

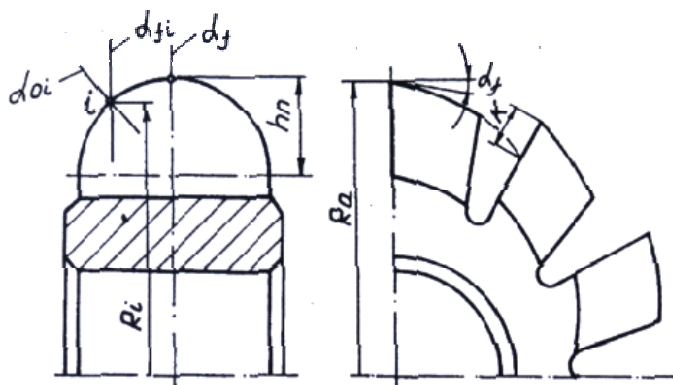
ТЕМА 9. ПРОФИЛНИ ФРЕЗИ С ОСОБЕНО ОФОРМЕНИ ПРЕДНИ И ЗАДНИ ПОВЪРХНИНИ

Профилните фрези са многозъби инструменти с ротационна форма на производящата инструментална повърхнина и въртеливо движение на рязане. Те служат за обработване на профилни вдлъбнатини и издатъци с прави, пръстеновидни и винтови образуващи. За целта главните подавателни движения са съответно постъпателно, въртеливо и винтово. Инструментите осигуряват висока производителност, точност 9...11 степен и грапавост $Ra = 2,5...5 \mu m$ при просто обслужване и евтини универсални машини.

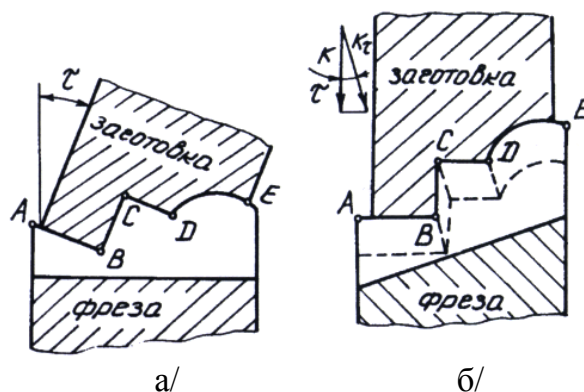
В курса “Металорежещи инструменти” са разгледани профилните фрези с острозаточени задни повърхнини, с радиално затиловани по спирала задни повърхнини и с радиално разположени предни повърхнини. Тук ще бъдат разгледани фрезите с ъглово затилована и със затилована по окръжност задна повърхнина и с общо разположена предна повърхнина.

1. Фрези с ъглово затилована по спирала задна повърхнина

На фиг. 9.1 е показана профилна фреза с известни външен радиус R_a , височина на затиловане k , главен установъчен ъгъл χ_r за текущата точка i с известен радиус R_i , задният ъгъл α_f за базовата точка от външния диаметър.



Фиг. 9.1. Схема за определяне задните ъгли на профилна фреза



Фиг. 9.2. а/ наклонено установяване на заготовката б/ ъглово затилована фреза

За всички фрези със затилована по спирала задна повърхнина важат зависимостите за определяне на задните ъгли в равнината P_f :

$$\tan \alpha_f = \frac{kz}{2\pi R_a} \quad \text{и} \quad \tan \alpha_{fi} = \frac{kz}{2\pi R_i}$$

След разделяне на двете уравнения може да се определи задният ъгъл за текущата точка “i” в направление на подаването

$$\tan \alpha_{fi} = \frac{R_a}{R_i} \tan \alpha_f,$$

който трябва винаги да има положителна стойност, за да се гарантира отсъствие на контакт на задната повърхнина с обработваната повърхнина в зони извън режещия ръб. Работоспособността на инструмента по геометричен признак се проверява в равнината P_0 , където задният ъгъл има минимална стойност и се определя по зависимостта:

$$\tan \alpha_{oi} = \tan \alpha_{fi} \sin \chi_{ri} = \frac{R_a}{R_i} \tan \alpha_f \sin \chi_{ri}.$$

Ако стойността на α_{oi} е по-малка от $2...3^\circ$ е необходимо да се вземат специални мерки. За определени случаи получаване на задоволителни стойности на задния главен ъгъл може да се постигне при увеличаване стойностите на α_f до $15...18^\circ$, но при малки стойности на χ_r този подход не може да осигури задоволителни резултати.

При наклонено установяване на заготовката спрямо оста на фрезата (фиг. 9.2.а) могат да се получат желани стойности на χ_{ri} и α_{oi} за целия профил на радиално затилованата фреза, включително и за участъка ВС. За целта заготовката трябва да се установи под ъгъл τ , определен по формулата

$$\sin \tau = \frac{R_i \tan \alpha_{oi}}{R_a \tan \alpha_f}.$$

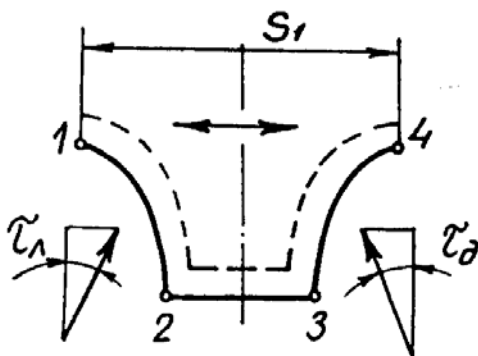
Методът е неудобен за реализиране, защото ъгълът τ се включва в изчисляването на профила на режещия ръб на фрезата, изработвана в една фирма, а трябва да се спазва при установяването на всяка заготовка, която обикновено се фрезова в друга фирма, което е сериозен организационен проблем.

Ъглово затиловане на задната повърхнина се получава, когато при затиловане на фрезата ножът не се подава в радиална посока, а под ъгъл τ спрямо нея (фиг. 9.2.б). С това задната повърхнина на фрезата се отклонява от радиалното направление на подавателното движение, изменят се ъглите χ_{ri} и α_{oi} . Последният се определя по зависимостта:

$$\tan \alpha_{oi} = \frac{R_a}{R_i} \tan \alpha_f \sin(\chi_r + \tau).$$

Същността на ъгловото затиловане се състои в определянето на ъгъла τ и на височината на затиловане в ъгловото направление k_τ , която е по-голяма от тази в радиалното направление k :

$$k_\tau = \frac{k}{\cos \tau}.$$



Фиг. 9.3. Двустранно ъглово затиловане на профилен зъб

След всяко презаточване на двустранно ъглово затилования профил се намалява дебелината на зъба s_1 , което внася изменения в съответните размери на заготовката. По тази причина ъглово затилованите фрези могат да се презаточват само ако режещите зъби са сглобяеми и позволяват чрез регулиране да се възстановява дебелината на зъба след всяко презаточване. Това решение се реализира удобно за сглобяемите конструкции. При едностранно откритите профили (фиг. 9.2)

Ъгловото затиловане не създава проблеми, но при двустранно откритите (фиг. 9.3) затиловането трябва да се извърши двустранно под ъгъл τ_n за участък 1-3 и τ_d за участък 3-4, след като се провери откритостта на профила в направление на затиловането, което се извършва аналогично на откритостта на профила в направление на подаването на ножовете с наклонени бази.

2. Профилни фрези с кръгова форма на задната повърхнина

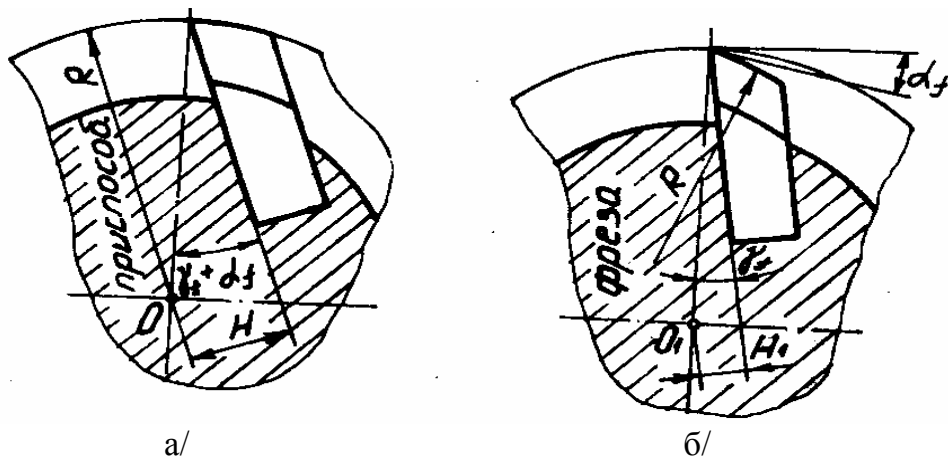
Традиционните форми на задните повърхнини на профилните фрези са острозаточена и затилована по спирала, по-късно се появяват и задни повърхнини, оформени като част от окръжност. Те притежават редица експлоатационни и технологични предимства.

Зъбите на профилните фрези с острозаточени задни повърхнини имат най-добра, постоянна геометрия по дължината на профилния режещ ръб, по-голяма трайност и производителност (поради по-големия брой зъби за определен диаметър). Презаточването им е рационално - по повърхнината на най-голямото износване, при което се сменя по-малка прибавка. Недостатък е промяната на размерите на профила след всяко презаточване и нуждата от сложни специални приспособления за презаточване, когато формата на режещия ръб е сложна. По тези причини острозаточените задни повърхнини се прилагат за фрези с прост профил - правоъгълен или триъгълен при ниски изисквания за точност на размерите.

Зъбите на затилованите по спирала фрези запазват профила си след всяко презаточване, но с изключение на някои зъбонарезни фрези задната им повърхнина е нешлифована, т.е. с недостатъчна гладкост, с обезвъглероден след термообработката повърхностен слой с понижена твърдост и други дефекти, които шлифоването отстранява. Презаточването им е трудоемко – по предната повърхнина, докато лимитиращото износване е по задна повърхнина, при което се снемат големи прибавки, а броят на презаточванията е малък. Затиловането на задната повърхнина по спирала е неприложимо при инструментални материали от металокерамика, режеща керамика или свръхтвърди материали, поради невъзможност на тези твърди материали да се затиловат с нож от бързорежеща стомана при ударен процес на рязане и голяма дължина на режещия ръб.

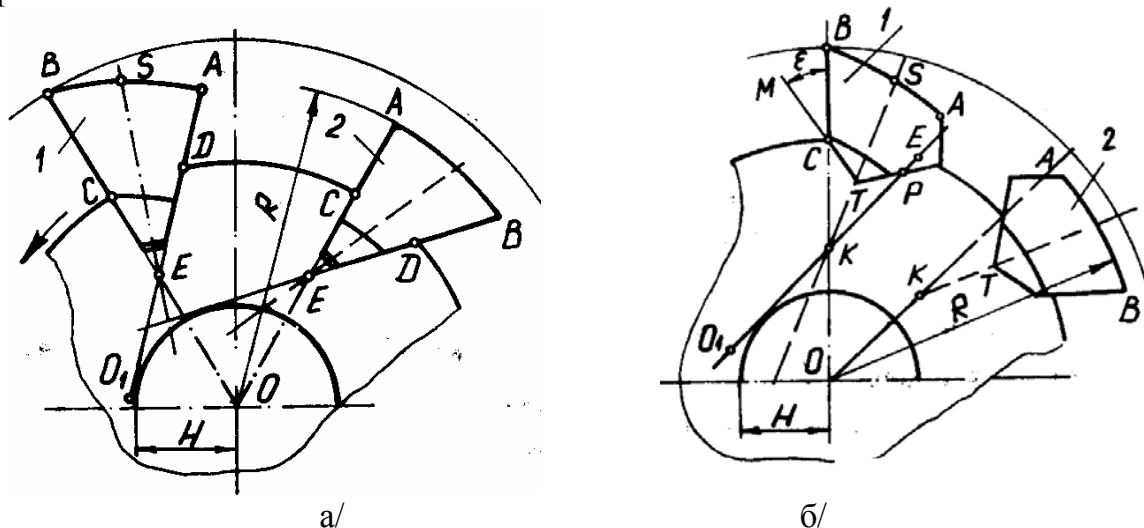
Приложението на сглобяеми дискови и червячни профилни фрези с кръгова форма на задната повърхнина дава големи технологични и експлоатационни предимства на инструмента. Изработването им не изисква специализираните стругове за затиловане чрез струговане и шлифоване. То се извършва на универсални стругове и кръглошлифовални машини с профилни ножове и дискове. Презаточването може да се извършва както по задната, така и по предната повърхнина, което значително повишава броя на презаточванията. Двете повърхнини на режещия клин са шлифовани, което осигурява по-малко триене и по-гладък режещ ръб. За режещи зъби могат да се използват всички инструментални материали, което осигурява по-голяма производителност и трайност. Инструментите са по-трайни и производителни от затилованите по спирала и имат всички предимства на сглобяемите.

При изработване на сглобяемите зъби на фрезата те се установяват с предните си повърхнини в каналите на приспособление, наклонени спрямо основната равнина (радиалното направление) под ъгъл $\alpha_f + \gamma_f$ (фиг. 9.4.а). В този случай задната повърхнина се оформя като окръжност с радиус R . В това приспособление се извършва профилното струговане и профилното шлифоване на зъбите. Задните повърхнини са ротационни пръстеновидни. След изработването им зъбите се установяват в каналите на тялото на фрезата в положение за експлоатация, при което предната и задна повърхнини се установяват съответно под ъгли γ_f и α_f (фиг. 9.4.б) относно основната равнина и равнината на рязане.



Фиг. 9.4. Положение на зъбите на фреза с кръгова форма на задната повърхнина
а/ при изработване б/ при експлоатация

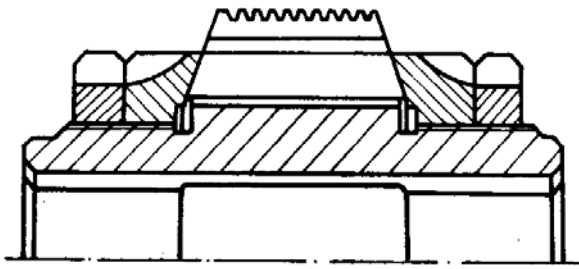
За да не се изработват излишни тела на приспособления при малката серийност на тези специални инструменти, обикновено се използват фрези с обръщащи се зъби, при които тялото на инструмента след завъртане на зъба на 180° се използва като тяло на приспособление.



Фиг. 9.5. Профилна фреза с обръщащи се зъби

На фиг. 9.5.а зъбът е в работно положение 1, предната повърхнина BC минава през стената CE на тялото, където C е точка от външната му окръжност. Каналът в тялото има задна стена DE и ширина CD. В положението за изработване на профила 2 зъбът е завъртян на 180° около симетралата си. Предната повърхнина заема положение BD, минаващо на разстояние H от центъра на фрезата. Задната повърхнина VA става дъга от окръжност с радиус R. В случая ъглите на режещия клин са $\gamma_f = 0^\circ$ и $\alpha_f = \arcsin \frac{H}{R}$. При неподвижен зъб 1 и завъртане на тялото на 180° центърът O се премества в O_1 . Конструкцията, показана на фиг. 9.5.б разрешава побирането на много режещи зъби.

С няколкократно презаточване по задна повърхнина постепенно се намалява радиусът R. При постоянна стойност на H това води до увеличаване на α_f и промяна на обработвания профил. Стойността на тези грешки е толкова малка, че фрезите се използват широко за точни и отговорни обработки, пр. при червячни фрези с металокерамични гребени за зъбонарязване на еволвентни зъбни колела. Профилните



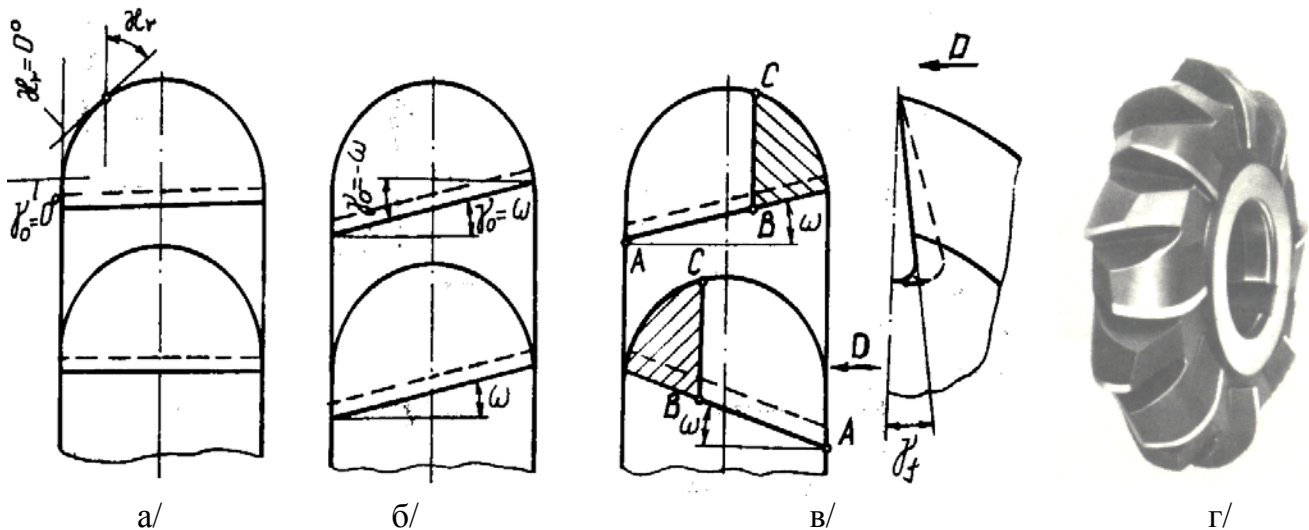
фрези с кръгова форма на задната повърхнина могат да бъдат с обръщащи се зъби или гребени (фиг. 9.6).

Фиг. 9.6. Фреза с обръщащи се гребени

3. Профилни фрези с общо разположени предни повърхнини

Профилните фрези обикновено се изпълняват с радиални предни повърхнини ($\gamma_f = 0^\circ$), при което конструирането е най-елементарно – профилът на режещия ръб съвпада с този на детайла.

За подобряване на условията на рязане, особено при фрезозане на трудно обработваеми материали, е целесъобразно да се използват профилни фрези, за всички точки на режещия ръб на които предните ъгли са с положителни стойности $\gamma_o = 10...15^\circ$, характеризиращи се с намалено силово и топлинно натоварване, увеличена трайност и възможности за реализиране на по-производителни режими на рязане. Тези фрези имат повишени експлоатационни възможности за сметка на усложняване на конструкцията. Предната им повърхнина е наклонена под ъгъл γ_f спрямо радиалното направление и под ъгъл ω спрямо оста на фрезата (фиг. 9.7.в - схема, фиг. 9.7.г - реална конструкция на фреза с двоен наклон на предната повърхнина).



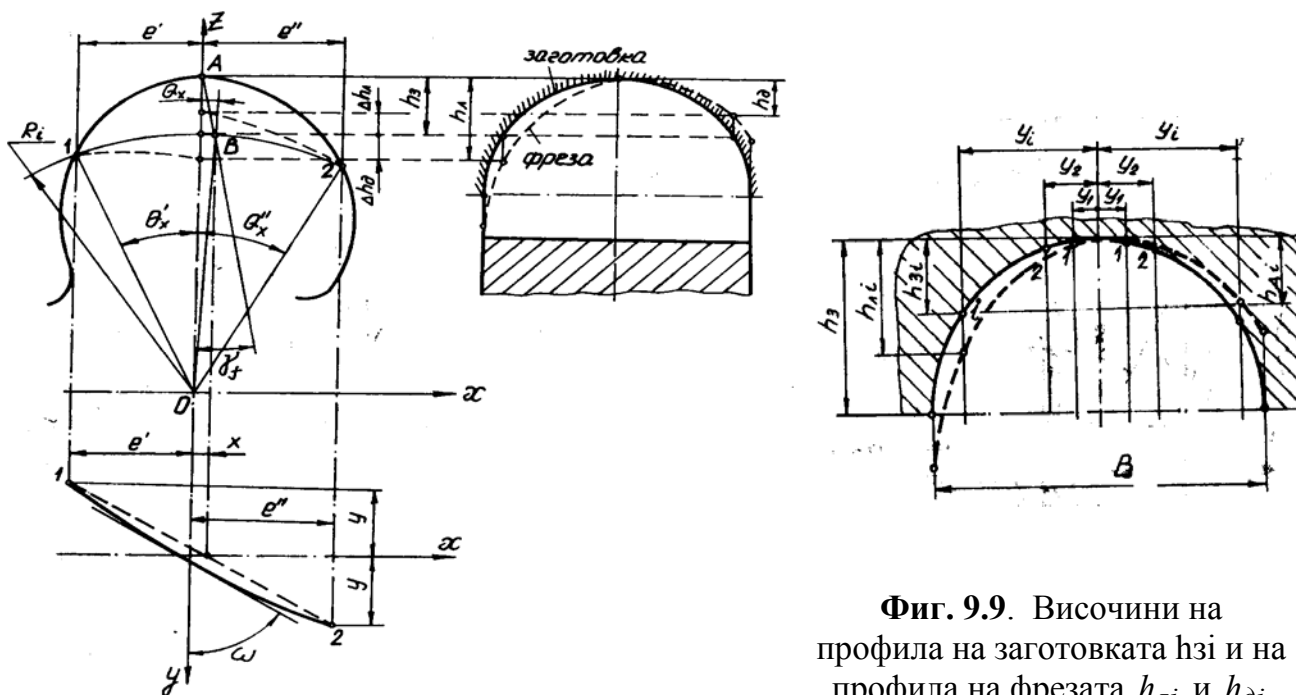
Фиг. 9.7. Профилни фрези с двоен наклон на предната повърхнина

На фиг. 9.7 са показани фрези с различно ориентирани предни повърхнини. В случай на прави стружкови канали $\gamma_f > 0^\circ, \omega = 0^\circ$ предният ъгъл е положителен за точките около върха, но за участъците със стойности на $\chi_r = 0^\circ$ той има нулеви стойности, независими от тази на базовата точка γ_f (фиг. 9.7.а).

При двоен наклон на предната повърхнина $\gamma_f > 0^\circ, \omega > 0^\circ$ и едностранно наклонени зъби точките от едната страна на профила получават положителни, а от

другата – отрицателни предни ъгли, което е неприемливо, реализират се и значителни сили по оста на фрезата (фиг. 9.7.б). При двоен наклон на предната повърхнина $\gamma_f > 0^\circ, \omega > 0^\circ$ и двустранно наклонени зъби (фиг. 9.7.в) всеки от зъбите работи с част от режещия си ръб, който има положителни предни ъгли, а частта с отрицателни предни ъгли се освобождава и не участва в рязането. Фрезата като цяло е пълнопрофилна, а всеки от зъбите работи с полупрофила си с известно припокриване във върховата част.

Схемата за аналитично профилиране на фреза с двоен наклон на предната повърхнина е представена на фиг. 9.8. Работи се в координатна система с начало в центъра на инструмента и оси „y” по оста на фрезата, „z” – перпендикулярна на нея и ос на симетрия на показания профил и „x” – перпендикулярна на другите две оси. Известни са външният радиус на фрезата R_a , радиусът на текущата точка R_i , предният и заден ъгли γ_f и α_f , вторият ъгъл на наклона на предната повърхнина ω , ширината на профила B , височината му – пълна H и в текущата точка h_{zi} , височината на затиловане k и броят на зъбите z . Търси се височината на профила на зъба за текущата точка на режещия ръб. Поредицата от тези точки формира профила на режещия ръб.



Фиг. 9.8. Схема за аналитично профилиране на фреза с двоен наклон на A_γ

Фиг. 9.9. Височини на профила на заготовката h_{zi} и на профила на фрезата h_{li} и h_{di}

За целта фрезата се разсича с цилиндрична повърхнина с радиус R_i , която пресича профила на зъба в точки 1 и 2, радиус-векторите на които сключват с ос z ъгли съответно θ_x^I и θ_x^{II} . Предната повърхнина, прокарана под ъгъл γ_f относно Oz пресича цилиндричната повърхнина в челно сечение в т. В, намираща се на разстояние x от Oz . При положение, че е известно разстоянието „y” от крайните точки на профила до оста Oz в равнината xz могат да се определят разстоянията

$$e^I = y \cot \alpha_n \varpi - x; \quad e^{II} = y \cot \alpha_n \varpi + x; \quad x = R_i \sin \theta_x,$$

където от синусовата теорема за $\triangle ABO$ се определят:

$$\frac{R_a}{\sin[180^\circ - (\theta_x + \gamma_f)]} = \frac{R_i}{\sin \gamma_f} \quad \text{и} \quad \theta_x = \arcsin\left(\frac{R_a}{R_i} \sin \gamma_f\right) - \gamma_f.$$

Затиловането на зъбите в равнината zx по архимедова спирала причинява промяна на височините на лявата и дясна страни на профила на фрезата относно височината на профила на заготовката, съответно с Δh_l и Δh_r , определяни по формулите:

$$\sin \theta_x^I = \frac{e^I}{R_i} \qquad \sin \theta_x^{II} = \frac{e^{II}}{R_i}$$

$$\Delta h_l = \frac{\kappa z}{360^\circ} \theta_x^I \qquad \Delta h_r = \frac{\kappa z}{360^\circ} \theta_x^{II}$$

Височината на профила на фрезата за лявата и дясна част на режещия ръб е

$$h_{li} = h_{zi} + \Delta h_l \qquad h_{ri} = h_{zu} - \Delta h_r.$$

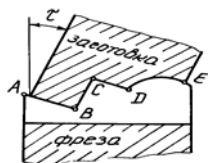
При така изчислените стойности на профила за радиус на цилиндричното сечение 1 (фиг. 9.9) се получават двете стойности на височината на профила на фрезата h_{l1} и h_{r1} . При стойности на $y = y_2$ се определят височините на профила h_{l2} и h_{r2} и т.н. За стойности на y от 0 до $0,5B$ височините на заготовката се изменят от 0 до h_3 , като стойностите за всяко y са еднакви за лявата и дясната част на профила, а съответните стойности на h_{li} и h_{ri} са различни.

Симетричният профил на заготовката се обработва от инструмент, чийто режещ ръб е с несиметричен профил. При несиметричен профил на заготовката изчислителните сечения се прокарват през разстояния y от едното чело на фрезата до другото.

Горните зависимости могат да се използват и за профилиране на фрези с един наклон на предната повърхнина, когато $\omega = 0^\circ$ и $\gamma_f > 0^\circ$. При достатъчни минимални стойности на главния установъчен ъгъл χ_{ri} за текущата точка от режещия ръб, такова разположение на предната повърхнина също може да даде добри резултати. В този случай при симетричен профил на детайла профилът на фрезата е също симетричен, но с по-голяма височина от тази на заготовката, а подаването се разпределя между всички последователни зъби, докато при фрези с освободени части от режещите ръбове то е през зъб.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Профилните фрези с острозаточени A_α **имат предимство** пред затилованите по отношение на: а/ запазване на профила след презаточване
б/ производителност
в/ технологичност



2. Обработването на показаната наклонено установена заготовка с радиално затилована фреза **има недостатък** по отношение на фрезването с инструмент с ъглово затиловане:

- а/ по отношение на точност
- б/ по производителност
- в/ по технологичност на операцията фрезване

3. Профилната фреза от металокерамика **не може** да бъде: а/ с положителен γ_f
б/ с кръгова форма на A_α в/ със затилована по спирала A_α

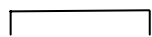


4. Как се установява откритостта на показания профила в направление на ъгловото затиловане, осигуряващо положителни задни ъгли за участъка ВС на призматичната заготовка?

5. Профилна фреза от кубичен борен нитрид **не може** да бъде:

а/ с положителен γ_f б/ с острозаточена A_α в/ с радиално затилована A_α

6. Дисковата фреза с голяма ширина, обработващи показания профил и работеща с малка a_p е изгодно да бъде:



а/ с един наклон на A_γ , осигуряващ $\gamma_f > 0$ б/ с един наклон на A_γ , осигуряващ $\omega > 0$ в/ с два наклона на A_γ и $\gamma_f > 0$, $\omega > 0$

7. Профилните фрези с обръщащи се зъби **не могат** да бъдат:

а/ дискови б/ със затиловани по спирала зъби в/ червячни

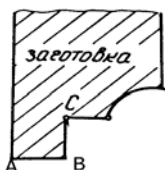
8. Дисковите фрези с показания профил, работещи с голяма a_p е изгодно да бъдат:



а/ с един наклон на A_γ , осигуряващ $\gamma_f > 0$
б/ с един наклон на A_γ , $\omega > 0$ в/ с два наклона на A_γ , $\gamma_f > 0$, $\omega > 0$

9. Профилни фрези с двоен наклон на предната повърхнина $\gamma_f > 0$ и $\omega > 0$ имат предимство пред тези с един наклон на A_γ когато е:

а/ необходимо да се осигури по-голяма точност б/ инструментът трябва да е по-евтин
в/ когато е необходимо за всички точки от режещия ръб да се осигурят ъгли $\gamma_o > 0$



10. Показаният призматичен профил **може** да бъде обработен с:

а/ нож с тангенциално подаване б/ радиално затилована фреза
в/ ъглово затилована фреза

11. Профилните фрези с двустранно ъглово затиловани профили

а/ не могат да се презаточват б/ могат да се презаточват във всички случаи
в/ могат да се презаточват само при сглобяеми и регулируеми по ширина на зъби

12. Профилните фрези с кръгова форма на задната повърхнина могат да бъдат:

а/ само монолитни б/ само сглобяеми в/ само от инструментална стомана

13. Профилните фрези с кръгова форма на задната повърхнина могат да се презаточват а/ само по предната повърхнина б/ само по задната повърхнина
в/ по предна и по задна повърхнини

14. Профилните фрези с двоен наклон на предната повърхнина имат предимства пред тези с един наклон а/ във всички случаи

б/ при обработване на материали с голяма твърдост и якост

в/ при обработване на профили, разположени перпендикулярно на оста на фрезата

15. При фрезование на полукръгъл вдъбнат профил на заготовката профилът на режещия ръб на фрезата с двоен наклон на предната повърхнина е

а/ симетричен вдъбнат б/ несиметричен изпъкнал в/ симетричен изпъкнал