

ТЕМА 10. ЗЪБООБРАБОТВАЩИ ИНСТРУМЕНТИ С ПОВИШЕНИ ЕКСПЛОАТАЦИОННИ ВЪЗМОЖНОСТИ

Инструментите за обработване на цилиндрични зъбни колела с еволвентен профил са сложни и скъпи. Те са широко разпространени в машиностроителната практика. При тази група инструменти е най-голям относителният дял на инструментите в общите разходи за извършване на технологичната операция зъбонарязване. В дисциплината „Металорежещи инструменти” са разгледани класическите представители на зъбонарезните инструменти, работещи чрез копиране и центроидно обхождане. Тук ще се разгледат представители на тази група инструменти, характеризиращи се с по-големи експлоатационни възможности (производителност, трайност, точност, възможност за обработване на закалени заготовки и др.).

1. Червячни фрези с повишени експлоатационни възможности

При работа на червячните фрези натоварването на отделните зъби и режещи ръбове е неравномерно. В различните фази на зацепването зъбът е натоварен в различна степен (фиг. 9.1). Най-голямо е натоварването в участъка за предварително изрязване междузъбието на профила АВ, по-малко е в профилиращата зона L_{pr} (участъците ВС и DE, по които се профилират двете странични еволвентни стени на обработвания зъб). Разпределението на натоварването по височина на зъбите е неравномерно: приблизително 75% от стружките се снемат от върховата една трета от зъба, 19% от средната му част и 4% от основната трета част от височината на зъба. От трите главни режещи ръба на всеки зъб най-натоварен е върховият, следван от входящия, а най-малко натоварен е изходящият страничен режещ ръб. В различните фази на зацепването на червячната фреза с колелото стружката е права, Г образна или П образна, като отделянето на последните две форми по предната повърхнина предизвиква увеличено натоварване, износване и сили на рязане.

Тези особености на силовата картина, както кинематичните разновидности на процеса, конструктивните и технологични особености на високоефективните режещи материали, са използвани за реализиране на различни идеи за създаване на инструменти с повишени експлоатационни възможности в сравнение с конвенционалните червячни фрези – едноходови, монолитни, от бързорежеща стомана с радиална предна повърхнина (нулев преден ъгъл).

1.1. Червячни фрези с изменена схема на работа

Условно зъбчетата на работната част на фрезата могат да се разделят на чисто режещи, разположени в участъка L_p (те не контактуват с еволвентния профил на колелото, а изрязват основната част от междузъбието между двата) и профилиращи, разположени в участъка L_{pr} (фиг. 10.1). Дължината на профилиращия участък е еднозначно определена от някои параметри на заготовката

$$L_{pr} = 2h_{f1} \cot g\alpha ,$$

където h_{f1} е височина на основата на зъба, а α е профилният ъгъл. Броят на профилиращите зъбчета, наредени по винтовата линия на червячната фреза с брой на гребените Z_0 в участъка L_{pr} се определя по зависимостта

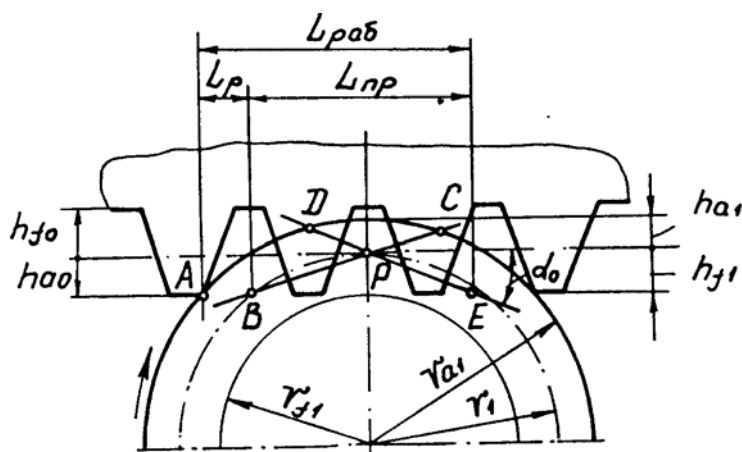
$$Z_{pr} = \frac{L_{pr}}{P_n} Z_0 ,$$

където $P_n = \pi m$ е нормалната стъпка на фрезата.

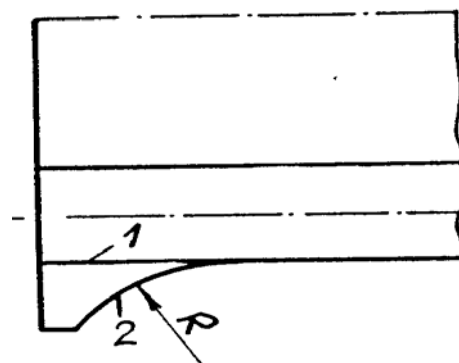
Точността на обработката може да се увеличи, ако се увеличи броят на профилиращите зъбчета, намиращи се в участъка $L_{пр}$. Това може да стане по два начина, чрез:

- увеличаване на $L_{пр}$ като се намали стойността на профилния ъгъл на фрезата α_0 спрямо този на колелото (използване на фрези с намален профилен ъгъл);
- увеличаване на външния диаметър на фрезата и на броя на гребените Z_0 .

Облегчаване натоварването на зъбите в най-натоварената зона L_p може да се постигне чрез въвеждане на височинна корекция или корекция по дебелина на зъбите в този участък. Вместо върховите режещи ръбове да са наредени по линията 1 (фиг. 10.2), те се формират по линията 2, при което зъбчетата, участващи в предварителното изрязване на междузъбията се увеличават по височина и по брой, някои неработещи зъбчета от началото на фрезата се включват в работа и облекчават работата на останалите зъби. При това преразпределяне на натоварването се увеличава трайността до претачване, а при груби и получисти обработки се създават възможности за увеличаване на подаването, т.е. на производителността.



Фиг. 10.1. Режещ и профилиращ участъци на червячната фреза



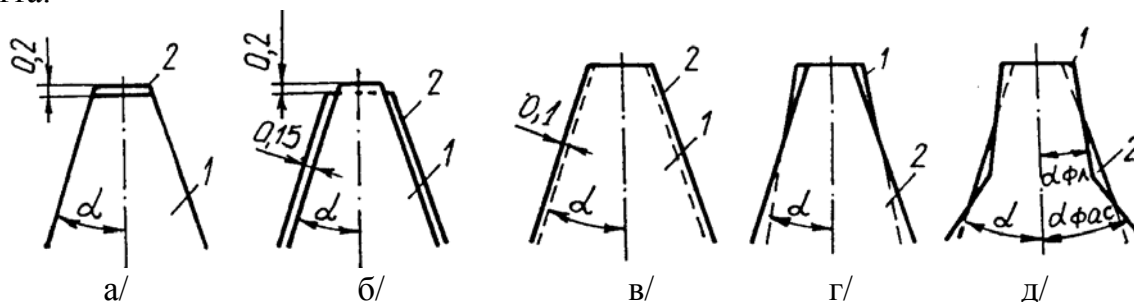
Фиг. 10.2. Червячна фреза с височинна корекция

Аналогичен ефект на височинната корекция се получава при коригиране на зъбите от режещата част по дебелина. В този случай фрезата има цилиндрична външна част, а зъбчетата наляво от профилиращия участък (т. В) към началото на сцепването имат постоянно увеличаваща се дебелина.

Коригирането на зъбите на червячната фреза по височина или дебелина превръща фрезата от универсална в специална. Тя се използва за определено зъбно колело и има фиксирано базиране спрямо центъра му. При износване на зъбите инструментът не може да се пренастройва чрез осово преместване. Такива конструкции са ефикасни за фрезоване на зъбни колела с големи модули и голям брой зъби с голям брой ($z_1 > 60$), когато участъкът АВ има значителна дължина.

На фиг. 10.3 са показани различни схеми за разпределение на работата между отделните режещи ръбове на зъбчетата, при което се осигурява проста форма на стружката, по-голяма трайност и производителност на инструмента. На фиг. 10.3.а е показана върхово натоварена, а на 10.3.б странично натоварена схема на зъби на фреза от бързорежеща стомана. При втората схема само четните гребени имат зъби с нормална дебелина. Стружките са прави, формирането и отвеждането им е облекчено, но броят на профилиращите зъбчета е намален двойно, което прави схемата рационална само за предварителни обработки.

На фиг. 10.3.в, г, д са показани схеми, прилагани за металокерамични фрези. Случаите г, д се отнасят за предшевинговални фрези, на които се осигурява номинална стойност на прибавката за шевинговане около делителния диаметър, към върха и основата на зъба прибавката намалява, а стружките имат проста форма. Зъбите, показани на фиг. 10.3. работят по групова схема на изрязване на прибавката, при която броят на профилиращите зъбчета намалява два пъти. Такива инструменти са ефективни за предварителна, груба обработка, а за компенсиране на намалената точност при получисти обработки се нуждаят от специални мерки за повишаване на точността.



Фиг. 10.3. Схеми за преразпределяне работата на режещите ръбове на фрезата

1.2. Червячни фрези с намален профилен ъгъл

Обикновено профилният ъгъл на червячните фрези α_0 е равен на ъгъла на изходния контур на нарязваното зъбно колело α , но е възможно инструментът да има други профилни ъгли, произвеждайки колела с ъгъл α .

Намаляването на стойността на α_0 увеличава дължината на профилиращия участък на фрезата $L_{пр}$, броят на профилиращите зъбчета на инструмента, точността и гладкостта на обработената повърхнина. При запазване на горните показатели може да се постигне значително увеличаване стойността на подаването, което се отразява на производителността. Намаляването на α_0 при запазване дебелината на зъба за делителната права на фрезата води до увеличаване дължината на върховия режещ ръб, който има най-благоприятна геометрия и сменя основната част от стружките. По този начин се намалява натоварването на страничните режещи ръбове и се увеличава трайността на фрезата.

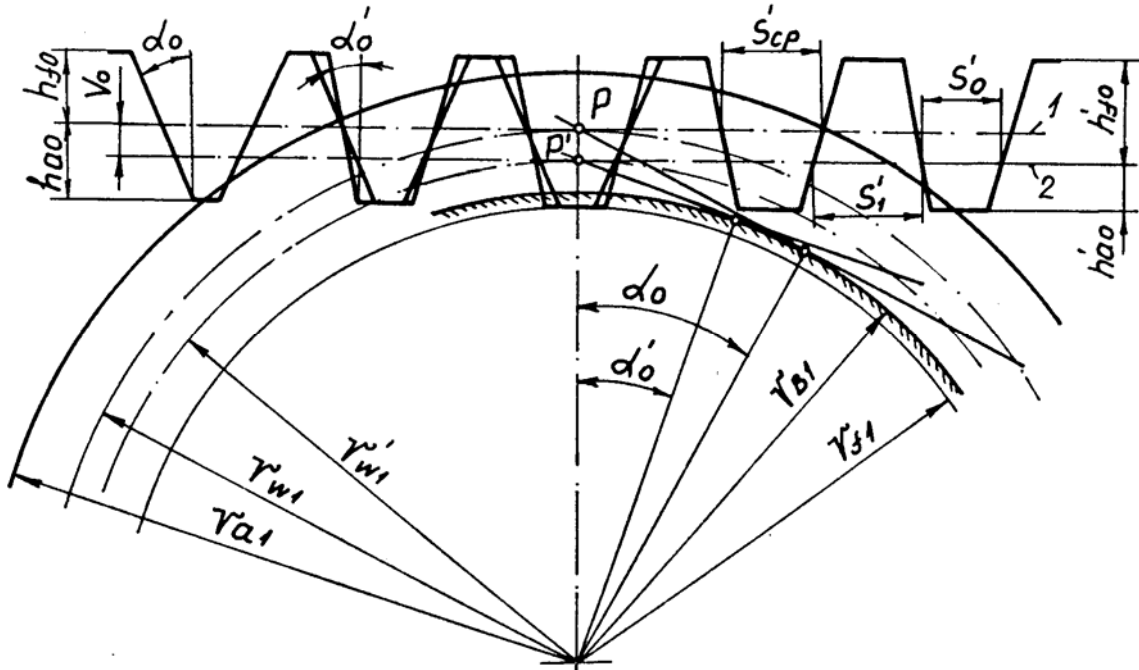
Намаляването на профилните ъгли на страничните режещи ръбове води до намаляване на задните им главни ъгли, което може да доведе до нужда от двустранно ъглово затиловане. В този случай инструментът става по-скъп и труден за изработка, както и непрезаточваем, ако конструкцията е монолитна.

Червячните фрези с намален профилен ъгъл се използват за частично компенсиране намалената точност на многоходовите червячни фрези, като за двуходови и триходови инструменти се използват профилни ъгли на страничните режещи ръбове съответно $14,5^\circ$ и 8° .

Основание за възможно използване на инструменти с профилен ъгъл различен от този на заготовката е, че за да могат да се зацепват правилно две зъбни колела или гребен и зъбно колело е необходимо основните им стъпки да са равни, т.е. $P_{b0} = P_{b1} = \text{const}$, където P_{b0} е основната стъпка на червячната фреза, а P_{b1} е основната стъпка на обработваното колело. На фиг. 10.4 е показано сцепването на зъбно колело с профилен ъгъл α_0 с гребени на червячни фрези с профилни ъгли α_0 и $\alpha_0^I < \alpha_0$. В първия случай полюсът на сцепване е в т. Р с радиус на началната окръжност r_{w1} , равен на радиуса на делителната окръжност. Във втория случай при

намален профилен ъгъл полюсът е в т. P^I , радиусът на началната окръжност е r_w^I . При положение, че не се променя радиуса на основната окръжност на колелото $r_b = r_w \cos \alpha_0 = r_w^I \cos \alpha_0^I$, радиусът на новата центроидна окръжност r_w^I и разстоянието V_0 между двата полюса на зацепване се определят по формулите

$$r_w^I = r_w \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_0^I}, \quad V_0 = r_w - r_w^I.$$



Фиг. 10.4. Схема за определяне параметрите на червячна фреза с намален профилен ъгъл

Вместо по средната линия на инструменталния гребен 1, новата начална права на фрезата заема положение 2 (фиг. 10.4). Дебелината на зъба на инструмента, измервана по новата начална права е

$$s_o^I = P^I - s_1^I,$$

където P^I и s_1^I са съответно стъпката и дебелината на зъба на колелото по новата начална окръжност с радиус r_w^I , определени по формулите

$$P^I = \frac{2\pi r_w^I}{z_1},$$

$$s_1^I = \frac{r_{w1}^I s}{r_{w1}} + \text{inv} \alpha_0 - \text{inv} \alpha_0^I.$$

Новите височини на главата и на основата на зъба на фрезата ще бъдат

$$h_{ao}^I = h_{ao} - V_0;$$

$$h_{fo}^I = h_{fo} + V_0.$$

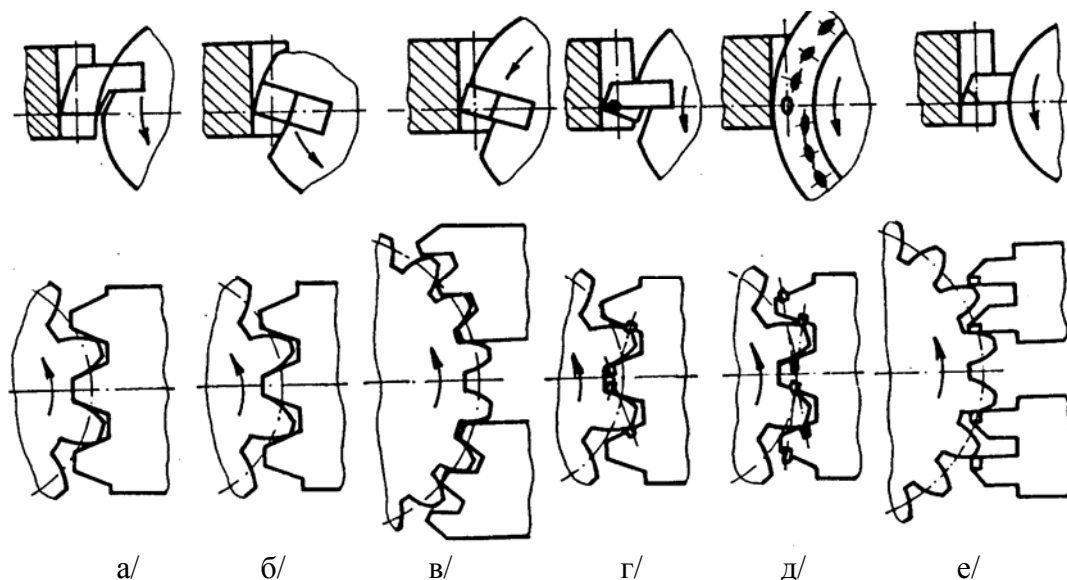
Дебелината на зъба на новата фреза, измервана по средната и линия 1 ще бъде

$$s_{sr}^I = s_o^I + 2V_0 \tan \alpha_0^I.$$

1.3. Червячни фрези с положителни и с отрицателни предни ъгли

На фиг. 10.5 са показани червячни фрези с различни предни ъгли. Най-голямо разпространение при монолитните инструменти от бързорежеща стомана има схемата (фиг. 10.5.а), показваща затилован по спирала зъб с нулев преден ъгъл. В този случай профилирането е елементарно, точността най-висока, но и трите режещи ръба на отделното зъбче влизат и излизат от зоната на рязане едновременно, с удар.

На фиг. 10.5.б е показана схема на фреза с отрицателни предни ъгли. Тя се използва предимно при сглобяеми конструкции на червячни фрези с острозаточени металокерамични гребени или отделни зъбчета. Задните ъгли се получават чрез подходящо установяването на гребена в тялото. При работа с високи скорости през зоната на рязане първо преминават долните части на страничните режещи ръбове, а последни – върховете им ръбове. Това осигурява на крехкия инструментален материал в по-добри експлоатационни условия. Използването на комбинации от отрицателен преден ъгъл и намален профилен ъгъл е подходящо за получисто зъбонаряждане.



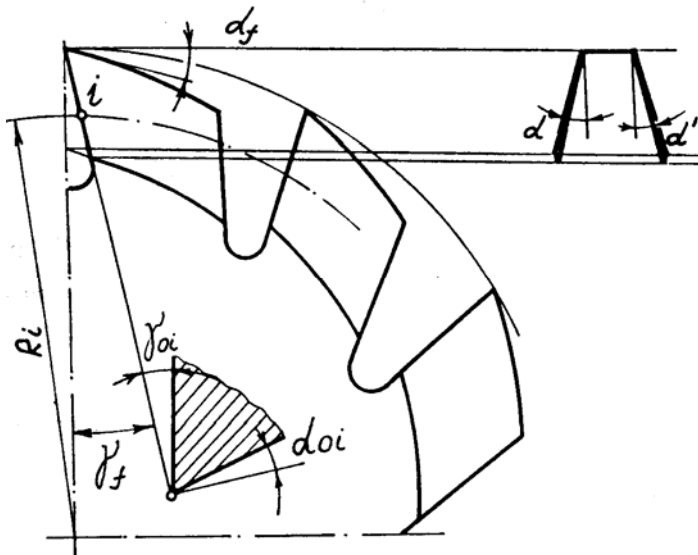
Фиг. 10.5. Схеми за фрезозане на еволвентни колела с червячни фрези

На фиг. 10.5.в инструментът е представен от две конусни червячни фрези с отрицателен преден ъгъл, чиито режещи ръбове са перпендикулярни на оста на фрезата (имат нулев профилен ъгъл). Те се прилагат за обработване на тесни заготовки, като подавателното движение е по радиуса, а не по дължината на зъба.

На фиг. 10.5.г, д инструментите са с непрезаточващи се режещи елементи от свръхтвърди материали. На фиг. 10.5.е фрезата е комплект от две цилиндрични фрези с нулев профилен ъгъл, чиито режещи ръбове са от кубичен борен нитрид.

Традиционните червячни фрези са монолитни от бързорежеща стомана с радиална предна повърхнина (нулев преден ъгъл). При използване на положителни предни ъгли (фиг. 10.6) се променя профилът на режещия ръб, измерван по предната повърхнина, като се увеличава височината и се намалява страничния му профилен ъгъл γ_{oi} . При промяна на предния ъгъл за върховия режещ ръб от 0° на γ_f промяната на предния ъгъл γ_o за страничните режещи ръбове е значително по-малка, като за текуща точка с радиус R_i стойността му се определя по зависимостта

$$\tan \gamma_{oi} = \frac{Ra}{R_i} \tan \gamma_f \sin \alpha \text{ и за стойности на } \gamma_f = 10^\circ \dots 12^\circ \text{ се получава } \gamma_{oi} = 2^\circ \dots 3^\circ.$$



Фиг. 10.6. Фреза с положителен преден ъгъл допускат по-малък брой на презаточванията.

При фрезите с положителен преден ъгъл натоварването и разтоварването започва от върховия режещ ръб и завършва в основата на страничните ръбове, което е по-благоприятно от натоварването на зъбите на фрезите с нулев преден ъгъл и по-неблагоприятно от това на фрезите с отрицателен преден ъгъл.

1.4. Многоходови червячни фрези

При определена скорост на рязане производителността на зъбофрезването зависи от скоростта на подавателното движение на фрезата по дължината на нарязваните зъби v_f , която е свързана с честотата на въртене на заготовката n_1 чрез зависимостта

$$n_1 = \frac{z_0 n_0}{z_1},$$

където z_0 е броят на ходовете на модулната резба на червячната фреза, n_0 - честотата на въртенето и, осигуряваща определената скорост на рязане, а z_1 - броят на зъбите на нарязаното колело. От горната зависимост следва, че при използване на z_0 ходова фреза заготовката ще се върти z_0 пъти по-бързо и подавателната скорост ще бъде z_0 пъти по-голяма от тази при работа с едноходова фреза при еднакво подаване v_f .

Кинематичната връзка на инструмента със заготовката е такава, че първото междузъбие на колелото ще се обработва от първия ход на фрезата, второто от втория ход и т.н., което означава, че всеки зъб на колелото ще се профилира от z_0 пъти по-малко зъбчета, отколкото при работа с едноходова фреза. Тази особеност определя намаляването на точността на еволвентните зъби на колелото, нарязани с многоходова червячна фреза.

Ъгълът на подема на винтовата линия на резбата μ , измерван по делителния диаметър също нараства с увеличаване броя на ходовете, което води до по-голямо различие в условията на рязане за левите и десни странични режещи ръбове на зъбите. Той се определя по зависимостта

$$\sin \mu = \frac{m z_0}{d_{m0}},$$

където d_{m0} е изчислителния среден диаметър на инструмента.

Като се има предвид, че най-значителни положителни стойности предният ъгъл γ_0 има за най-натоварения върхов режещ ръб, реализираното намаляване на силовото и топлинно натоварване на фрезите с положителен преден ъгъл позволява едно съществено увеличаване трайността на фрезата до презаточване, а при еднаква трайност – известно увеличаване на производителността чрез увеличаване на режима на рязане. Поради намаления размер на дебелината на зъба в основата тези червячни фрези

Намалената точност на многоходовите фрези налага те да се използват за предварителна обработка. Работата на многоходовите червячни фрези е съпроводена и със значително увеличаване на силовото натоварване в сравнение с тази на едноходовите фрези. Известно компенсиране на намалената точност се постига при увеличаване на външния диаметър D_a и броя на гребените Z_0 , както и при намаляване профилния ъгъл на инструмента α_0 .

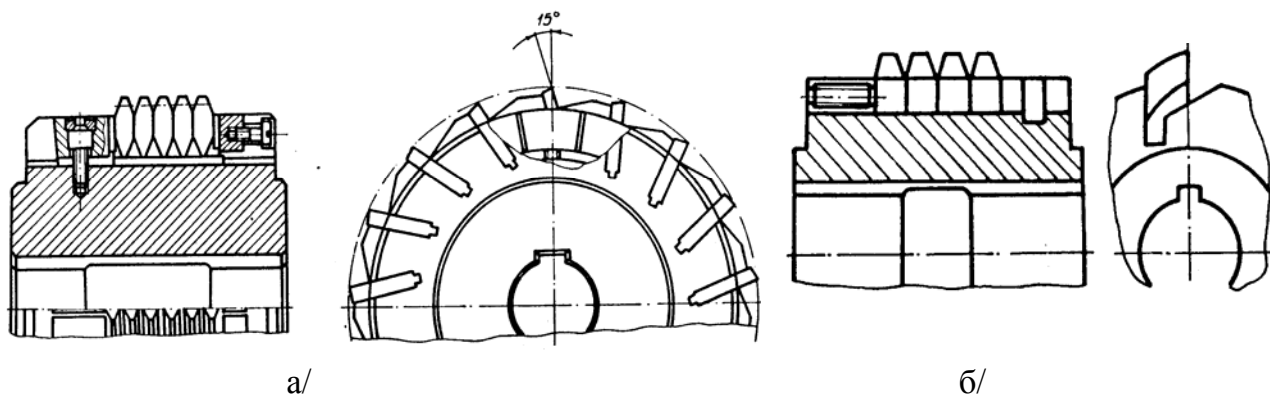
При избиране броя на ходовете на многоходовите червячни фрези z_0 е необходимо да се спазва правилото той да не е делител на броя зъби на заготовката. В този случай всеки от зъбите и се обработва с участието на всички зъбчета на инструмента и се получават по-равномерни резултати като точност и грапавост.

Поради увеличеното силово натоварване се спазва правилото при по-големи модули да се използва по-малък брой на ходовете на инструмента, примерно за $m \leq 2,75$ се използват фрези с $z_0 = 2,3,4$; за $m \leq 5$ - $z_0 = 2,3$; за $m \leq 10$ - $z_0 = 2$. Известно намаляване на силовото натоварване се постига при използване на фрези с положителен преден ъгъл.

В заключение може да се обобщи, че многоходовите червячни фрези се изработват с по-голям външен диаметър, по-голям брой режещи гребени, намален профилен ъгъл и положителен преден ъгъл. Те се използват като предшевинговални или предшлифовални и когато са от бързорежеща стомана работят със скорости на рязане до 70...90 m/min и подаване до 3 mm/tr.

1.5. Червячни фрези от метало и минералокерамика

Използването на металокерамични режещи части от P30, K30 и др. дава възможност да се увеличи 2...3 пъти производителността за сметка на увеличаване скоростта на рязане до 80...150 m/min при едновременно увеличаване на трайността до 10 пъти и възможност за чисто зъбонарязване на закалени заготовки с твърдост до 55 HRC.



Фиг. 10.7. Червячни фрези от металокерамика

а/ с острозаточени зъби б/ с кръгови задни повърхнини

За малки модули до $m3$ се използват монолитни металокерамични конструкции, за модули от 2 до 10 mm инструментите са сглобяеми конструкции, включващи цели режещи гребени или отделни зъбчета. Поради голямото свиване, съпровождащо спичането на металокерамиката при големи модули се използват гребени, образувани от отделни механично закрепени зъбчета (фиг. 10.7) с острозаточени задни повърхнини или такива с радиусна форма. Най-често тези фрези са с по-голям външен диаметър относно монолитните. На фиг. 10.7.а е показана червячна фреза, чиито гребени са с острозаточени зъби и отрицателен преден ъгъл, осигуряващ по-плавно натоварване.

Подобни са и конструкциите на фрези с минералокерамични режещи елементи. При тях се използват само конструкции с гребени, формирани от механично закрепени острозаточени режещи зъбчета с уякчаващи фаски между предната и задна повърхнини. За обработване на зъбни колела с малка якост (текстолит, пластмаси) се използва оксидна, а за метални колела – карбидно-оксидна режеща керамика.

1.6. Червячни фрези от свръхтвърди материали

Червячните фрези от свръхтвърди материали се използват за чисто нарязване на закалени зъбни колела с твърдост до 60 HRC. Понякога тези фрези могат да заменят ниско производителния процес на зъбошлифоване на колела с модули до 12 mm. За стоманени и чугунени колела като режещ материал се използва кубичен борен нитрид, а за цветни метали и неметали – технически диамант.

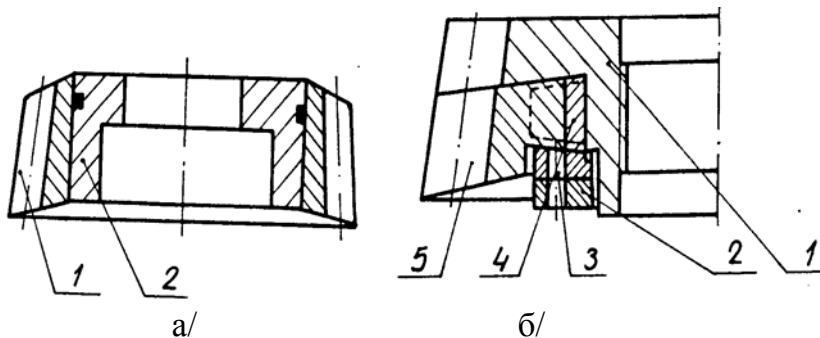
Често фрезите са двукорпусни (фиг. 9.5.в,е) установени на общ дорник с дистанционна втулка между двете части, разстоянието между които формира дебелината на зъбите на колелото. Върху двете фрези, обработващи съответните (ляв и десен) полупрофили на детайла има оформени полупрофили с параметрите на модулна резба (стъпка, профилен ъгъл). Поликристалите от свръхтвърди материали оформят режещ ръб с нулев полупрофилен ъгъл, работещ по генераторна схема на изрязване на прибавката.

2. Зъбодълбачни колела с особена конструкция

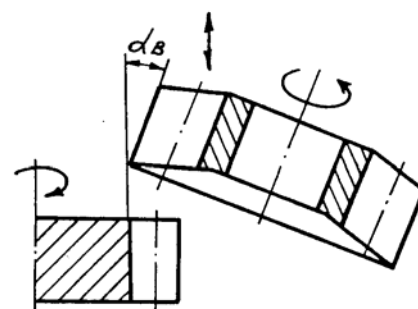
Поради ударния характер на процеса на рязане зъбодълбачните колела имат много по-малки възможности за значително увеличаване на експлоатационните свойства. Известен ефект имат съставните конструкции, използването на металокерамични режещи материали и нетрадиционни кинематични схеми.

Съставни и сглобяеми зъбодълбачни колела

При големи размери на зъбодълбачните колела от инструментална стомана структурата на материала е с незадоволителна равномерност и зърненост, а термообработката - затруднена. Съставният инструмент (фиг. 10.8.а) съдържа работен венец 1, запресован върху тяло от конструкционна стомана 2. Преди пресоването в канала на тялото се поставя припой, който при при закаляването се разтопява и допълнително подсигурява пресовото съединение.



Фиг. 10.8. Зъбодълбачни колела
а/ съставно б/ сглобяемо



Фиг. 10.9. Инструмент с цилиндрична задна повърхнина

Сглобяемият инструмент (фиг. 10.8.б) има режещи зъби от бързорежеща стомана или металокерамика 5, тяло 1, гайка 2, конусна шайба 3 и сепаратор 4. Зъбите се нареждат в сепаратора, който е осигурен срещу превъртане относно тялото чрез непоказана шпонка и се затяга чрез гайката и шайбата. Окончателното заточване и шлифоване на инструмента се извършва в сглобено състояние. Конструкцията

позволява единична смяна на счупени или силно износени зъби. Отделните зъби от бързорежеща стомана са с много добра карбидна еднородност и облекчена термообработка. Конструкцията се прилага за модули над 6 mm.

Зъбодълбачните колела с цилиндрични задни повърхнини (фиг. 10.9) имат форма на цилиндрично зъбно колело. Задният му ъгъл се получава чрез наклонено установяване оста на вретеното с инструмента относно оста на колелото и движението на рязане. Предимство е простата конструкция – липсва характерната за традиционните зъбодълбачни колела промяна на коефициента на корекция след всяко претачване и свързаните с това отрицателни явления – промяна на преходните криви, интерференция, срязване на върховете или подрязване основата на зъбите. Ширината на инструмента е по-голяма и се допуска по-голям брой на претачванията. Този инструмент изисква специална машина, чието инструментално вретено извършва възвратно постъпателни движения под наклон спрямо оста.

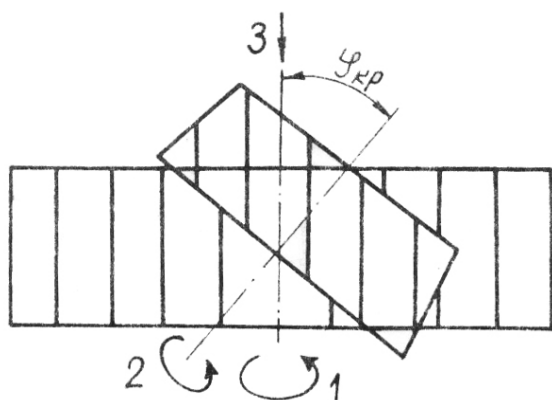
Зъбодълбачни колела с металокерамични режещи части

Тези инструменти могат да нарязват колела с твърдост до 45 HRC. За модули до 3 mm се използват монолитни конструкции, за модули над 2 mm – споени или механично закрепени зъбни венци, а за големи модули – механично закрепване на единични или двойки зъби по схемата на фиг. 10.8.б.

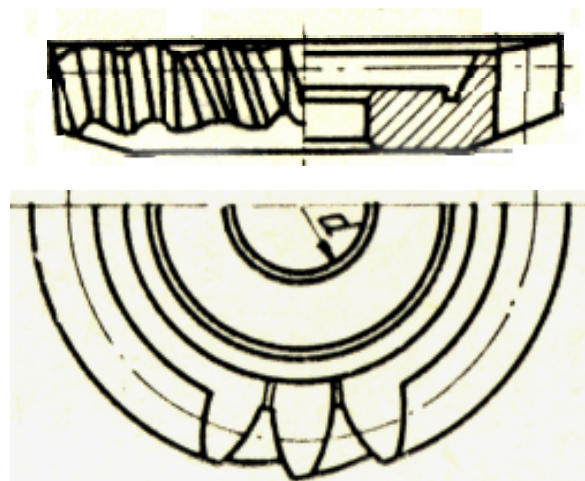
При скорости на рязане до 20 m/min инструментите нямат съществени предимства пред тези от бързорежеща стомана. Тези инструменти са ефективни при скорости до 50 m/min, когато реализират и 2...4 пъти по-голяма трайност.

3. Центроидни ножове за зъбоструговане

Принципът на работа на тези ножове е подобен на шевинговането, но цялото зъбонарязване се извършва при едно преминаване на инструмента с подавателно движение 3 (фиг. 10.10) по дължината на зъбите на заготовката. Зъбната двойка е с кръстосани оси на въртене, двете принудителни въртеливи движения 1 и 2 са съгласувани по начин, осигуряващ центроидното обхождане.



Фиг. 10.10. Кинематична схема на центроидно зъбоструговане



Фиг. 10.11. Центроиден нож за зъбоструговане

Инструментът - нож за центроидно зъбоструговане (фиг. 10.11), има конструкцията на зъбодълбачно колело с наклонени зъби. Неговият модул и ъгъл на изходния контур съответстват на тези на колелото. Предната повърхнина има обща част – конус с ос оста на инструмента и отделни предни повърхнини за всеки зъб, оформени нормално на направлението му. Той извършва подавателно движение по

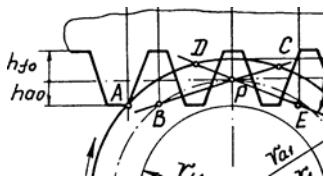
дължината на зъбите на обработваното колело. При съгласуваното въртливо движение на зъбната двойка съответните точки от инструмента и заготовката получават относително изместване по дължина на зъбите, при което се отделят тънки и дълги стружки, подобно на шевинговането.

Производителността на зъбостругването е 3...5 пъти по-висока от тази на другите инструменти, работещи чрез центроидно обхождане. Получава се равномерно износване на режещите ръбове, високи трайност и гладкост на нарязаните зъби. Влизането и излизането им от зоната на рязане е с много по-слабо изразени удари отколкото при зъбодълбането и зъбофрезването.

Ножовете и машините са специални и скъпи, което ги прави приложими за едросерийно и масово производство. Универсалните зъбофрезови машини са подходящи за обработване на зъбни колела по този метод при голям брой на зъбите – над 80 поради ограничения на кинематичните вериги.

КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

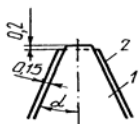
1. Червячните зъбонарезни фрези с отрицателен преден ъгъл **имат предимство** по отношение на: а/ точност б/ производителност в/ якост



2. Режещите ръбове от участъка h_{ao} в сравнение с тези от участъка h_{fo} са:

- а/ по-натоварени силово б/ по-малко натоварени
в/ еднакво натоварени

3. Червячните фрези с намален ъгъл на профила в сравнение със стандартните **не са**: а/ по-точни б/ с по-дълги върхови режещи ръбове
в/ с по-големи задни ъгли за страничните режещи ръбове



4. **Недостатъците** на тази схема на изрязване на профила на зъба при резбофрезване са: а/ при груби обработки
б/ по отношение на стружкоформиране в/ при чисти обработки

5. Влошената точност на многоходовите червячни зъбонарезни фрези **може да се компенсира** чрез: а/ положителен преден ъгъл
б/ намаляване на профилния ъгъл
в/ използване на металокерамични режещи зъби

6. При **малки модули** (до $m1$) се използват червячни металокерамични фрези: а/ монолитни б/ с механично закрепени гребени
в/ с механично закрепени зъби

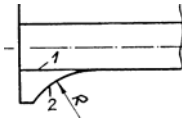
7. Зъбодълбачните колела от металокерамика имат **предимство** пред тези от инструментална стомана по отношение на: а/ точност б/ трайност в/ якост

8. Ножът за центроидно зъбостругване **има конструкцията** на: а/ зъбодълбачно колело б/ червячна фреза
в/ профилен нож

9. Зъбодълбачните колела с механично закрепени зъби имат предимство по отношение на: а/ точност б/ цена
в/ икономия на инструментален материал

10. Високата производителност на ножа за зъбостругване се дължи на: а/ инструменталния материал б/ кинематичната връзка със заготовката

в/ оформлението на предната повърхнина



11. Червячна фреза с така оформен край е:

а/ по-точна

б/ погрешно конструирана

в/ високо производителна с изменена схема на рязане

12. Многоходовите червячни фрези се характеризират с:

а/ повишена точност

б/ повишено силово натоварване

в/ намалена подавателна скорост f_n

13. Червячните зъбонарезни фрези с отрицателен преден ъгъл имат предимство по отношение на:

а/ точност

б/ брой презаточвания

в/ якост

14. При големи модули ($m10$) се използват червячни металокерамични фрези:

а/ монолитни

б/ с механично закрепени гребени

в/ с механично закрепени зъби

15. Зъбодълбачните колела с механично закрепени зъби имат предимство пред монолитните конструкции по отношение на:

а/ точност на обработените зъби

б/ икономия на инструментален материал

в/ стабилност на конструкцията