումը

Այս բոլորից հետևում է, որ էվոլվենտային պրոֆիլով ատամնանիվներ ստանալու համար անհրաժեշտ է, որպեսզի մշակող ֆրեզի պրոֆիլի կառուցման հիմքում ընկած լինի էվոլվենտային հիմնական որդնակը: Սակայն գործնականում դրա իրագործումը կախված է մեծ բարդությունների հետ:

Էվոլվենտային հիմքով նախագծված որդնակի ատամի պրոֆիլն առանցքային հատույթում ունի կորագծի տեսք: Որդնակային ֆրեզների պատրաստման ժամանակ շառավղային ուղղությամբ ծոծրակված ատամը առջևի նիստով վերասրման դեպքում չի ապահովում պրոֆիլի հաստատունություն: 1-ին կետի պայմանի ապահովման համար անհրաժեշտ է, որ ծոծրակման շարժումն ուղղված լինի ֆրեզի առանցքային ուղղությամբ, այսինքն՝ կատարվի առանցքային ծոծրակում (նկ. 7.21դ): Մակայն առանցքային ծոծրակումը չի ապահովում ատամի չափերի հաստատունություն: Բացի այդ, այն կիրառելի է միայն ատամի կողային մասերի ծոծրակման դեպքում, իսկ գագաթի ծոծրակման համար այն կիրառելի չէ: Շառավղային ծոծրակումն ապահովում է ատամների հետին պտուտակային մակերևույթների ճիշտ ձևավորումը միայն այն դեպքում, երբ կտրող եզրի ձևը ուղղագծային է: Ուստի գլանական ատամնանիվների մշակման համար նախատեսվող որդնակային ֆրեզների նախագծման ժամանակ կիրառվում են պրոֆիլավորման մի քանի մոտավոր եղանակներ: Պրոֆիլավորման մի եղանակի դեպքում էվոլվենտային հիմնական որդնակի առանցքային հատույթի կորագծային պրոֆիլը փոխարինվում է ուղղագծային պրոֆիլով, այսինքն՝ էվոլվենտային որդնակը փոխարինվում է արքիմեդյան որդնակով, որը առանցքային հատույթում ունի ուղղագծային պրոֆիլ (նկ. 7.21գ, *U-U* հատույթ):

Այս դեպքում բոլոր վերասրմանների ընթացքում պահպանվում է ատամի կտրող եզրի պրոֆիլի ուղղագծային ձևը:

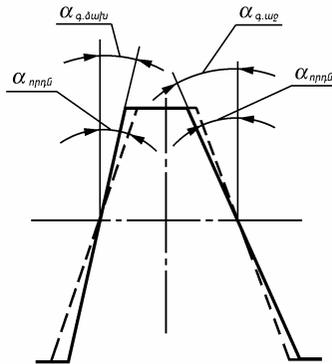
Պահպանելով ֆրեզի միջին տրամագծով ատամի պահանջվող հաստությունը՝ արքիմեդյան հիմնական որդնակի պրոֆիլային անկյունը, բավականին ճշտությամբ, կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով:

$$\operatorname{ctg}\alpha_{\text{որդն}} = \operatorname{ctg}\alpha \cos\tau: \quad (7.51)$$

Նշված բանաձևով որոշված պրոֆիլային անկյուն ունեցող որդնակային ֆրեզներով ատամնանիվների մշակման ժամանակ տեղի ունի ենթակտրում՝ ատամների գլխիկների և ոտիկների մասերում (նկ. 7.21ե): Կտրված ատամներով ատամնանիվներն աշխատում են սահուն և անաղմուկ:

Ֆրեզի ատամների հետին մակերևույթների շեղումը հիմնական որդնակի պտուտակային մակերևույթից կախված է հետին անկյունից, որը որոշվում է ծոծրակման  $k$  չափով, ֆրեզի ատամների (ակոսներ) թվով ( $z_q$ ) և պտուտակային ակոսների քայլով ( $p_z$ ): Ֆրեզի ատամների աջ և ձախ կողա-

յին եզրերի պրոֆիլային անկյունները (նկ. 7.22), առանցքային հատվածում, որոշվում են հետևյալ բանաձևերով:



Նկ. 7.22. Ֆրեզի ատամի պրոֆիլը առանցքային հատվածում

Պրոֆիլի աջ կողմի համար՝

$$\operatorname{ctg} \alpha_{q, w} = \operatorname{ctg} \alpha_{npq} \mp k z_q / p_z: \quad (7.52)$$

Պրոֆիլի ձախ կողմի համար՝

$$\operatorname{ctg} \alpha_{q, \delta w} = \operatorname{ctg} \alpha_{npq} \pm k z_q / p_z: \quad (7.53)$$

Բերված բանաձևերի երկրորդ անդամների վերին նշանները կիրառվում են աջ մուտքանի, իսկ ներքին նշանները՝ ձախ մուտքանի ֆրեզների համար:

Պրոֆիլավորման մյուս եղանակի դեպքում հիմնական որդնակի էվոլվենտային պրոֆիլը փոխարինվում է կոնվոյուտայինով (ուղղագծային՝ նորմալ  $N-N$  հատությամբ) (նկ. 7.21գ): Ընդ որում՝ այս եղանակն ունի երկու տարբերակ՝ նորմալ հատությամբ ֆրեզի ատամի պրոֆիլի անկյունը վերցվում է մշակվող անվի ելման ուրվագծի պրոֆիլի անկյանը հավասար և նորմալ հատությամբ ֆրեզի ատամի պրոֆիլի անկյունը վերցվում է ելման ուրվագծի անկյունից տարբեր, այսինքն՝ ճշտված:

Երբ պտուտակի վերելքի անկյունը՝  $\tau$ -ն, փոքր է  $3^\circ$ -ից, կտրող եզրի պրոֆիլի շեղումը էվոլվենտային որդնակի մակերևույթից ստացվում է փոքր, որի պատճառով էլ  $\tau < 3^\circ$  ֆրեզների համար ֆրեզի ատամի պրոֆիլի անկյունը վերցվում է էվոլվենտային ուրվագծի պրոֆիլի անկյանը հավասար՝  $\alpha_q = \alpha$ :  $\tau$  անկյան մեծ արժեքների դեպքում ֆրեզի կտրող եզրի շեղումները հիմնական էվոլվենտային որդնակի մակերևույթից մեծանում են:

---

Տեսական պրոֆիլից ֆրեզի ատամի կտրող եզրի պրոֆիլի շեղումը փոքրացնելու նպատակով նախագծվում են ճշտված պրոֆիլային անկյունով ֆրեզներ: Փոքր շեղումներով ատամների ստացման նպատակով կատարվում է  $\alpha_q$  անկյան ճշտում՝  $\alpha_q = \alpha \pm \Delta\alpha$ : Ելման ուրվագծի նկատմամբ ֆրեզի պրոֆիլի անկյան մեծացման դեպքում ( $\alpha_q = \alpha + \Delta\alpha$ ) կտրող եզրերը շեղվում են էվոլվենտային որդնակի պրոֆիլից ատամի ոտիկի և գլխիկի մասերում: Այդպիսի ֆրեզներով մշակված անվի ատամի գլխիկի և ոտիկի մասերում տեղի է ունենում ենթակտրում, ընդ որում՝ գլխիկի մասում այն ավելին է, քան ոտիկի մասում:

Երբ ելման ուրվագծի նկատմամբ ֆրեզի պրոֆիլի  $\alpha_q$  անկյունը վերցվում է փոքր ( $\alpha_q = \alpha - \Delta\alpha$ ), մշակվող անվի ատամի գլխիկի մասում տեղի է ունենում հաստացում, իսկ ոտիկի մասում՝ մեծ ենթակտրում: Այս դեպքը կիրառման առումով հիմնավորված չէ:

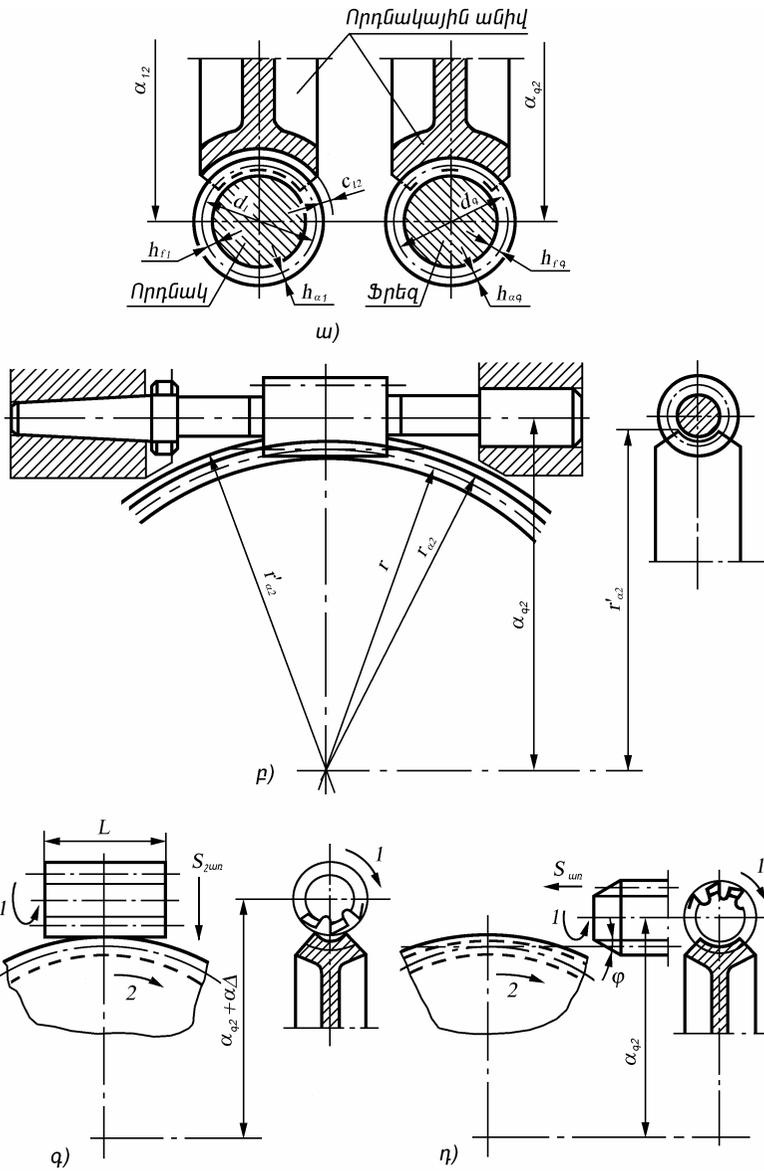
Շեղման միջին արժեքները ստացվում են, երբ ֆրեզը պատրաստվում է  $\alpha_q$  պրոֆիլի անկյամբ, որը հավասար է ելման ուրվագծի պրոֆիլի անկյանը  $\alpha_q = \alpha$ :  $\tau > 3^\circ$  դեպքում ֆրեզը կարելի է պրոֆիլավորել  $\alpha_q = \alpha + \Delta\alpha$  պրոֆիլային անկյունով: Շճգրտման  $\Delta\alpha$  անկյունը կախված է  $\tau$  անկյան արժեքից և ֆրեզի ատամի պրոֆիլի բարձրությունից՝  $\tau = 2...7^\circ$  դեպքում  $\Delta\alpha = 0...6'$ :

Պրոֆիլավորման առաջին եղանակն ապահովում է ավելի մեծ ճշտություն, քան երկրորդը, շնորհիվ այն բանի, որ ֆրեզի ատամի պրոֆիլը առանցքային ( $U-U$ ) հատույթում ուղղագծային է:

## **Որդնակային անիվների մշակման որդնակային ֆրեզներ**

Որդնակային անիվների ատամների մշակումը նման է գլանակալ անիվների ատամների մշակմանը (նկ. 7.23):

2 նախապատրաստվածքը և 1 որդնակային ֆրեզի կտրող եզրերը կատարում են անընդհատ շրջագլորման շարժում: Որդնակային ֆրեզի աշխատանքային պայմանների և կառուցվածքի առանձնահատկությունները որոշվում են՝ ըստ անվի առանցքային հատույթի ձևի: Ֆրեզի առանցքով անցնող որդնակային անվի առանցքային հատույթում անվի ատամներն ունեն գոգավոր գլոբոիդալ (գնդարդային) ձև (նկ. 7.23ա): Որդնակային անվի մշակման ընթացքում ֆրեզի առանցքը գտնվում է անվի առանցքին տարած ուղղահայաց հարթության մեջ: Այսինքն՝ այն գրավում է նույն դիրքը, ինչ որ որդնակի առանցքը՝ մշակվող անվի հետ կառչման ժամանակ:



Նկ. 7.23. Որդնակային անվի մշակման որդնակային ֆրեզ

Ֆրեզը անվի առանցքային ուղղությամբ տեղաշարժ չի ստանում, նրա տրամագիծային չափերը պետք է համապատասխանեն որդնակի չափերին: Քանի որ նախագծվող որդնակներն ունենում են փոքր տրամագծեր, ուստի, ելնելով դրանից, ֆրեզները նույնպես պատրաստվում են փոքր տրամագծով՝ ոչ թե նստեցվող, այլ պոչավոր (նկ. 7.23բ): Ֆրեզի մուտքերի թիվը պետք է հավասար լինի որդնակի մուտքերի թվին ( $z$ ): Ֆրեզի գալարների վերելքի  $\tau$  անկյունը որոշվում է.

$$\operatorname{tg} \tau = z_1 p_w / \pi d_q \quad (7.54)$$

Ֆրեզների կտրող մասի կառուցվածքը նման է ատամնանիվների մշակման համար նախատեսվող ֆրեզների կառուցվածքին: Անվի ատամների վերջնամշակումը կատարվում է՝ ապահովելով միջառանցքային  $a_{q2}$  հեռավորությունը, որը հավասար է որդնակային կառչման միջառանցքային  $a_{12}$  հեռավորությանը:

Շառավղային մատուցմամբ աշխատելիս ֆրեզը տեղադրվում է միջառանցքային հեռավորությունից ավելի մեծ հեռավորության վրա՝  $a_{q2} + \Delta a$ , որի դեպքում ֆրեզը շոշափում է մշակվող անվին: Այնուհետև այն ստանում է մատուցման շարժում այն չափով, որ ապահովվի պահանջվող հեռավորությունը՝  $a_{q2} = a_{12}$  (նկ. 7.23գ): Առանցքային մատուցման դեպքում ֆրեզի առանցքը տեղակայվում է մշակվող անվի առանցքից պահանջվող միջառանցքային հեռավորության վրա, և նրան հաղորդվում է մատուցում՝ առանցքային ուղղությամբ, ընդ որում՝ մշակման ընթացքում ֆրեզը և նախապատրաստվածքը կատարում են պտտական շարժում (նկ. 7.23դ): Արդյունքում՝ ֆրեզի ատամները ձևավորում են որդնակային անվի ատամներին: Նախապատրաստվածքի հետ հայման մեջ մտնող ֆրեզի առջևի ատամների վրա ծանրաբեռնվածության նվազեցման նպատակով, ֆրեզի առջևի մասի արտաքին մակերևույթը պատրաստվում է  $\varphi = 11 \dots 13^\circ$  կոնականությամբ՝ 2,5...3 քայլ երկարության վրա:

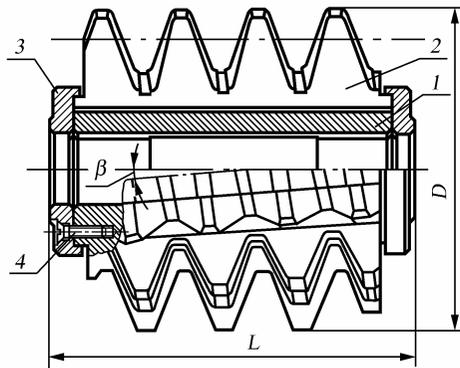
## Հավաքովի որդնակային ֆրեզներ

Թանկարժեք գործիքանյութի խնայողության նպատակով ատամնանիվների մշակման համար օգտագործվում են տարբեր կառուցվածքով հավաքովի որդնակային ֆրեզներ:

Հավաքովի կառուցվածքով որդնակային ֆրեզների կտրող մասերը պատրաստվում են արագահատ պողպատից, կարծր համաձուլվածքից և

կոմպոզիտային նյութերից: Կտրող մասերը, որոնք կարող են լինել ատամնաձող կամ առանձին ատամներ, ամրացվում են ֆրեզի իրանին մեխանիկական եղանակով:

Նկ. 7.24-ում բերված է մեծ մոդուլի հավաքովի սանրերով որդնակային ֆրեզների կառուցվածքը: Կառուցվածքային պողպատից պատրաստված 1 իրանի մեջ բացված են 1:10 թեքությամբ սեպաձև ակոսներ, որոնց մեջ մամլված են արագահատ պողպատից պատրաստված 2 սանրերը: Սանրերը մամլվում են ակոսների մեջ, որից հետո կատարվում է ֆրեզի երկու ճակատային շուրթերի հղկում, այնուհետև դրանց վրա տաք վիճակում հագցվում են 3 օղակները: Հովանալով՝ օղակները սանրերին էլ ավելի են սեղմում ակոսների մեջ: Օղակների հուսալի ամրացումը իրանին ապահովվում է 4 լրացուցիչ պտուտակների օգնությամբ: Ֆրեզը հավաքելուց հետո կատարվում է պրոֆիլի հղկումը:



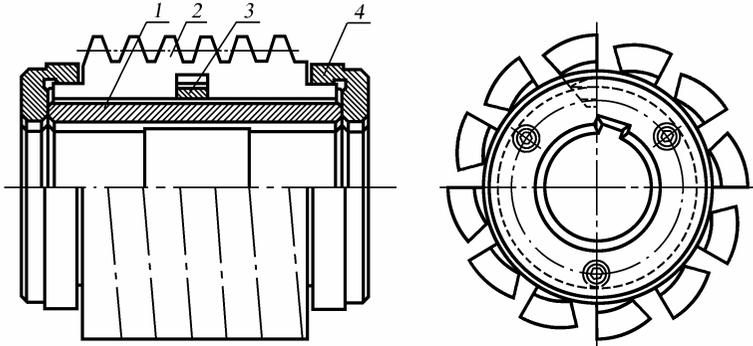
Նկ. 7.24. Հավաքովի որդնակային ֆրեզների կառուցվածքը

Ամրությամբ և ճշտությամբ այս ֆրեզները ոչնչով չեն տարբերվում ամբողջական ֆրեզներից: Նման կառուցվածքի թերությունն այն է, որ սանրերի փոխարինումը հարմար չէ, ատամների պրոֆիլների հղկումը՝ աշխատատար:

Ատամի պրոֆիլի հղկման աշխատանքի նվազեցման նպատակով կիրառվում են այնպիսի ֆրեզներ, որոնց ատամների հետին մակերևույթները ծոծրակված են շրջանագծով (նկ. 7.25):

Ֆրեզը բաղկացած է 1 իրանից, ատամնասանրերի 2 հավաքածուից, գույգ կենտրոնավորող 3 կիսաօղակավոր երիթներից և ամրացնող 4 օղակ-

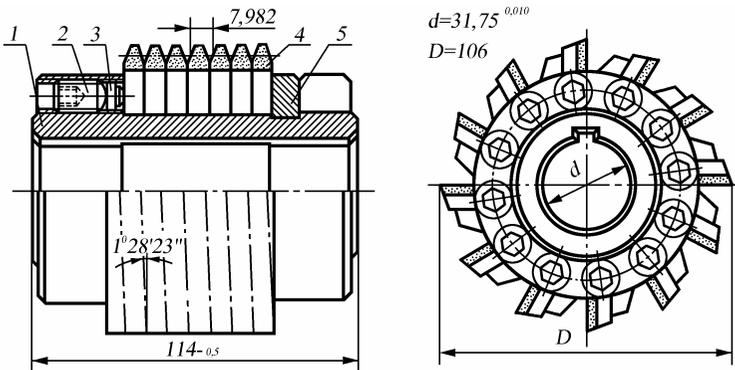
ներից: Սանրերն ունեն անկյունային ձև, իսկ ճակատային մասերում՝ ելուստներ, որոնց վրա հագցվում են ամրացնող օղակները:



Նկ. 7.25. Շրջանաձև ծոծրակված հավաքովի ատամներով որդնակային ֆրեզ

Իրանի մեջ ակոսները արված են այնպես, որ եթե ատամնաձողները տեղակայվեն նույն ակոսների մեջ իրենց աշխատանքային դիրքի նկատմամբ  $180^\circ$ -ով պտտված, այն կարող է հանդիսանալ տեխնոլոգիական հարմարանք՝ սանրերի պրոֆիլի վերջնահղկման համար: Սա էապես պարզեցնում է հղկման գործընթացը: Նման կառուցվածքի ֆրեզի մոտ, ստանդարտ ֆրեզների համեմատ, կրկնակի անգամ ավելանում է վերաարումների թիվը, ապահովվում ատամի գագաթի հետին անկյուն՝ մինչև  $18^\circ$ :

Նկ. 7.26-ում բերված է կարծր համաձուլվածքի թիթեղիկներից պատրաստված հավաքովի ատամներով որդնակային ֆրեզի կառուցվածքը:

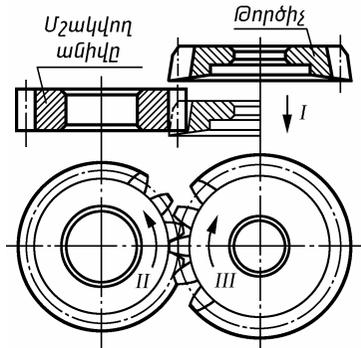


Նկ. 7.26. Կարծր համաձուլվածքից պատրաստված ատամներով որդնակային ֆրեզներ

Ֆրեզի 1 իրանի մեջ տեղադրված են կարծր համաձուլվածքից պատրաստված առանձին 4 ատամները, որոնք մի կողմով հենվում են 5 տեղակայիչ օղակի ճակատային ելուստներին: Տեղակայիչ օղակն ապահովում է ատամների կտրող եզրերի տեղաբաշխումը ելման որդնակի պտուտակային մակերևույթով: Ատամների ամրացումը կատարվում է 2 պտուտակի օգնությամբ՝ ֆրեզի մյուս ճակատային մասից, օգտագործելով 3 տակդիրը: Այս ֆրեզների ատամները սրվում են հատուկ հարմարանքների մեջ: Սրման ժամանակ ատամի կողային մասերում ապահովվում է հետին անկյուն՝  $10...15^\circ$  սահմանում, որը նպաստում է ֆրեզի կայունության բարձրացմանը:

### 7.8 Ատամնամշակման թործիչները

Ատամնամշակման թործիչները նախատեսված են շրջագլորման եղանակով գլանակալ ատամնանիվների մշակման համար: Կտրման ընթացքում (նկ. 7.27) թործիչը կատարում է ուղղագիծ կամ պտուտակային հետընթաց-առաջընթաց (ներքև և վերև) կտրման շարժում ( $I$ ):

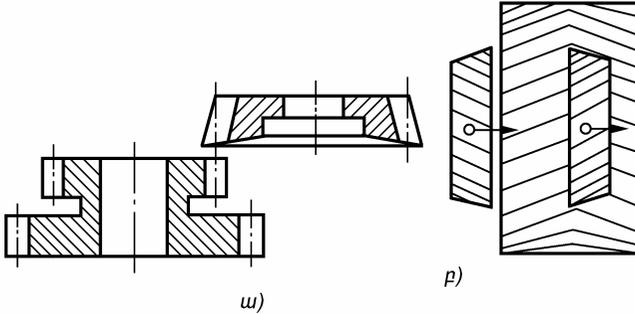


Նկ. 7.27. Թործիչի աշխատանքի սխեման

Շրջանային մատուցման շարժումը ստացվում է իրենց առանցքի շուրջը թործիչի և նախապատրաստվածքի հարաբերական պտույտի արդյունքում (շրջագլորման շարժում՝  $II$  և  $III$ ): Բացի նշված հիմնական շարժումներից (կտրման շարժում և շրջանային մատուցում), թործիչը, նախապատրաստվածքի մեջ ներխրվելիս, ստանում է շառավղային մատուցում, իսկ յուրաքանչյուր հակառակ (պարասպ) ընթացքի ժամանակ՝ հեռանում

նախապատրաստվածքից, որպեսզի գործիքի հետին մակերևույթը չշփվի մշակված մակերևույթի հետ:

Մշակման գործընթացում գործիքի և նախապատրաստվածքի առանցքները մոտենում են իրար, թործիչի ատամների ներխուրդը նախապատրաստվածքի մեջ շարունակվում է այնքան ժամանակ, մինչև որ ստացվում են մշակվող ատամների պահանջվող չափերը:



Նկ. 7.28. Երկու զույգ ատամանիվների (ատամնաբլոկ) և շերտնային ատամներով ատամնանվի մշակման սխեման

Ատամնամշակման թործիչները նախատեսված են ուղիղ և շեղատամ արտաքին և ներքին կառչման ատամնանիվների, կառչման երկու զույգ անիվների (նկ. 7.28ա), ինչպես նաև շերտնային ատամներով արտաքին կառչման ատամնանիվների (նկ. 7.28բ) մշակման համար: Առանց ակոսի շերտնային ատամնագույգի մշակումը կատարվում է զույգ թործիչներով. մի թործիչի աշխատանքային ընթացքին համապատասխանում է մյուս թործիչի պարապ ընթացքը: Թործիչների արտադրողականությունը ավելի ցածր է, քան որդնակային ֆրեզներինը, որի պատճառով նպատակահարմար է դրանք կիրառել ատամնամշակման այնպիսի մասնավոր դեպքերում, երբ այլ եղանակով անիվը մշակել հնարավոր կամ ձեռնառու չէ:

Նկ. 7.29-ում բերված են մեքենաշինության մեջ օգտագործվող տարբեր կառուցվածքի թործիչներ.

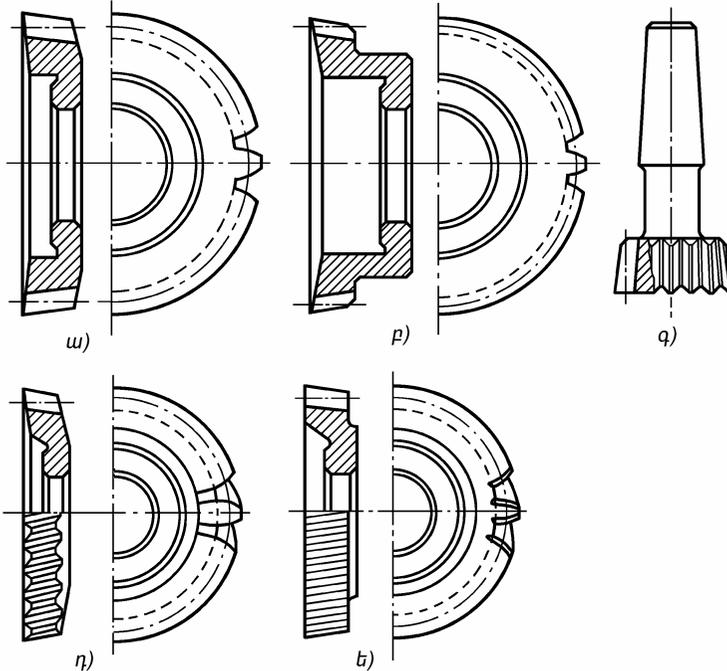
ա) **սկավառակային**, որոնք նախատեսված են ուղղատամ ատամնանիվների մշակման համար (նկ. 7.29ա),

բ) **բաժակային**, որոնք նախատեսված են մինչև հենակ ուղղատամ ատամնանիվների մշակման համար (նկ. 7.29բ),

գ) **պոչային**, որոնք նախատեսված են ներքին կառչման և փոքր մոդուլի ատամնանիվների մշակման համար (նկ. 7.29գ),

դ) **շեղատամ**, որոնք նախատեսված են շեղատամ ատամնանցիկների մշակման համար (նկ. 7.29դ),

ե) **շեղատամ** (գույգ), շերտնային ատամնանցիկների մշակման համար (նկ. 7.29ե):

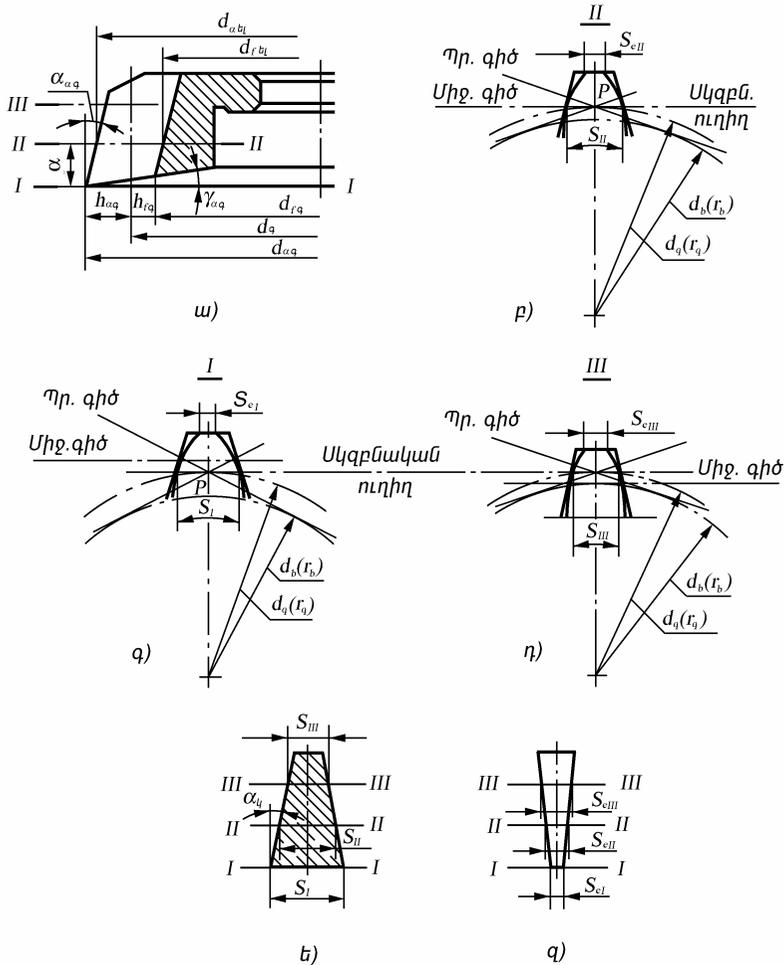


Նկ. 7.29. Ատամնամշակման թործիչների տեսակները

Թործիչի ատամների չափերը կախված են գործիքային ձողի ելման ուրվագծից, որը թործիչի ատամի երկարությամբ գրավում է փոփոխական դիրք և թործիչի առանցքին ուղղահայաց հարթությունների մեջ ունի տարբեր շեղումներ:

Նկ. 7.30-ում բերված են թործիչի ատամի երեք հատույթները՝ *I-I*, *II-II*, *III-III* և դրանց դիրքին համապատասխանող ելման ուրվագիծը: *I-I* հատույթը գտնվում է գործիքի առջև ճակատային մասում, իսկ *III-III* հատույթը՝ հետին ճակատային մասին մոտ: Մովորաբար *II-II* հատույթը գտնվում է *I-I* և *III-III* հատույթների միջև: *II-II* հատույթը, որտեղ ելման ուրվագծի

տեղափոխման գործակիցը հավասար է 0-ի ( $x=0$ ), կոչվում է ելման կամ հաշվարկային հատույթ (նկ. 7.30ա):



Նկ. 7.30. Թործիչի ատամների տրամագծային չափերը (ա) և ատամի չափերը տարբեր հատվածքներում (բ-զ)

Բոլոր հատույթներում ձողի սկզբնական ուղիղը գործում է թործիչի բաժանարար շրջանագծով: Կառչման  $P$  բևեռը գտնվում է բաժանարար շրջանագծի վրա: Ելման հատույթում ( $II-II$ ) գործիքաձողի միջին գիծն

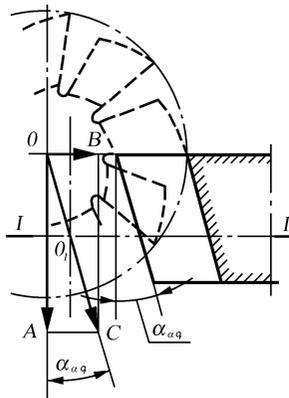
անցնում է կառչման բևեռով, համընկնում է սկզբնական ուղղի հետ (նկ. 7.30բ) և թործիչի ատամների առաջացման գործընթացում զլորվում է առանց սահքի նրա բաժանարար շրջանագծի վրայով:

*I-I* և *III-III* հատույթներում միջին գիծը տեղափոխվում է բաժանարար շրջանագծից և չի համընկնում սկզբնական ուղղի հետ (նկ. 7.30գ, դ):

Առաջին դեպքում միջին գիծը հեռանում է թործիչի կենտրոնից, երկրորդ դեպքում՝ մոտենում թործիչի կենտրոնին: Պրոֆիլավորման գիծն ուղղահայաց է ձողի ատամների պրոֆիլին և անցնում է կառչման *P* բևեռով, և նրա դիրքը բոլոր հատույթներում համընկնում է: Ելման գործիքաձողի ուրվագծի հետ պրոֆիլավորման գծի հատման կետերը (ձողի կողեզրերի պրոֆիլների հետ) որոշում են գործիքի ատամների վերջնական ձևավորման պահին ձողի պրոֆիլի հետ թործիչի ատամների կտրող եզրերի պրոֆիլների հպման կետերը:

Ելման ուրվագծի տեղափոխման գործակիցը *I-I* հատույթում դրական է՝  $x > 0$ , իսկ *III-III* հատույթում բացասական՝  $x < 0$ : Այսինքն, ձողի ելման ուրվագծի շեղման փոփոխությունը *I-I* հատույթից դեպի *III-III* հատույթ նվազում է, որի հետևանքով ատամի գագաթի և կողային մասերում առաջանում են հետին անկյուններ:

Բաժանարար շրջանագծի վրա թործիչի ատամի  $S_I$  հաստությունը *I-I* հատույթում ավելի մեծ է, քան ելման հատույթի մեջ ատամի  $S_{II}$  հաստությունը, իսկ *III-III* հատույթում՝  $S_{III}$  ավելի փոքր է  $S_{II}$ -ից (նկ. 7.30ե): Ատամի հաստությունը ատամի գագաթի շրջանագծային մասով փոփոխվում է



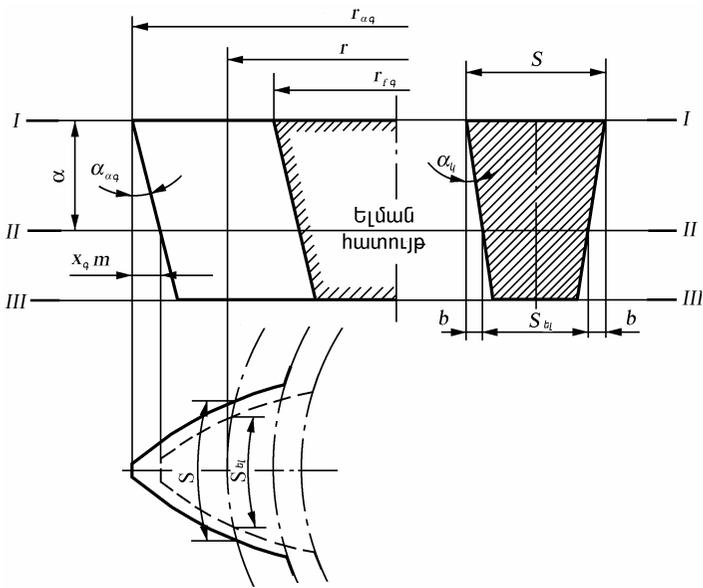
Նկ. 7.31. Ձողի ելման ուրվագծի շեղումը

հակառակ օրինաչափությամբ՝  $I-I$  հատությամբ  $S_{aqI}$ -ը փոքր է  $S_{aqII}$ -ից, իսկ  $III-III$  հատությամբ  $S_{aqIII}$ -ը մեծ է  $S_{aqII}$ -ից (նկ. 7.30գ):

Թործիչի վրա ձողի ելման ուրվագծի փոփոխական տեղափոխման ստացումը կարելի է պատկերացնել՝ դիտարկելով որդնակային ֆրեզով թործիչի ատամների մշակման գործընթացը (նկ. 7.31):

Որդնակային ֆրեզը,  $OA$  ուղղահայաց մատուցման հետ մեկտեղ, (թործիչի առանցքին զուգահեռ) ստանում է նաև հորիզոնական  $OB$  մատուցում՝ առանցքին ուղղահայաց ուղղությամբ: Նշված երկու մատուցումների մեծությունները հաշվարկված են այնպես, որ գումարային մատուցման  $OC$  ուղղությունը թործիչի առանցքի հետ կազմի  $\alpha_{\alpha q}$  անկյուն, որը հավասար է թործիչի ատամի գագաթի հետին անկյանը: Հեշտ է նկատել, որ թործիչի առանցքին ուղղահայաց ցանկացած հատությամբ ( $I-I$ ) որդնակային ֆրեզը թործիչի առանցքից կգտնվի որոշակի հեռավորության վրա, որը հատուկ է միայն տվյալ հատությին: Փաստորեն, այդ հատությը ձողի (ֆրեզի) ելման ուրվագիծն է, որը տարբեր հատությներում գրավում է թործիչի առանցքի նկատմամբ որոշակի դիրք:

Նկ. 7.32-ում պատկերված են թործիչի ատամը և նրա առանցքին տարված  $I-I$ ,  $II-II$ ,  $III-III$  ուղղահայաց հարթությունները:  $II-II$  հարթությունը,



Նկ. 7.32. Թործիչի ելման ուրվագիծը

որտեղ  $\delta$  ձողի ելման ուրվագծի տեղափոխությունը ընդունվում է հավասար գրոյի ( $x_q m = 0$ ) կոչվում է ելման, իսկ թործիչի առջևի ճակատից նրա հեռավորությունը՝  $\alpha$ -ն ելման հեռավորություն:

Այդ հատույթում ( $II-II$ ) թործիչի ատամի չափերը՝ բաժանարար շրջանագծի աղեղի վրա ատամի հաստությունը և գլխիկի ու ոտիկի բարձրությունները, պետք է հավասար լինեն թործիչի ձողի ելման ուրվագծի համապատասխան չափերին: Իմանալով ելման հատույթում ատամի չափերը՝ կարելի է որոշել մյուս հատույթներում ատամի չափերը՝ որպես ուղղված անվի չափեր՝ ձողի ելման ուրվագծի դրական  $+x_q m$  կամ բացասական  $-x_q m$  տեղափոխություններով: Ելման ուրվագծի տեղափոխման և ելման հեռավորության միջև կապը հետևյալն է.  $\alpha = x_q m / \text{tg} \alpha_{\alpha q}$  կամ  $x_q m = \alpha \text{tg} \alpha_{\alpha q}$ , որտեղ  $\alpha_{\alpha q}$  -ն թործիչի ատամի գագաթի մասում հետին անկյունն է:

Էվոլվենտային կառչման տեսությունից հայտնի է, որ ուղղված անվի ատամի հաստությունը բաժանարար շրջանագծի աղեղով որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$S = S_{\text{ել}} + 2x_m \text{tg} \alpha = \pi m / 2 \pm \Delta S + 2x_m \text{tg} \alpha : \quad (7.57)$$

Տեղադրելով  $x_q m$  արժեքը (4.57) բանաձևի մեջ և ընդունելով, որ  $\alpha$ -ն փոփոխական է, որոշվում է ցանկացած հատույթում թործիչի ատամի հաստությունը բաժանարար շրջանագծի աղեղի վրա.

$$S_q = \pi m / 2 \pm \Delta S \pm 2\alpha \text{tg} \alpha_{\alpha q} \text{tg} \alpha : \quad (7.58)$$

Այս դեպքում թործիչը դիտարկվում է որպես ուղղված անիվ:

Երբ թործիչի ատամների թիվը ձգտում է անվերջության, այն վերածվում է ատամնամշակման ձողի և, եթե թործիչը չունի առջևի անկյուն, նրա առանցքին ուղղահայաց հատույթում ( $N-N$ ) ատամի պրոֆիլային ակյունը կհամապատասխանի մշակվող անվի ատամի պրոֆիլային անկյանը ( $\alpha_q = \alpha$ ): Երբ թործիչն ունի առջևի անկյուն, պատկերը փոխվում է (նկ. 4.33)՝ նրա առանցքին ուղղահայաց ( $N-N$ ) հատույթում ատամի պրոֆիլը չի համընկնում մշակվող ատամնանվի ճակատային հարթության վրա թործիչի ատամի առջևի մակերևույթի պրոֆիլի պրոյեկցիայի հետ, այսինքն  $\alpha_q \neq \alpha$ :

Ուստի անհրաժեշտություն է առաջանում որոշել թործիչի ատամի պրոֆիլի այն անկյունը, որի դեպքում, երբ գործիքը սրվում է առջևի  $\gamma_{\alpha q}$  անկյան տակ, թործիչի առանցքին ուղղահայաց հարթության մեջ ատամի առջևի նիստի պրոյեկցիայի պրոֆիլային անկյունը համընկնի մշակվող անվի ատամի պրոֆիլային անկյան հետ:



կտրող եզրի էվոլվենտային պրոֆիլի հիմնական շրջանագծի տրամագիծը՝ պրոյեկտված թործիչի առանցքին ուղղահայաց հարթության վրա, հաշվվում է հետևյալ կերպ՝

$$d_b = d \cos \alpha_q = m z_q \cos \alpha_q, \quad (7.60)$$

որտեղ  $d$ -ն՝ թործիչի բաժանարար շրջանագծի տրամագիծն է:

Թործիչն իր առանցքին ուղղահայաց յուրաքանչյուր հատույթում ունենում է միևնույն բաժանարար շրջանագիծը՝

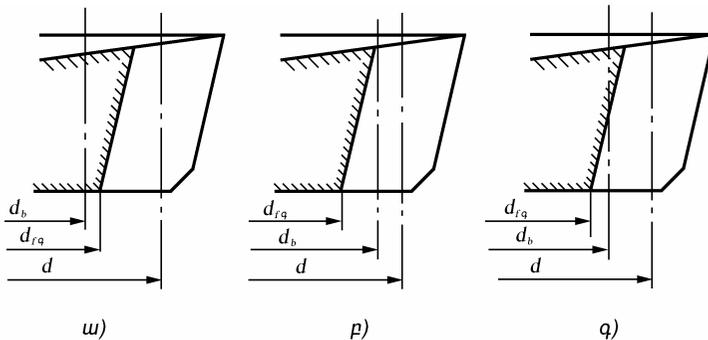
$$d = m z_q, \quad (7.61)$$

և, համապատասխանաբար, նաև նույն սկզբնական շրջանագիծը: Սակայն ելուստների և գոգերի շրջանագծերի տրամագծերը նվազում են՝ առջևի նիստից դեպի հետին ճակատը շարժվելիս: Էվոլվենտայի ձևը որոշվում է հիմնական շրջանագծի շառավղով, այդ պատճառով թործիչի առանցքին ուղղահայաց հատույթներում նրա ատամների պրոֆիլը կազմված է նույն էվոլվենտի տարբեր տեղամասերից:

Թործիչի նախագծման ժամանակ նրա ատամների նկատմամբ հիմնական շրջանագիծը կարող է գրավել տարբեր դիրքեր:

1) Նկ. 7.34ա-ում բերված է այն դեպքը, երբ հիմնական շրջանագիծը գտնվում է թործիչի մարմնի մեջ, այսինքն՝  $d_b < d_f$ : Առանցքին ուղղահայաց ցանկացած հատույթում ատամի պրոֆիլն ամբողջությամբ էվոլվենտ է, որը բնորոշ է մեծաքանակ ատամներով թործիչներին:

2) Նկ. 7.34բ-ում բերված է այն դեպքը, երբ հիմնական շրջանագիծը գտնվում է թործիչի մարմնից դուրս և անցնում է ատամի միջով, այսինքն՝  $d_b < d_f$ : Այս դեպքում թործիչի առջևի նիստից դեպի հետին ճակատը շարժ-



Նկ. 7.34. Թործիչի ատամի նկատմամբ հիմնական շրջանագծերի դիրքերը

վելիս հիմնական շրջանագծի և գոգի շրջանագծի միջև ոչ էվոլվենտային հատվածն աճում է, որը բնորոշ է փոքրաքանակ ատամներով թործիչներին: Եթե թործիչի ատամի վրա ոչ էվոլվենտային տեղամասը զգալի է, ապա մշակման ժամանակ կարող է տեղի ունենալ ատամնանվի ատամի գագաթի ենթակտրում:

3) Նկ. 7.34գ-ում բերված է այն միջանկյալ դեպքը, երբ վերին հատույթներում սկզբնական շրջանագիծն անցնում է թործիչի մարմնի, իսկ ներքին կտրվածքներում՝ ատամների միջով, որը բնորոշ է ատամների միջին թվիվ թործիչներին:

Քանի որ թործիչը տարբեր կտրվածքներում (առանցքին ուղղահայաց) ունի նույն էվոլվենտը, ուստի նրա սրումներից հետո մշակված անվի ատամները ևս կունենան նույն էվոլվենտային պրոֆիլը: Սրանից հետևում է, որ թործիչի սրումների հետևանքով մշակված անվի ատամների պրոֆիլը փոփոխության չի ենթարկվում: Սակայն թործիչի ատամի գլխիկի կողմից մշակվող անվի ատամի հիմքում կարող են առաջանալ անցումային կորեր կամ թործիչի ատամի ոչ էվոլվենտային տեղամասով անվի ատամի գլխիկի մասի ենթակտրում:

**Թործիչի կտրման անկյունները:** Թործիչի հետին անկյունը որոշում է ատամի բարձրությամբ ձողի ելման ուրվագծի տեղափոխման մեծության փոփոխման ուժգնությունը, ինչպես նաև՝ հետին կողային անկյան մեծությունը, քանի որ այն ուղղակիորեն կախված է գագաթի հետին անկյունից: Գագաթի հետին անկյունը սովորաբար վերցվում է  $6^\circ$ :

Բաժանարար գլանով հատած թործիչի ատամի հատույթի փռվածքը բերված է նկ. 7.32-ում: Ատամի կողային էվոլվենտային մակերևույթի և գլանական մակերևույթի փոխհատումից առաջանում է պտուտակագիծ, որը կազմում է հատույթի կողային մասերը: Պտուտակագծի թեքման անկյունով որոշվում է բաժանարար գլանով հետին կողային անկյան մեծությունը: Հատույթի փռվածքում պտուտակագիծն ուղիղ գիծ է, իսկ կողային հետին անկյունը՝  $\alpha_y$ -ն, կլինի.

$$\operatorname{tg} \alpha_y = \frac{b}{a} = \frac{S - S_{b_l}}{2a}, \quad (7.62)$$

որտեղ  $a$ -ն թործիչի ելման հեռավորության մեծությունն է,

$S$ -ն՝ առջևի նիստի վրա բաժանարար շրջանագծի աղեղով ատամի հաստությունը՝  $\pi m/2 \pm \Delta S + 2x m \operatorname{tg} \alpha$ ,

$S_{b_l}$ -ն՝ ելման հատույթում ատամի հաստությունը՝  $\pi m/2 \pm \Delta S$ :

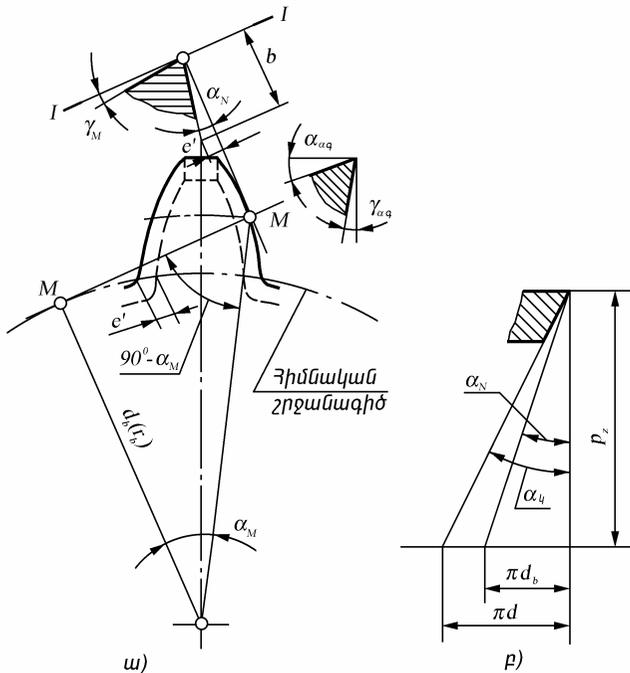
Տեղադրելով  $S$ -ի,  $S_{bl}$ -ի և  $a = x_q m / \operatorname{tg} \alpha_q$  արժեքները (7.62)-ի մեջ՝ որոշվում է հետին կողային անկյունը.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{կ}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ոգ}} \operatorname{tg} \alpha_q : \quad (7.63)$$

Տեղադրելով  $\alpha_{\text{ոգ}} = 6^\circ$  և  $\alpha_q = 20^\circ 10' 14''$ , ստացվում է՝  $\alpha_{\text{կ}} = 2^\circ 12' 40''$ :

Թորձիչի ատամների կողային մասերում պրոֆիլին տարած նորմալ հատույթում հետին անկյան ուսումնասիրությունը կարևորվում է կտրման գործընթացի տեսակետից, որը որոշում է հետին նիստով նրա մաշման չափը: Պրոֆիլի ընթացիկ  $M$  կետում հետին կողային անկյունը որոշվում է կետի կտրման հետագծով հետին մակերևույթին տարած ուղղահայաց հարթության մեջ ( $M-M$ ), որը միաժամանակ շոշափում է թորձիչի հիմնական գլանին:

Գիտարկվում են թորձիչի առանցքին ուղղահայաց երկու հարթությունների միջև ատամի կողային մակերևույթի հատույթները՝  $I-I$  հատույթը և նրանից  $b$  հեռավորությամբ՝ մյուս հատույթը (նկ. 7.35ա): Նշված հատույթ-



Նկ. 7.35. Թորձիչի ատամի երկրաչափական պարամետրերը

ներում ատամների հետին պտուտակային մակերևութների հետքերը համահեռ են: Նրանց միջև հեռավորությունը նորմալի ուղղությամբ կազմում է  $e'$  (հիմնական շրջանագծի վրա էվոլվենտների սկզբնակետերի հեռավորությունը): Որոշվում է  $\operatorname{tg}\alpha_N = e'/b$ , և քանի որ  $e'$ -ը և  $b$ -ն պրոֆիլի երկարությամբ չեն փոփոխվում, ուստի, գործիքային գլխավոր հետին անկյունները, թործիչի ատամի բարձրությամբ նորմալ հատույթում հավասար են, ընդ որում՝ հիմնական գլանի վրա պտուտակագծի վերելքի անկյունը և  $\alpha_N$  անկյունը հավասար են:

Բաժանարար և հիմնական գլաններով թործիչի ատամների հատույթների փոփոխում ատամների հետին մակերևութների քայլը ( $p_z$ ) նույնն է, իսկ այդ մակերևութի թեքման անկյունները, որոնք առաջացնում են ատամի բարձրությամբ հետին անկյուններ, տարբեր են (նկ. 7.35բ).

$$\operatorname{tg}\alpha_N = \pi d_b / p_z \text{ և } \operatorname{tg}\alpha_y = \pi d / p_z : \quad (7.64)$$

Տեղադրելով (7.64)-ի մեջ  $d_b = d \cos\alpha_q$  (7.60) և հաշվի առնելով, որ  $\operatorname{tg}\alpha_y = \operatorname{tg}\alpha_{aq} \operatorname{tg}\alpha_q$  (7.63), նորմալ հատույթում հետին կողային անկյունը որոշվում է (7.65).

$$\operatorname{tg}\alpha_N = \operatorname{tg}\alpha_{aq} \sin\alpha_q : \quad (7.65)$$

Ստանդարտ թործիչների համար, երբ գագաթի հետին անկյունը՝  $\alpha_{aq} = 6^\circ$ , իսկ  $\alpha_q = 20^\circ 10' 14''$ , նորմալ հատույթում հետին կողային անկյունը ստացվում է՝  $\alpha_N = 2^\circ 04'$ :

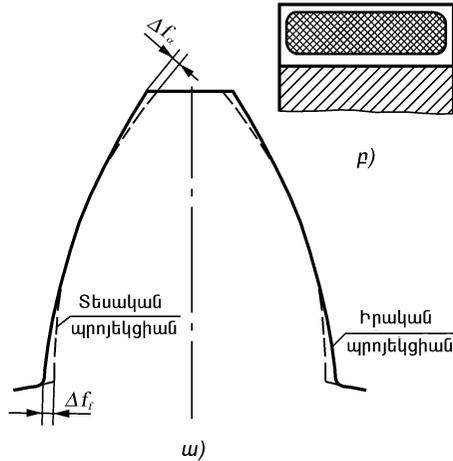
Թործիչի ատամի գագաթի  $\gamma_{aq}$  առջևի անկյունը չափվում է շառավղային հարթության մեջ, որն անցնում է թործիչի առանցքով: Ստանդարտ թործիչների համար այն վերցվում է հավասար  $5^\circ$ : Նորմալ հատույթում առջևի անկյան արժեքը, որն ազդում է կտրման և տաշեղագոյացման վրա, կախված է շառավղային և նորմալ հատույթների միջև կազմած անկյունից: Այն հավասար է կտրող եզրի տված  $M$  կետում պրոֆիլի  $\alpha_M$  անկյանը: Պրոֆիլի  $M$  կետի համար առջևի կողային անկյունը  $M-M$  հատույթում որոշվում է.

$$\operatorname{tg}\gamma_M = \operatorname{tg}\gamma_{aq} \sin\alpha_M : \quad (7.66)$$

Թործիչի ատամի բարձրությամբ պրոֆիլի  $\alpha_M$  անկյունը փոփոխվում է  $0 \dots 30^\circ$  սահմանում: Այդ դեպքում՝ նորմալ հատույթում առջևի անկյան փոփոխությունը կազմում է  $3 \dots 4^\circ$  ( $\alpha = 20^\circ$  անիվների մշակման թործիչների մոտ):

Թործիչի առջևի մակերևույթը կոնական մակերևույթ է, որը, հատվելով ատամի կողային էվոլվենտային պտուտակային մակերևութի հետ, առա-

ջացնում է ատամի կողային կտրող եզրերը, որոնք էվոլվենտային կորեր չեն և շեղված են նրանից  $\Delta f_a$  և  $\Delta f_f$  մեծություններով (նկ. 7.36):



Նկ. 7.36. Թործիչի առջևի և հետին անկյունների ազդեցությունը նրա ատամի պրոֆիլի վրա

Այդ շեղումների մեծությունների նվազեցման համար կատարվում է թործիչի ատամի անկյունային ուղղում: Չողի ելման ուրվագծի պրոֆիլային  $\alpha_q$  անկյունը վերցվում է ըստ վերը բերված հաշվարկային բանաձևի (4.39)՝ ավելի մեծ՝ մշակվող անվի պրոֆիլի անկյան համեմատ:

Նման ուղղման դեպքում թործիչի ատամի կտրող եզրի պրոյեկցիան մշակվող անվի ճակատային հարթության վրա ստանում է նկ. 7.36ա-ում ներկայացված ձևը: Թործիչի ատամը գլխիկի և ոտիկի մասում հաստանում է, և նրանով մշակված ատամնանվի ատամի պրոֆիլը, տեսական էվոլվենտի համեմատ, ստացվում է ավելի ուռուցիկ: Այդ թործիչով մշակված անիվների ատամների կառչման հպման գոտին բերված է նկ. 7.36բ-ում: Այդպիսի հպման գոտին ապահովում է անվի սահուն և անաղմուկ աշխատանքը:

Թործիչի առջևի և հետին անկյունները մեծացնելիս ( $\gamma_{\alpha q}$  -ն մինչև  $15^\circ$  և  $\alpha_{\alpha q}$ -ն մինչև  $9^\circ$ )  $\Delta f_a$  և  $\Delta f_f$  շեղումների չափերը էական փոփոխություններ չեն ստանում, սակայն թործիչի կայունությունը մեծանում է 3...4 անգամ:

Թործիչի նախագծման ժամանակ անհրաժեշտ է որոշել նրա կառուցվածքային չափերը, որի համար լուծվում են հետևյալ հիմնական խնդիրները:

**Թործիչի եզրաչափերը:** Հիտարկվում են հետևյալ տարրերը՝ թործիչի  $m$  մոդուլը և ատամների  $z_q$  թիվը, բաժանարար շրջանագծի  $d$  տրամագիծը, թործիչի առանցքով նրա  $H$  բարձրությունը, անցքի և պոչամասի չափերը: Մոդուլը որոշում է բաժանարար շրջանագծի տրամագիծը, ատամների թիվը և չափերը: Թործիչի մոդուլը հավասար է մշակվող անվի մոդուլին: Տարբեր մակնիշի ատամնաթործման հաստոցների վրա ատամնանիվների մշակման համար կիրառվում են  $0,2...50$  մմ մոդուլի թործիչներ: Ատամների թիվը վերցվում է. արտաքին կառչման անիվների մշակման թործիչների մոտ՝  $15...40$ , որը էվոլվենտային կառչման տեսակետից կարելի է ընդունել որպես ավելի նպատակահարմար ատամնաթվերի տիրույթ:

Թործիչի բաժանարար շրջանագծի տրամագծի չափերը ստանդարտացված են և լինում են՝ 25, 38, 50, 75, 100, 125, 160, 200 մմ: Արդյունաբերության մեջ մեծ տարածում ունեն  $75...100$  մմ բաժանարար տրամագծով սկավառակային և բաժակային թործիչները: Բաժանարար շրջանագծի հաշվարկային տրամագիծը կարող է տարբերվել ստանդարտից, քանի որ անհրաժեշտ է ապահովել  $d = mz_q$  արտադրյալը:

Թործիչի բարձրությունը որոշվում է.

$$H = [a] + [-a'] + (3...5) \text{ մմ}, \quad (7.67)$$

որտեղ՝  $a$  -ն ելման հեռավորության մեծությունն է,

$a'$ -ը՝ ելման հարթությունից ցած սրման բարձրությունը:

$3...5$  մմ չափը թողնվում է որպես թործիչի սրման սահման, որով ապահովվում է թործիչի ատամի բավարար ամրությունը:

Սովորաբար  $a'$ -ի մեծությունը ընտրվում է այնքան, որ փոքրաքանակ ատամներով թործիչի ատամի այն տեղամասը, որը գտնվում է հիմնական շրջանագծի և գոգերի շրջանագծի միջև, շատ մեծ չլինի՝ մշակվող անվի ատամի գլխիկի ենթակտրումից խուսափելու նպատակով (նկ. 7.34):

Ելնելով տեխնոլոգիական դատողություններից՝ թործիչի ատամի բարձրությունը շատ մեծ չպետք է լինի:

Ատամի պրոֆիլի հղկման ժամանակ հղկաքարը թործիչի առանցքի երկայնքով տեղաշարժ չի ստանում: Վերջին հանգամանքը դժվարեցնում է փոքր մոդուլի թործիչների հղկումն այն դեպքում, երբ թործիչի բարձրությունը շատ մեծ է: Հաշվի առնելով հղկման տեխնոլոգիականությունը և հիմնվելով փորձնական տվյալների վրա՝ խորհուրդ է տրվում  $m = 0,8...1$  մմ

---

մողուլի թործիչների համար դրանց բարձրությունը վերցնել 12...22 մմ սահմանում:

Սկավառակային և բաժակային թործիչներն ամրացվում են հարմարանքի վրա: Ամրացման համար բազա է թործիչի անցքի տրամագիծը, որը պետք է համապատասխանի հաստոցի նստեցվող մասի տրամագծին: Սկավառակային թործիչների համար անցքի տրամագիծը լինում է՝ 20, 31.75, 44.45, 88.9, 101.6 մմ  $H_4$  թույլտվածքով: Պոչավոր թործիչների ամրացման համար օգտագործվում են կարճացված Մորգե կոն 2 կամ Մորգե կոն 3:

**Թործիչի ելման հեռավորության մեծությունը:** Ելման հեռավորությունը որոշվում է՝ ելնելով հետևյալ հանգամանքներից. որքան մեծ է թործիչի ելման հեռավորության մեծությունը, այնքան բարձր է դրանով մշակվող անվի որակը: Այս դեպքում անվի ատամների պրոֆիլային մակերևույթները ստացվում են մաքուր, և այդպիսի անիվների կառույցը կատարվում է սահուն կերպով: Բացի այդ, ելման հեռավորության մեծացման դեպքում փոքրաքանակ ատամնաթվերով անվի ատամի պրոֆիլի ենթակտրման վտանգը նվազում է:

Մակայն ելման հեռավորության մեծացման դեպքում փոքրանում է նոր թործիչի ատամի հաստությունը նրա գազաթի մասում, որը բացասաբար է ազդում գործիքի կայունության վրա, քանի որ ատամի գազաթի և նրան հարակից կողային կտրող եզրերի հատվածները ավելի ծանրաբեռնված են: Ուստի, ատամի գլխիկի մասում հաստության փոքրացումը այն հիմնական փաստարկն է, որը սահմանափակում է ելման հեռավորության չափը:

Մեծ ելման հեռավորություն ունեցող թործիչով ատամնանվի մշակման ժամանակ մեծանում է նաև ատամի պրոֆիլի վրա անցումային կորը: Այդպիսի անիվների կառուցման ժամանակ կարելի է նկատել կցորդված պրոֆիլների կառույց անցումային կորի որոշակի տեղամասով (ինտերֆերենցիա), որն անբարենպաստ է անդրադառնում կառուցման փոխանցման աշխատանքի վրա:

Թործիչի նախագծման ժամանակ ելման  $a$  հեռավորությունը որոշվում է հետևյալ կերպ: Սկզբում պետք է ապահովել առաջին պայմանը՝ ատամի գազաթի կտրող եզրի անհրաժեշտ երկարությունը, ապա ստուգել երկրորդ պայմանը՝ անցումային կորերի վերադրման (ինտերֆերենցիայի) բացակայությունը: Հետագոտությունները ցույց են տալիս, որ գործնականում ելման  $a$  հեռավորության ընտրությունը, հիմնականում, սահմանափակվում է թործիչի ատամի գազաթի սրացմամբ: Թործիչի բավարար կայունության

ապահովման համար անհրաժեշտ է ատամի գագաթի մասում ապահովել ատամի  $S_{\alpha q}$  հաստության որոշակի փոքրագույն արժեք: Այն, կախված մոդուլից, որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$S_{\alpha q} = \sqrt{0,2594m - 0,0375} : \quad (7.68)$$

Հայտնի ելման  $a$  հեռավորության դեպքում ելուստների շրջանագծի վրա ատամի  $S_{\alpha q}$  իրական հաստությունը (նկ. 7.37) որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$S_{\alpha q} = r_{\alpha q} \tau, \quad (7.69)$$

որտեղ՝  $r_{\alpha q}$ -ն նոր թործիչի ելուստների շրջանագծի շառավիղն է:

Այնուհետև որոշվում է  $\tau$  անկյունը (ռադիան).

$$\tau = \frac{S_q}{r_q} - 2(\text{inv}\alpha_a - \text{inv}\alpha_q) : \quad (7.70)$$

Տեղադրելով  $\tau$ -ի մեծությունը (7.69) բանաձևի մեջ կատանանք.

$$S_{\alpha q} = 2r_{\alpha q} \left( \frac{S_q}{2r_q} + \text{inv}\alpha_q - \text{inv}\alpha_a \right), \quad (4.71)$$

որտեղ՝

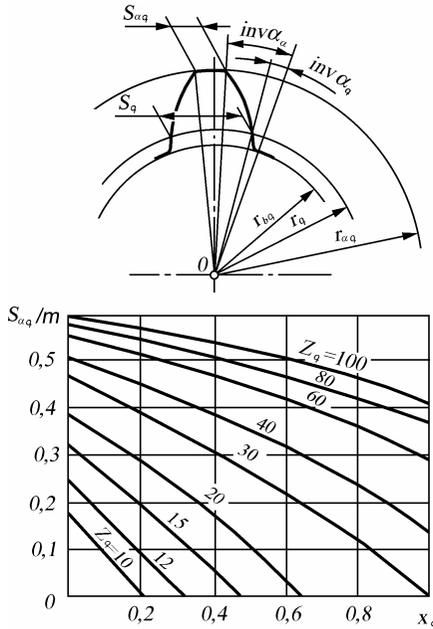
$$\begin{aligned} r_{\alpha q} &= r_q + 1,25m + \alpha \text{tg}\alpha_{\alpha q}, \\ S_q &= \pi m / 2 + \Delta S_q + 2\alpha \text{tg}\alpha_{\alpha q} \text{tg}\alpha_q, \\ \cos\alpha_a &= r_q \cos\alpha_q / r_{\alpha q} : \end{aligned} \quad (4.72)$$

Թործիչի նախագծման ժամանակ գործնականում կիրառվում է ելման հեռավորության որոշման մոտավոր, մասնավորապես՝ գրաֆիկական եղանակը. տալով  $S_{\alpha q}$ -ին որոշակի արժեք՝ որոշվում է ելման  $a$  հեռավորության համապատասխան մեծությունը, ընդ որում՝  $S_{\alpha q}$ -ի վերցված արժեքը պետք է ապահովի թործիչի բավարար կայունություն: Ելուստների շրջանագծի վրա ատամի հաստության ( $S_{\alpha q}/m$ ) կապը քանոնի ելման պրոֆիլի շեղման  $x_q$  գործակցի հետ բերված է նկ. 7.37-ում:

Գրաֆիկի օգնությամբ, ըստ ընտրված  $S_{\alpha q}$ -ի և թործիչի ատամնաթվերի, որոշվում է շեղման  $x_q$  գործակիցը:

Ի մանալով  $x_q$  մեծությունը և գագաթի  $\alpha_{\alpha q}$  անկյունը, որոշվում է թործիչի ելման հեռավորությունը.

$$a = \frac{x_q m}{\text{tg}\alpha_{\alpha q}} : \quad (7.73)$$



Նկ. 7.37. Թործիչի ատամի  
ելման հաստույթի որոշումը

**Թործիչի ատամի և տրամագծային չափերը:** Ըստ հայտնի ելման  $a$  հեռավորության, գործիքի առանցքին տարած ուղղահայաց հարթության մեջ կտրող եզրերի պրոյեկցիայի վրա որոշվում են նոր թործիչի ատամների հիմնական չափերը.

ա) գլխիկի բարձրությունը՝  $h_{aq} = 1,25m + \alpha \operatorname{tg} \alpha_{aq}$ , բ) ոտիկի բարձրությունը՝  $h_{fq} = 1,25m - \alpha \operatorname{tg} \alpha_{aq}$ , գ) բաժանարար շրջանագծի աղեղով ատամի հաստությունը՝  $S_q = \pi m / 2 + \Delta S_q + 2\alpha \operatorname{tg} \alpha_{aq} \operatorname{tg} \alpha_q$ :

Տրամագծային  $d_{aq}$ ,  $d_{fq}$  և  $d_{bq}$  չափերը որոշվում են՝ ա) ելուստների շրջանագծի տրամագիծը՝  $d_{aq} = d_q + 2h_{aq} = mz_q + 2(1,25m + \alpha \operatorname{tg} \alpha_{aq})$ , բ) գոգերի շրջանագծի տրամագիծը՝  $d_{fq} = d_q - 2h_{fq} = mz_q - 2(1,25m + \alpha \operatorname{tg} \alpha_{aq})$ , գ) հիմնական շրջանագծի տրամագիծը՝  $d_{bq} = mz_q \cos \alpha_q$ , որտեղ՝  $\alpha_q$  անկյունը որոշվում է (7.59) բանաձևի օգնությամբ:

**Անցումային կորերի ինտերֆերենցիան:** Ելման հեռավորության արժեքը, որը որոշվել էր նոր թործիչի ելուստների շրջանագծով ատամի տրված հաստության ապահովման պայմանից, ենթարկվում է ստուգման՝ անցու-

---

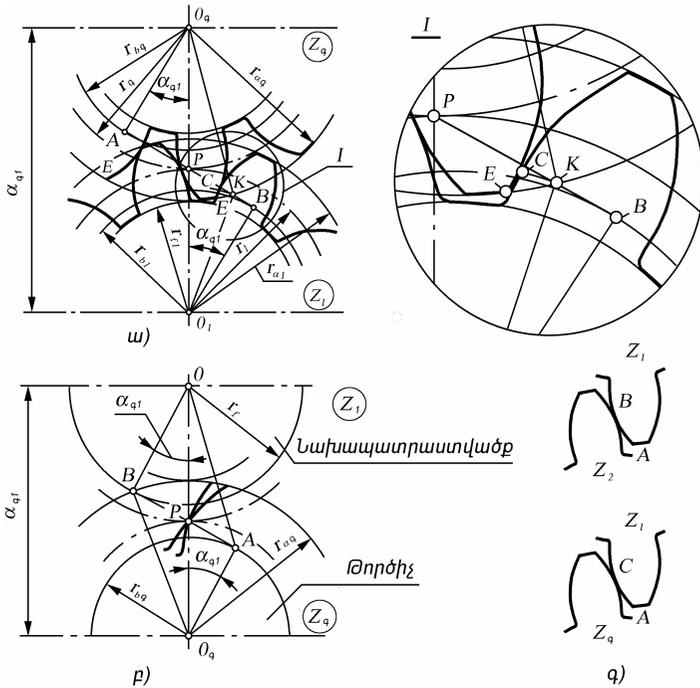
մային կորերի վերադարձան (ինտերֆերենցիայի) բացակայության պայմանի ապահովման նպատակով:

Չույգ ատամնանիվների կառչման ժամանակ կառչվող պրոֆիլների հպումը կատարվում է ոչ թե ատամի ամբողջ բարձրությամբ, այլ միայն նրա ակտիվ տեղամասով:  $z_1$  անվի ակտիվ պրոֆիլը, երբ այն կառչման մեջ է մտնում  $z_2$  անվի հետ, կարելի է ընդունել  $AB$  տեղամասը (նկ. 7.38գ): Մշակման ժամանակ,  $z_q$  ատամնաթվերով թործիչի հետ կառչման դեպքում,  $z_1$  անվի պրոֆիլի ակտիվ տեղամասը ենթադրենք  $AC$ -ն է, որը էվոլվենտային պրոֆիլ է:  $AC$  տեղամասից դուրս  $z_1$  անիվների ատամի պրոֆիլը թործիչով մշակման ժամանակ կտրվագծվի անցումային կորով, որն ունի երկարացված էպիցիկլոիդային ձև:

$AB$  տեղամասը կարող է մեծ լինել  $AC$  տեղամասից, այդ դեպքում  $BC$  տեղամասում  $z_1$  և  $z_2$  անիվների կառչվող պրոֆիլների կցորդումը տեղի կունենա անցումային կորի սահմանում, այսինքն՝ ատամների կառչմանը մասնակիորեն կմասնակցեն պրոֆիլի ոչ էվոլվենտային տեղամասեր: Այդ երևույթն անվանում են անցումային կորերով պրոֆիլների ինտերֆերենցիա: Անցումային կորերով ինտերֆերենցիան բացառելու և կառչմանը մասնակցող ատամների հպումը միայն էվոլվենտային տեղամասով իրագործելու նպատակով անհրաժեշտ է, որ  $AB$  տեղամասը փոքր լինի  $AC$  տեղամասից:

$B$  և  $C$  կետերի դիրքերը  $z_1$  անվի ատամի պրոֆիլի վրա կարելի է որոշել գրաֆիկորեն:

Նկ. 7.38ա-ում ցույց է տված  $z_1$  անվի և  $z_q$  թործիչի կառչումը:  $PB$ -ն  $AB$  կառչման տեսական գծի ատամնանվին վերագրվող հատվածն է: Անվի ատամի պրոֆիլի սահմանային  $C$  կետը մշակման ընթացքում ձևավորվում է թործիչի ատամի գագաթի  $E$  կետով:  $C$  և  $E$  կետերի հպումը տեղի է ունենում կառչման գծի վրա: Թործիչի ատամի գագաթի  $E$  կետը, պտտվելով իր առանցքի շուրջը, հատվում է կառչման գծի հետ՝  $K$  կետում: Հետևաբար, այն պահին երբ  $E$  կետը, պտտվելով, համընկնում է կառչման գծի  $K$  կետին, տեղի է ունենում նրա հպումը  $z_1$  անվի պրոֆիլի լծորդվող կետի հետ: Կառչման ժամանակ  $z_1$  անիվը պտտվում է իր առանցքի շուրջը, և  $E$  կետի հետ լծորդվող  $C$  կետի դիրքը որոշելու համար անհրաժեշտ է  $K$  կետը ետ պտտել  $z_1$  անվի առանցքի շուրջը՝ մինչև նրա հատվելը անվի ատամի պրոֆիլի հետ  $C$  կետում:  $C$  կետի դիրքը կարելի է արտահայտել  $O_1C$  շառավղով, կամ էվոլվենտի  $C$  կետի կորության  $\rho_c$  շառավղով ( $KB$  հեռավորու-



Նկ. 7.38. Թորձիչի կառուցվածքի ստուգման սխեման

թյունը՝

Այն որոշվում է (նկ. 7.38ա).

$$\rho_c = a_{q1} \sin \alpha_{q1} - \sqrt{r^2_{aa} - r^2_{bq}}, \quad (7.74)$$

որտեղ՝

$a_{q1}$ -ը թորձիչի և  $z_1$  անվի կառչման ժամանակ միջառանց-  
քային հեռավորությունն է,

$a_{q1}$ -ը՝ թորձիչի և անվի կառչման անկյունը,

$r_{aa}$ -ն և  $r_{bq}$ -ն՝ թորձիչի ատամների ելուստների շրջանագծի և  
հիմնական շրջանագծերի շառավիղները:

$z_1$  և  $z_2$  անիվների կառչման դիտարկման ժամանակ (7.74) բանաձևը  
արտահայտվում է հետևյալ տեսքով.

$$\rho_B = a_{12} \sin \alpha_{12} - \sqrt{r_{a2}^2 - r_{b2}^2}, \quad (7.75)$$

որտեղ՝  $\rho_B$ -ն է վիզանտի կորության շառավիղն է ատամի  $B$  պրոֆիլի կետում,

$\alpha_{12}$ -ը՝  $z_1$  և  $z_2$  անիվների կառչման ժամանակ միջառանցքային հեռավորությունը,

$\alpha_{12}$ -ը՝  $z_1$  և  $z_2$  անիվների կառչման անկյունը,

$r_{a2}$ -ն և  $r_{b2}$ -ն՝  $z_2$  անվի ելուստների շրջանագծի և հիմնական շրջանագծերի շառավիղները:

Որպեսզի նույն թործիչով ( $z_q$ ) մշակված  $z_1$  և  $z_2$  անիվների կառչման ժամանակ  $z_1$  անվի պրոֆիլի վրա չնկատվի անցումային կորերով ինտերֆերենցիա, անհրաժեշտ է, որ պահպանվի հետևյալ պայմանը՝  $\rho_C \leq \rho_B$  կամ,

$$a_{q1} \sin \alpha_{q1} - \sqrt{r_{a q}^2 - r_{b q}^2} \leq a_{12} \sin \alpha_{12} - \sqrt{r_{a 2}^2 - r_{b 2}^2} : \quad (7.76)$$

Հարկ է նշել, որ անհրաժեշտ է կատարել նոր թործիչի անցումային կորերով ինտերֆերենցիայի բացակայության ստուգում, ընդ որում՝ փոքր անվի վրա ( $z_1$ ), եթե մշակվում են  $z_1$  և  $z_2$  ատամնաթվերով նորմալ (չուղղված) ատամնանիվներ՝  $\alpha = 20^\circ$  կառչման անկյունով: Իսկ եթե թործիչը նախատեսված է ուղղված անիվների մշակման համար, ապա ստուգումն անհրաժեշտ է կատարել ինչպես փոքր, այնպես էլ մեծ անվի համար:

Եթե տրված պայմանների դեպքում նկատվում է ինտերֆերենցիա, ապա անհրաժեշտ է փոքրացնել ելման հեռավորության չափը, մեծացնել թործիչի ատամների թիվը, ավելացնել ատամի գլխիկի բարձրության չափը՝ ընդունելով այն ելման հարթության մեջ 1,3m:

Մեծաթիվ ատամներով թործիչով փոքրաթիվ ատամներով ատամնանիվների մշակման ժամանակ առաջանում է անվի ատամների ոտիկի եզրահատման վտանգ, իսկ փոքրաթիվ ատամներով թործիչով մեծաթիվ ատամներով ատամնանիվների մշակման ժամանակ կարող է առաջանալ թործիչի ատամի ոտիկի եզրահատում, որը հնարավոր չէ, քանի որ թործիչը կտրող անիվ է: Այդ դեպքում թործիչի ատամի ոտիկը առաջ է քերում անվի ատամի գլխիկի եզրակտրում:

Նկ. 7.38բ-ում քերված է թործիչի և  $z_1$  անվի կառչման սխեման, որտեղից կառչման գծի երկարությունը՝  $AB$ -ն, որոշվում է.

$$AB = a_{q1} \sin \alpha_{q1} : \quad (7.77)$$

Նույն նկարում պատկերված է սահմանային դիրքը, երբ ոտիկի եզրակտրում տեղի չունի, և թործիչի ելուստների շրջանագիծը ( $r_{aq}$ ) անցնում է կառչման գծի ծայրային  $B$  կետով:

Թործիչով մշակման ժամանակ անվի ատամի ոտիկի եզրակտրում տեղի ունի այն դեպքում, երբ թործիչի ատամի ելուստների շրջանագիծը տեսական կառչման գծի հետ հասկում է  $AB$  սահմանից դուրս: Ուստի ոտիկի եզրակտրումը բացառելու նպատակով պետք է բավարարվի հետևյալ պայմանը՝  $r_{aq} \leq O_q B$ :

$\Delta O_q AB$ -ից որոշվում է  $O_q B$ , այդ դեպքում.

$$r_{aq} \leq \sqrt{(a_{q1} \sin \alpha_{q1})^2 + r_{bq}^2} : \quad (7.78)$$

Նմանապես որոշվում է անվի ատամի գլխիկի ենթակտրումը տեղի չունենալու պայմանը, այսինքն մշակումը իրագործելիս  $z_2$  անվի կողմից թործիչի ատամի ոտիկի եզրակտրման բացառման պայմանը.

$$r_{a2} \leq \sqrt{(a_{q2} \sin \alpha_{q2})^2 + r_{b2}^2} : \quad (7.79)$$

(7.78) և (7.79) բանաձևերով ստուգվում է մշակվող անիվների ատամների ոտիկների և գլխիկների եզրակտրման բացակայության պայմանը՝ սահմանային չափով սրված թործիչով մշակման ժամանակ:

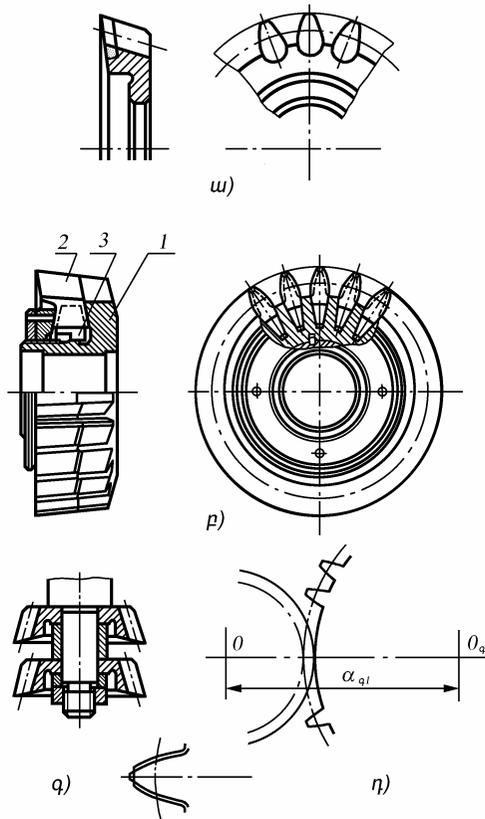
**Թործիչի կառուցվածքային առանձնահատկությունները:** Հավաքովի և կազմածո կառուցվածքները կիրառվում են խոշոր թործիչների, ինչպես նաև այն թործիչների համար, որոնց կտրող մասը նախատեսվում է պատրաստել կարծր համաձուլվածքից:

Դժվար մշակվող նյութերից ատամնանիվների մշակման համար օգտագործվում են կազմածո կամ հավաքովի կառուցվածքով թործիչներ, որոնց կտրող մասը պատրաստված է կարծր համաձուլվածքից:

Նկ. 7.39ա-ում բերված է թործիչի կառուցվածքը, որի յուրաքանչյուր ատամի վրա մակագողման միջոցով ամրացված են կարծր համաձուլվածքի թիթեղիկներ: Կարծր համաձուլվածքի թիթեղիկներից պատրաստված ատամների մեխանիկական ամրացմամբ թործիչի կառուցվածքը բերված է նկ. 7.39բ-ում: Թործիչի 1 իրանի վրա կարծր համաձուլվածքից պատրաստված 2 ատամներն ամրացվում են մեխանիկական եղանակով և կենտրոնավորվում 3 գատիչի օգնությամբ:

Աստիճանավոր թործիչները (թվով երկու կամ երեք) օգտագործվում են մշակման արտադրողականության բարձրացման համար (նկ. 7.39գ): Դրանք

տեղադրվում են նույն կալակի վրա և կատարում սևատաշ (ներքևի թործիչ) և մաքրատաշ (վերևի թործիչ) մշակումները:



Նկ. 7.39. Թործիչների տեսակները

Մեզմենտային թործիչներն աշխատում են առանց ներխրման գործընթացի (նկ. 7.39դ): Նրա վրայից հեռացված են մի քանի ատամներ, որը հնարավորություն է տալիս թործիչը տեղակայել նախապատրաստվածքից անհրաժեշտ հեռավորության վրա և մշակումն իրագործել միայն շրջազտորման պտտական շարժումով՝ առանց շառավղային մատուցման:

Այս թործիչների ատամների կեսը ունեն մեղացված ատամներ՝ նախատեսված սևատաշ մշակման համար: Մնացած ատամներն ունեն նորմալ հաստություն՝ նախատեսված մաքրատաշ մշակման համար: Նախապատ-

---

րաստվածքի առաջին պտույտի ընթացքում սևատաշ ատամները կատարում են գոգերի նախնական մշակում, իսկ երկրորդ պտույտի ընթացքում մաքրատաշ ատամները՝ վերջնամշակումը:

Այս թործիչները կարելի է օգտագործել սեկտորների վրա ատամների, ինչպես նաև թործիչի ատամնաթվերից փոքր ատամնաթվեր ունեցող անիվների մշակման համար:

Պտուտակային և շկրոնային ատամներով անիվների մշակման թործիչներն ունեն նույն կառուցվածքը, (նկ. 7.29դ, ե), ինչ որ ուղղատամ թործիչները, սակայն դրանց ատամները պտուտակային են՝ 15° և 23° թեքման անկյուններով: