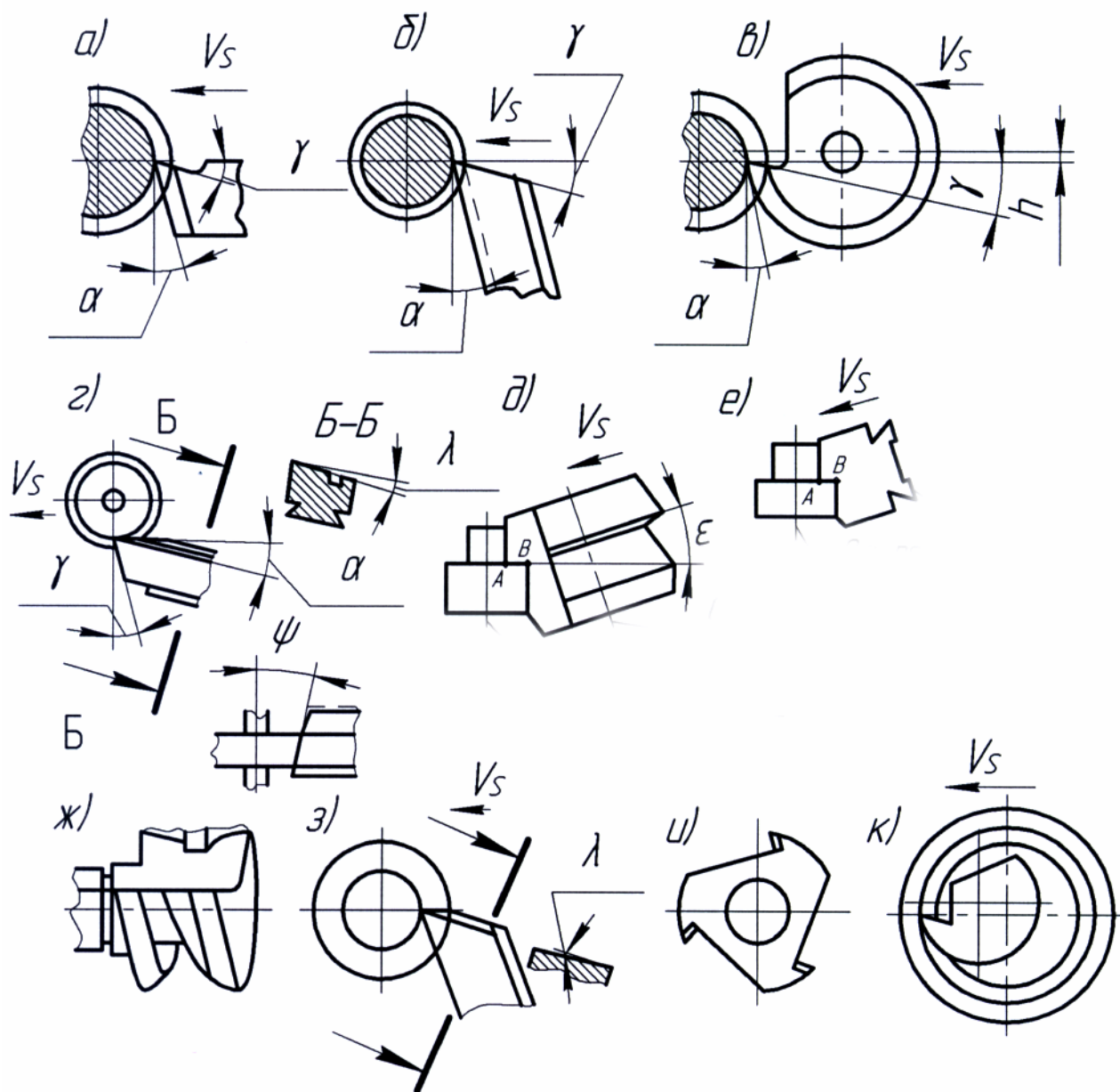


ТЕМА 7. ПРОФИЛНИ НОЖОВЕ

Профилните ножове са предназначени за обработване на ротационни заготовки с дължина до 80 mm, степен на точност над 7 и грапавост над Ra 1,25 μm . Тези специални, сложни и скъпи инструменти, чието приложение е да обслужват едросерийното и масово производство, осигуряват висока производителност, надеждност и лесно автоматизиране на обработката, която се осъществява по правило върху стругови автоматизирани машини и по изключение върху универсални стругове. Самите инструменти се проектират и произвеждат за определен обработван материал и конкретна заготовка в условията на единично производство.



Фиг. 7.1. Видове профилни ножове

Разнообразието на ножовете е голямо:

- според формата на тялото – призматични (фиг. 7.1.а,б) и кръгли(фиг. 7.1.в,к);
- според ориентацията на предната повърхнина спрямо основната равнина, характерна за базовата точка – с един (фиг. 7.1.б) и с два наклона (фиг. 7.1.з) на предната повърхнина (в равнините P_f и P_p);

- според разположението на базите (посоката на подавателното движение е перпендикулярна на базите) относно оста на заготовката – с успоредни (фиг. 7.1.а,б) и наклонени (фиг. 7.1.д,е) бази;

- според установяването на базовата точка спрямо височината на центрите и посоката на подавателното движение – с радиално и с тангенциално подаване (фиг. 7.1.г);

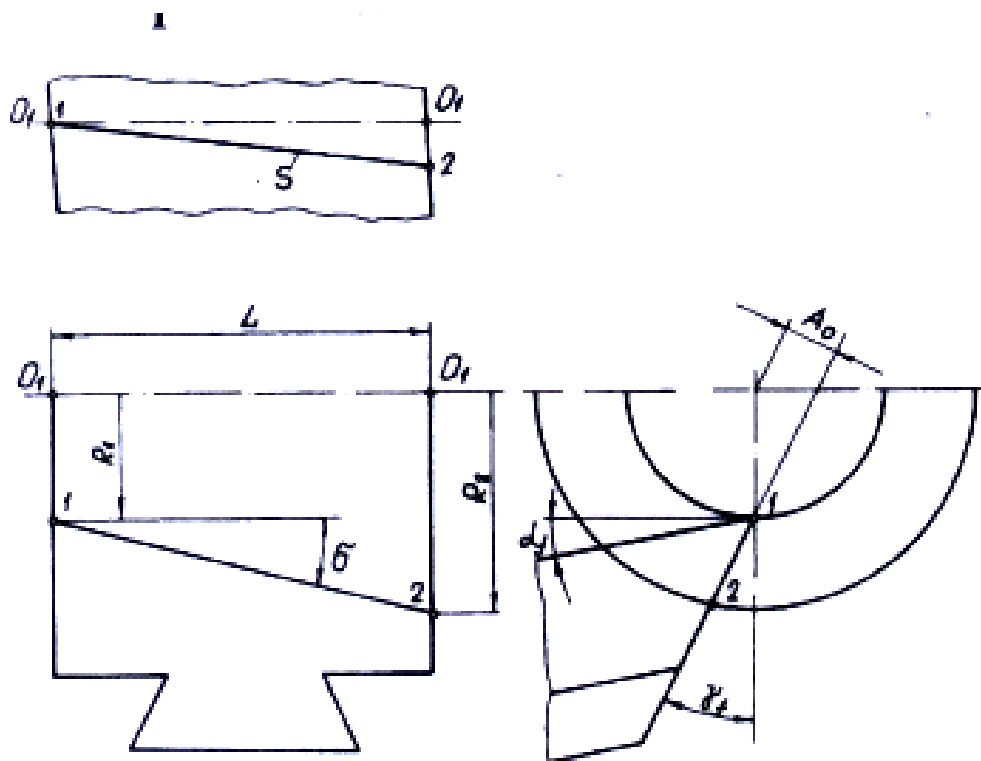
- според формата на образуващите на профилните задни повърхнини на ножа – с пръстеновидни (фиг. 7.1.д) и с винтови (фиг. 7.1.ж) образуващи.

В дисциплината „Металорежещи инструменти” са изучени някои най-често срещани представители – призматични и кръгли ножове с един наклон на предната повърхнина, с успоредни бази, с радиално подаване и пръстеновидни образуващи. Тук ще се разгледат останалите представители.

1. Профилни ножове с двоен наклон на предната повърхнина

1.1. Грешки при обработване на конусни повърхнини с профилни ножове

Всички праволинейни участъци на ротационните заготовки могат да се разглеждат като конусни, с ъгъл между оста и образуващата на конуса от 0° за цилиндричните участъци до 90° за челните равнини. За да се обработи правилно една конусна повърхнина е задължително праволинейният режещ ръб на ножа да бъде една от образуващите конуса прави линии. Често по технологични причини това условие не може да бъде спазено и се получават грешки при формирането на конусната повърхнина.



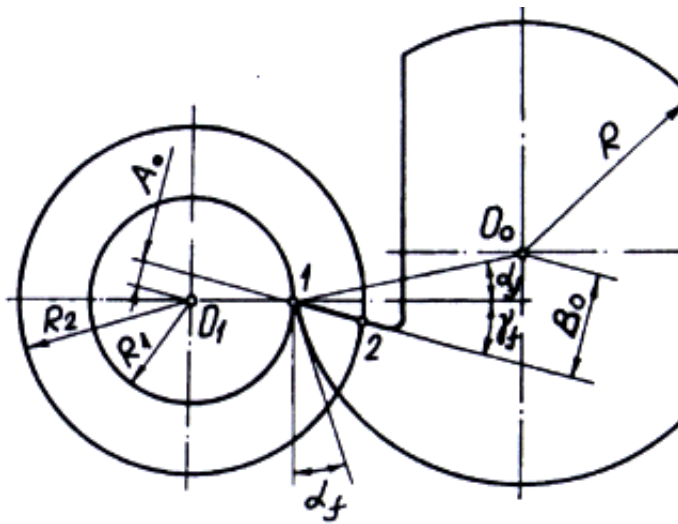
Фиг. 7.2. Контакт на призматичен нож и конусна заготовка

На фиг. 7.2 е показан контактът на призматичен нож с конусната част 1-2 на заготовката, характеризираща се с ъгъл σ на образуващата на конуса. Базовата точка 1 е установена на височината на центрите на заготовката. Поради наличието на положителен преден ъгъл γ_f всички останали точки от режещия ръб 1-2 са разположени по-ниско, като режещият ръб е права, кръстосана с оста на заготовката O_1O_1 . За да бъде правилно оформена конусната повърхнина на заготовката е необходимо режещият ръб и оста и да лежат в една равнина (A_γ). При кръстосано разположение на двете линии правият режещ ръб на ножа формира заготовка с определена вдлъбнатина на профила Δ_1 , чиито размер зависи от ъглите σ и γ_f и дължината на конусния участък L .

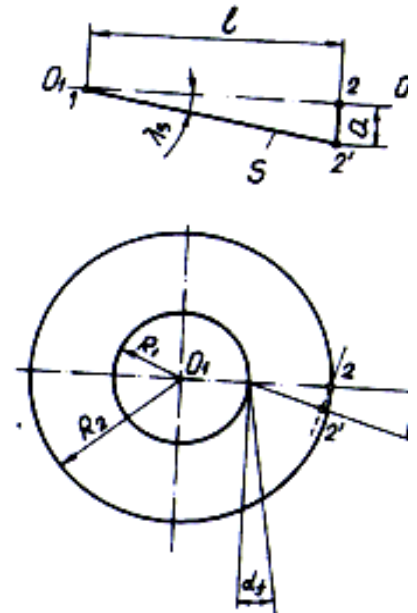
За да се елиминира тази грешка е необходимо режещият ръб и оста на заготовката да лежат в равнината A_γ , т.е. $A_0 = 0$, което е възможно само при стойност $\gamma_f = 0^\circ$ и при ножове с двоен наклон на предната повърхнина.

При кръглите ножове освен грешката Δ_1 се наблюдава и втора грешка Δ_2 , по-голяма по стойност от първата, дължаща се на това, че режещият ръб на ножа, образуван като пресечница на конусната задна повърхнина с равнината A_γ ,

разположена на разстояние B_0 от оста на конусната повърхнина на ножа (фиг. 7.3) не е права линия, а част от хипербола, внасяща допълнителна грешка във формата на заготовката. За да липсва тази грешка е необходимо A_γ да минава през оста на ножа, т.е. $\gamma_f = -\alpha_f$, което не е реално. По тази причина при изисквания за получаване на точни конусни повърхнини се използват само призматични ножове.



Фиг. 7.3. Контакт на кръгъл нож с конусна заготовка



Фиг. 7.4. Ориентиране на S по образуващата на конуса

Ножовете с двоен наклон на предната повърхнина са призматични ножове, предназначени за обработване на точни конусни участъци върху заготовките. За да се избегне грешката Δ_1 , дължаща се на наличието на положителния преден ъгъл γ_f , всички точки от режещия ръб 1-2 се поставят на височината на центрите чрез издигане на точка 2' до нивото на точка 2 (на височината на центрите на детайла), при което режещият ръб става образуваща на конусната повърхнина на заготовката (фиг. 7.4). При това предната повърхнина получава втори наклон λ_s , измерван в равнината на рязане. Стойността му се изчислява по формулата

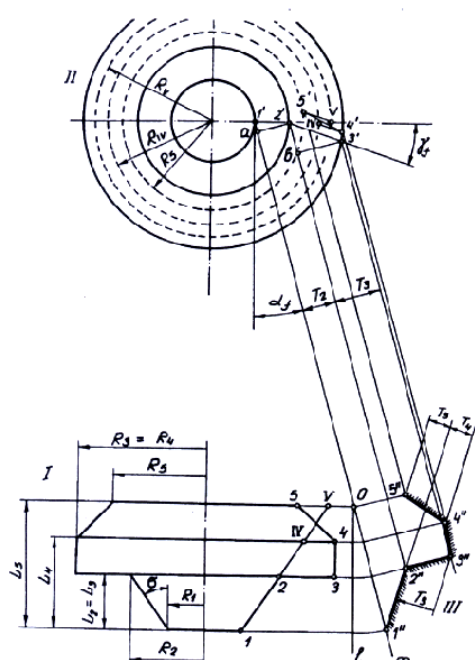
$$\tan \lambda_s = \frac{a}{l} = \frac{(R_2 - R_1) \sin \gamma_f}{l}$$

1.2. Графично профилиране

Графичното профилиране се извършва в мащаб 10:1...100:1 и служи за проверка на резултатите от аналитичното профилиране, при което могат да се получат груби

технически грешки. На фиг. 7.5 е показан профилът на заготовката с възлови точки 1-6. Базовата линия 1-2-IV-V лежи на височината на центрите на заготовката. Помощните точки IV и V лежат в радиални сечения, прокарани през съответните възлови точки на профила на детайла 4 и 5.

На горната проекция са построени окръжности с радиусите на съответните точки R_i . Точките от базовата линия 1^I 2^I IV^I и V^I лежат на височината на центрите. От тях до съответните окръжности се прекарват прави под ъгъл γ_f до пресичането им в съответните възлови точки i^I . При това възловите точки, лежащи между базовата линия и оста на заготовката се разполагат над центрите (т.5), а външно разположените точки – под нея. Така се получават точките 1^I - 6^I от втората проекция. Съединяващата ги линия е профилът на режещия ръб в равнината P_f .



Фиг. 7.5. Графично профилиране на нож с двоен наклон на предната повърхнина

Координатите на точките от нормалното сечение на профила i^{II} се намират в третата проекция (долу в дясно). В проекция II се прекарват задните повърхнини през съответните възлови точки под ъгъл α_f спрямо вертикалата. От крайната точка 5 в проекция I се прекарва помощната линия 5-0 в направление на подавателното движение до пресичане с A_α , прекарана през базовата точка 1^I . Строи се помощна линия О-1, перпендикулярна на подавателното движение (успоредна на оста на заготовката). Точки i^{II} от нормалното сечение на профила се намират като геометрично място на две линии: първата е прекарана от i^I успоредно на A_α , втората е линия, спусната от т. i до О-1 в направление на подаването, пресечната и точка с О-1 се завърта около О до

A_α , откъдето се прекарва линия, перпендикулярна на A_α , върху която лежи търсената точка i^{II} . Дълбочините на профила в нормално сечение се измерват спрямо базовата линия 1^{II} - V^{II} . Последователното съединяване на точки i^{II} дава търсения профил на режещия ръб в нормално сечение.

1.3. Аналитично профилиране

Аналитичното профилиране дава възможност изчислителната работа да се извърши с желана точност. След анализиране на крайните резултати конструкторът може да замени или не отделните части на режещия ръб с по-технологични линии – прави или дъги от окръжност.

Исходни данни за проектирането са радиусите и дължините на отделните участъци на заготовката R_i и L_i , ъглите на режещата част на ножа за базовата точка γ_f и α_f и изчислената по-горе стойност на втория наклон на предната повърхнина λ_s . Ординатите на профила на точките от режещия ръб по предна повърхнина C_i се определят по известните зависимости за ножове с един наклон на предната повърхнина, поради което тук ще бъдат приети за даденост. Предмет на профилирането е определяне дълбочините на профила за възловите точки от нормалното сечение на профила T_i .

От триъгълниците $1^1 2^1 a$, $2^1 3^1 b$ и т.н. на фиг. 7.4 се определят зависимостите:

$$T_2 = (R_2 - R_1) \cos \alpha_f,$$

отнасяща се за базовата точка 2, а за всички останали точки зависимостта е

$$T_i = C_i \cos(\gamma_f + \alpha_f).$$

Използването на двоен наклон на предната повърхнина осигурява точност само за един конусен участък от профила на заготовката (в случая 1-2). Наклоненият под втори ъгъл режещ ръб влошава точността на цилиндричната част 3-4 и на втората конусна част 4-5. За да бъдат точни и тези участъци е необходимо ръбът 3-4 да се оформи с ъгъл $\lambda_s = 0^\circ$, а ръбът 4-5 да има втори наклон в обратна посока, която да гарантира режещият ръб да бъде образуваща на втория конус. При такова решение предната повърхнина престава да бъде равнина, а сложна повърхнина, състояща се от отделни участъци, което я прави нетехнологична и трудна за изработване и презаточване.

2. Профилни ножове с наклонено разположение на базите и с винтови образуващи

Такива профилни ножове се използват, когато заготовката има значителни по размери участъци, перпендикулярни на оста и. Обработващите ги режещи ръбове имат главни установъчни ъгли $\chi_r = 0^\circ$ и нулеви стойности на задните главни ъгли. При работа в тези участъци се наблюдава интензивно триене на заготовката по главната задна повърхнина на ножа, катастрофално износване на инструмента и влошаване качеството на обработената повърхнина. Приложението на ножове с наклонени бази изисква машините да имат възможност за реализиране на автоматично подавателно движение наклонено под ъгъл $5^\circ-15^\circ$ спрямо напречното подаване. Под такъв ъгъл се прокарва базовата линия (фиг. 7.6 и 7.7), а подавателното движение е перпендикулярно на нея.

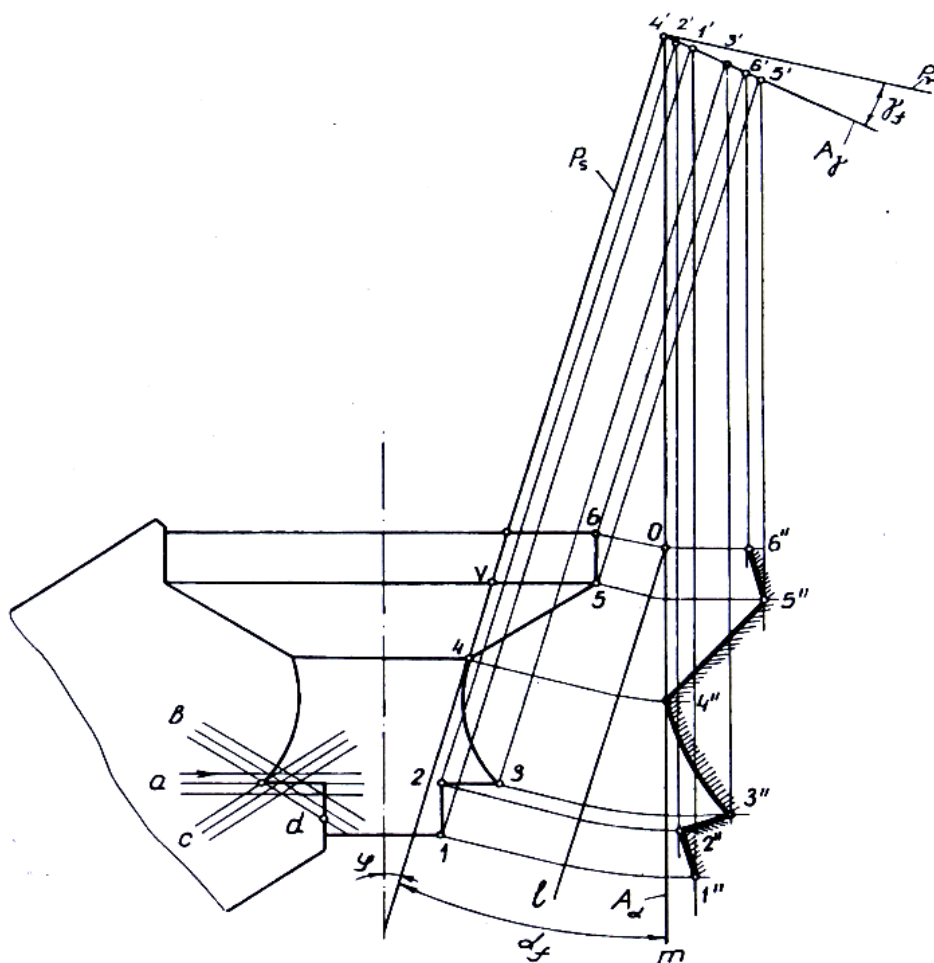
След избирането на стойността на ъгъла на наклона на подаването се определя и посоката на разположението на базовата линия относно заготовката чрез проверка на откритостта на профила в определената посока на подаване. Профилът е обработваем (открит), когато всички линии, спуснати към него в направление на подавателното движение го пресичат само в една точка (фиг. 7.6). Пресичането на контура на заготовката в две или повече точки е признак, че профилът е закрит (необработваем) в определеното направление. На фиг. 6.6 профилът е обработваем в направление “с”, в направление “а” режещият ръб има нулеви установъчни ъгли за участъка 2-3, а в направление “в” ножът не може да обработи участъка 1-2-3, в който ще се получи контур 1-d-3. Съответно възможна е работата с базова линия нормална на “с” и е невъзможно да се използват базови линии, перпендикулярни на посоките “а” и “в”.

Базовата линия се прокарва така, че да мине през поне една точка от профила на заготовката, а всички останали точки да останат от външна страна спрямо оста на заготовката. Това осигурява тези точки да бъдат разположени под линията на центрите и ножът да има работоспособност по геометричен признак.

2.1. Графично профилиране

Графичното профилиране по предна повърхнина се извършва в равнината, прекарана през базовата точка 4 (фиг. 7.6). Продължението на базовата линия е равнината на рязане P_s . През т. 4 се прекарва основната равнина $P_r \perp P_s$, определят се

направленията на предната повърхнина A_γ под ъгъл γ_f спрямо P_r и на задната повърхнина A_α под ъгъл α_f спрямо P_s . Възловите точки i от профила на заготовката се проектират успоредно на P_s до точки i^I , лежащи на A_γ .



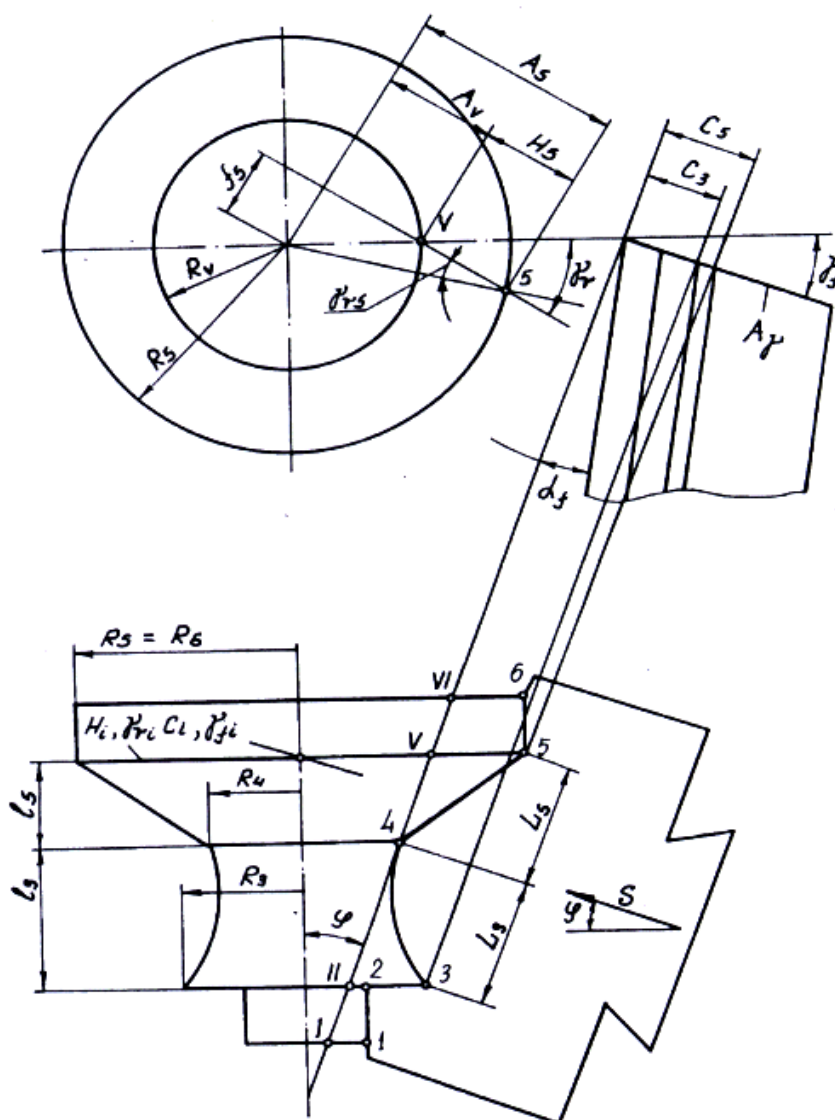
Фиг. 7.6. Графично профилиране на профилен нож с наклонени бази

От крайната точка 6 на заготовката се спуска помощна линия 6-О, перпендикулярна на базовата линия до пресичане с A_α в т. О. Всички точки i от профила се проектират по посока на подавателното движение (успоредно на 6-О) до помощната линия ОI, успоредна на избраната базова линия, проекциите им се завъртат около О до Om и продължават в линии, перпендикулярни на A_α . Точките от нормалното сечение на профила на ножа i^{II} лежат върху пресечниците на тези перпендикулярни линии с линиите, спуснати от точки i^I успоредно на A_α .

2.2. Аналитично профилиране

При аналитично профилиране на ножовете с наклонени бази параметрите на заготовката се задават в осовото и сечение. Това са радиусите R_i и дължините на

отделните участъци l_i , измервани от базовата точка 4 (фиг. 7.7). Базовата линия пресича радиалните сечения, прекарани през възловите точки в съответните им точки I-VI, разположени на височината на центрите. Геометричните параметри на ножа *в радиално направление* относно заготовката са: дълбочина на профила по предна повърхнина H_i , радиален преден γ_r и заден α_r ъгли на ножа. *В направление на подавателното движение* са известни ъглите на режещата част, измервани спрямо собствената база на ножа γ_f и α_f . Търсят се дълбочините на профила по предна повърхнина C_i , измервани в равнината на подавателното движение P_f .



Фиг. 7.7. Аналитично профилиране на нож с наклонени бази

Между ъглите γ_f и γ_r , измерани в съответните равнини, съществува връзката

$$\tan \gamma_r = \tan \gamma_f \cos \varphi,$$

а между дълбочините на профила в радиално направлени H_i и по подаването C_i е

$$C_i = \delta H_i = \frac{\cos \gamma_r \cos \varphi}{\cos \gamma_f} H_i.$$

Особеностите на профилирането на ножовете с наклонени бази се изразява в профилирането по предна повърхнина, като за точките с по-малки поредни номера от тази на базовата точка 4 се извършва по едни зависимости, представени по-долу за т. 3, а за точките с по-голям пореден номер – по други зависимости, представени по-долу за т. 5. Това се отнася за определяне на ординатите C_i на профила по предна повърхнина и за дължините L_i на отделните участъци на ножа, които се различават от дължините l_i на съответните участъци на заготовката за разлика от ножовете с успоредни бази.

За определяне на дълбочините на профила за двете групи възлови точки се използват зависимостите:

за т. 3

$$H_3 = A_3 - A_{III}$$

$$A_{III} = R_{III} \cos \gamma_r$$

$$A_3 = R_3 \cos \gamma_{r3}$$

$$\sin \gamma_{r3} = \frac{f_3}{R_3} = \frac{R_{III} \sin \gamma_r}{R_3}$$

$$R_{III} = R_4 - l_3 \tan \varphi$$

$$C_3 = \delta H_3.$$

за т. 5

$$H_5 = A_5 - A_V$$

$$A_V = R_V \cos \gamma_r$$

$$A_5 = R_5 \cos \gamma_{r5}$$

$$\sin \gamma_{r5} = \frac{f_5}{R_5} = \frac{R_V \sin \gamma_r}{R_5}$$

$$R_V = R_4 + l_5 \tan \varphi$$

$$C_5 = \delta H_5.$$

За определяне на дължините на участъците на ножа за двете групи възлови точки се използват зависимостите:

за т. 3

$$L_{III} = \frac{l_3}{\cos \varphi} - H_3 \cos \gamma_r \sin \varphi$$

за т. 5

$$L_V = \frac{l_5}{\cos \varphi} + H_5 \cos \gamma_r \sin \varphi$$

След определяне на C_i и L_i координатите на възловите точки на профила в нормално сечение T_i се определят по познатите зависимости за профилиране на ножове с успоредни бази.

Ножовете с винтови образуващи се използват в случаите, когато се налага използване на ножове с наклонени бази, но машините нямат възможност за

осъществяване на подавателно движение под наклон спрямо радиалното направление на заготовката. Тогава инструментите се изработват с малки ъгли на подема на образуващите ($5^{\circ} \dots 10^{\circ}$), дължините на участъците на режещия ръб са еднакви с дължините на съответните участъци на заготовката, подаването е в радиална относно заготовката посока, а габаритната дължина на ножа е по-голяма от тази на заготовката поради наклона на образуващите на профила.

Съществени предимства на аналитичното и графично профилиране се проявяват при автоматизираното проектиране на профилни ножове в компютърна среда, чиито принципи са изложена тук, а програмните продукти дават възможности за многократно ускоряване на процеса, изключване на технически грешки и оптимизиране на конструкциите по определени параметри.

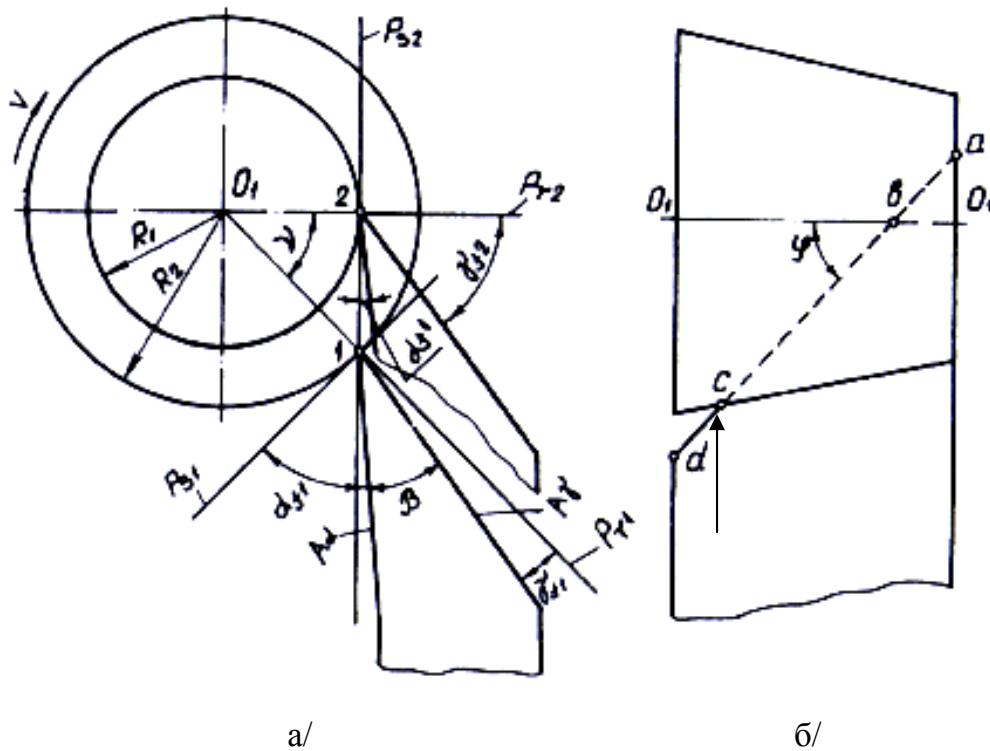
3. Особенности на профилните ножове с тангенциално подаване

Заготовките с голяма дължина, относително малки дълбочини на профила и в условия на недостатъчно стабилни технологични системи или недостатъчно мощни машини се обработват с ножове с тангенциално подаване. При тях режещият ръб се установява под центрите, допирателно към точката от заготовката, характеризираща се с най-малък радиус. Подавателното движение е тангенциално към тази окръжност. Режещият ръб е формиран под ъгъл φ относно оста, с което се намалява дължината на едновременно участващия в рязането участък от него. На фиг. 7.8.б участъкът “аб” е завършил работата си, участъкът “cd” още не е навлязъл в зоната на рязане, а в показания момент работи значително по-късия участък “bc”. При тази кинематика ходът за обработване е значително по-дълъг, но силите на рязане са по-малки от тези, характерни за ножове с радиално подаване.

Характерна особеност на тангенциалното струговане е голямата промяна на задните и предни ъгли по време на един работен ход (фиг. 7.8.а). В момента на връзване (т.1) предният ъгъл има минимална стойност, която постоянно нараства до момента на излизане от зоната на рязане (т.2). През това време задният ъгъл постоянно намалява. Промяната се дължи на постоянната промяна на разположението на основната равнина и равнината на рязане.

За осигуряване на определена якост на инструмента и определени гранични стойности на ъглите на режещата част е прието:

$$\alpha_{\min} \geq 3^{\circ}, \gamma_{\min} \geq 0^{\circ}, \beta_{\min} \geq 45^{\circ}.$$



Фиг. 7.8. Кинематика при профилно струговане с тангенциален нож

Характерният параметър v , свързан с относителната дълбочина на профила се определя от зависимостта

$$v = ar \cos\left(\frac{R_{\min}}{R_{\max}}\right),$$

като граничната му стойност е

$$v_{\max} = 90^{\circ} - \beta_{\min} - \alpha_{\min} - \gamma_{\min} = 42^{\circ},$$

от където следва ограничението за относителната дълбочина на рязане

$$R_{\min} = R_{\max} \cos 42^{\circ} = 0,74R_{\max},$$

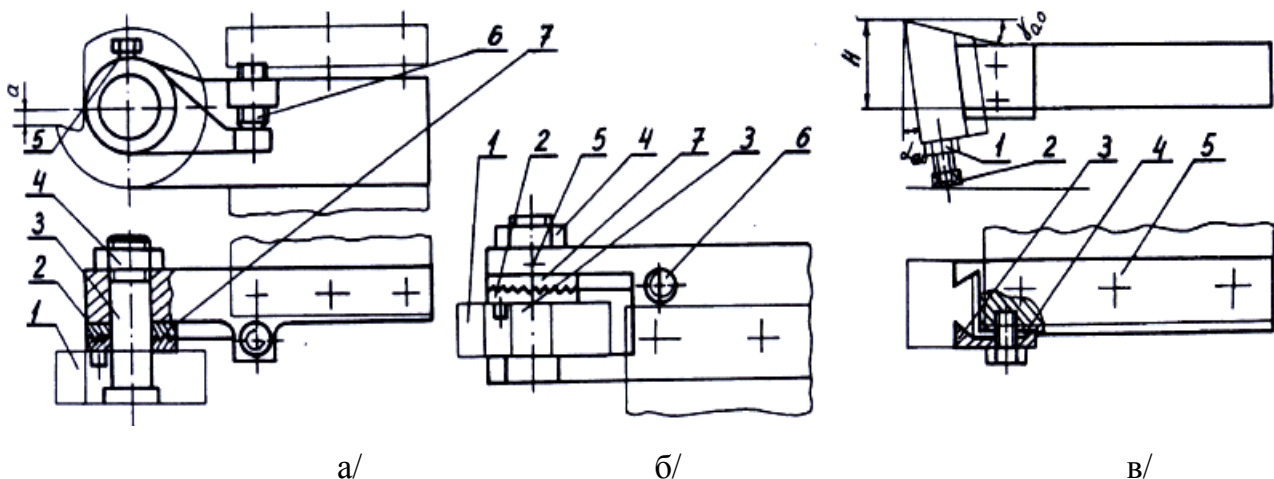
т.е. дълбочината на профила не трябва да превишава 26% от максималния му радиус.

4. Устройства за закрепване и регулиране на профилните ножове

Профилните ножове се установяват в държачи по равнини (призматичните) и по цилиндрични отвори (кръглите). Регулирането на положението на режещия ръб спрямо заготовката се извършва при всяко установяване на ножа с цел поставяне на базовата му точка на височината на центрите, което е необходимо за запазване стойностите на предните и задни ъгли, респективно профила на заготовката при

обработването и.

При кръглите ножове с една (фиг. 7.9.а) и с две опори (фиг. 7.9.б) грубото регулиране се извършва чрез завъртане през зъб на ножа 1 относно шайбата с удължено рамо и челни зъби 2. Точното безстепенно регулиране се извършва при разхлабена гайка 4 чрез винта 6, завъртащ шайба 7, шайба 2 и нож 1 около фиксирания чрез винт 5 срещу завъртане около оста си дорник. След установяване на необходимото разстояние "а" гайка 4 се фиксира. Елементите, осигуряващи регулирането на върха на ножа по височина изпълняват и функции на опора, чрез която се противодейства на момента, създаден от главната сила на рязане, стремящ се да завърти ножа около дорника. Аналогична е конструкцията на фиг. 6.9.б с разликата, че дорникът е базиран в две опори, между които са разположени 2 и 7.



Фиг. 7.9. Устройства за установяване на профилни ножове в универсални машини

а/ кръгъл с една опора б/ кръгъл с две опори в/ призматичен

Регулирането на положението на призматичния радиален нож (фиг. 7.9.в) се извършва чрез преместването му по лястовичите направляващи 3 на държача при освободени винтове 4. След завиването на 4 регулируемата опора, състояща се от винт 2 и гайка 1, осъществява силовата връзка на ножа със супорта и поема главната сила на рязане.

При тангенциалните ножове (фиг. 7.10) регулирането се извършва така, че върхът да е под центрите на разстояние, равно на минималния диаметър на заготовката d_{\min} . При развити винтове 2 с помощта на винтовете 3 и клина 5 върхът се установява на това разстояние.

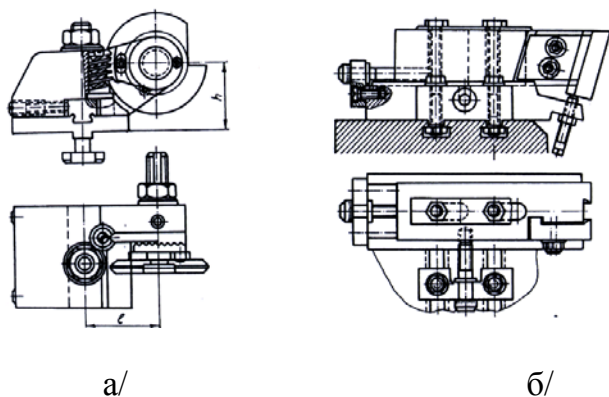
По правило профилните ножове се установяват върху стругови автоматизирани машини. Те обикновено имат маси с „Г” образни канали за присъединяване на екипировката.

Приспособлението за закрепване на призматични ножове (фиг. 7.11.б) има долна и горна части, разрешаващи установъчни премествания с микрометрични винтове на ножа към заготовката в радиално и надлъжно направление.

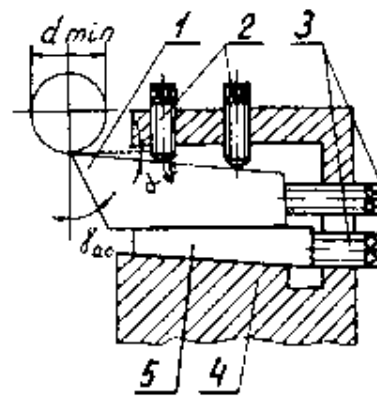
Показаната конструкция на държач за кръгъл нож (фиг. 7.11.а) дава възможност за използване на ножа върху супорт както пред заготовката (показаното положение), така и на заден супорт, когато предната повърхнина на ножа се установява надолу, за да може инструментът да работи при посока на въртеливото движение на заготовката отдолу нагоре.

Регулируемата винтова опора, която при универсалните машини е част от инструмента, тук конструктивно е обособена като част от приспособлението, но изпълнява същите две функции.

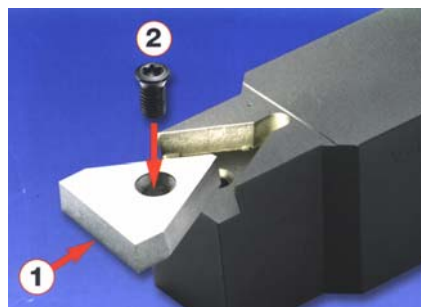
Сглобяемите ножове с металокерамични режещи части (фиг. 7.12) използват специални пластини с възможности за изрязване на работния профил. Те се закрепват в стандартните ножодържачи на струговите машини.



Фиг. 7.11. Установяване върху стругов автомат на а/ кръгли б/ призматични ножове



Фиг. 7.10. Установяване на тангенциален нож



Фиг. 7.12. Сглобяем профилен призматичен нож 1-заготовка за режещ металокерамичен елемент 2 – скрепителен винт

Презаточването на профилните ножове се извършва по начин, осигуряващ запазване на ъгъла $\alpha_f + \gamma_f$, при което след установяване се запазват и отделните стойности на всеки от двата ъгъла, което е необходимо и за запазване точността на произвеждания профил. Презаточването се извършва по простата предна повърхнина – за призматичните ножове успоредно на старата, а за кръглите – в направление допирателно към технологична окръжност с радиус R_0 (фиг. 7.2).

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. За тангенциалните профилни ножове **не е характерно**:

а/ работа с големи дълбочини на профила б/ промяна на γ_f и α_f на

всеки ход

в/ обработване на дълги заготовки от дърво

2. Какви профилни ножове се използват при струговане на заготовки **с радиални**

участъци: а/ с два наклона на A_γ б/ с наклонени бази в/ тангенциални

3. При презаточване на **кръгли профилни** ножове новата A_γ е ориентирана:

а/ успоредно на старата задна повърхнина б/ успоредно на старата A_γ

в/ в направление, осигуряващо запазване на сумата $\alpha_f + \gamma_f$

4. При профилно струговане с **нестабилни технологични системи** се

препоръчват ножове: а/ с два наклона на предната повърхнина б/ с наклонени бази

в/ тангенциални

5. Какви профилни ножове се използват за обработване на **точни конусни**

повърхнини: а/ с два наклона на на предната повърхнина

б/ с два наклона на на задната повърхнина в/ тангенциални

6. Винтовите опори, свързващи профилните ножове с корпуса на машината **не се**

използват за: а/ регулиране на върха относно центрите на машината б/ силова опора

в/ осигуряване на по-голяма точност на обработката

7. Надлъжните размери на профилния нож се различават от съответните

надлъжни размери на заготовката при: а/ ножовете с радиално подаване

б/ ножовете с тангенциално подаване в/ ножовете с наклонени бази

8. Обяснете устройството и функционирането на държачите за профилни ножове

от фиг. 6.10.

9. С двоен наклон на предната повърхнина се характеризират: а/ ножовете за обработване на нестабилни детайли б/ ножовете за обработване на точни конуси
в/ ножовете от металокерамика

10. С последователно влизане и излизане на различните точки от режещия ръб на профилния нож от зоната на рязане през цялото време на обработка се характеризират: а/ тангенциалните ножове б/ ножовете за обработване на точни конуси
в/ ножовете от металокерамика



11. Как се установява направлението на подаване на ножа и откритостта на профила на ротационната заготовка при струговането и с профилен нож с наклонени бази, осигуряващо положителни задни ъгли за участъка ВС?

12. САМОСТОЯТЕЛНА ДОМАШНА РАБОТА

Влезте в Интернет, разгледайте страниците на 3 фирми, производители на режещи инструменти, 2 от България и една чуждестранна и направете презентация във формат PPT в обем до 10 страници.