

## 7.5. Кратки сведения за методите на изработване на цилиндрични зъбни колела.

### Изходен контур и изходен произвеждащ контур. Подрязване. Преходна крива.

Известни са следните методи за изработване на цилиндрични зъбни колела:

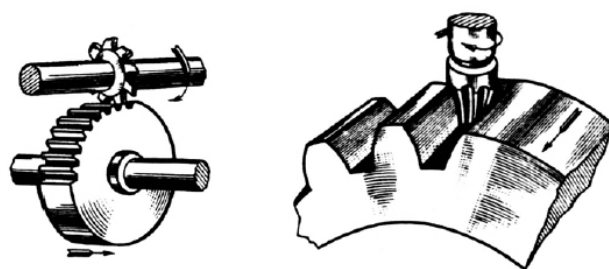
- чрез отливане на зъбите. Използва се рядко, когато зъбното колело има сравнително голям модул и ще работи при ниски периферни скорости  $V \leq 1,5 \text{ m/s}$  /;

- чрез шамповане или валцуване – получаване на зъбите чрез пластична деформация.

Методът намира приложение при едросерийното и масовото производство на зъбни колела;

- чрез копиране на зъбите с помощта на палцова или дискова фреза;

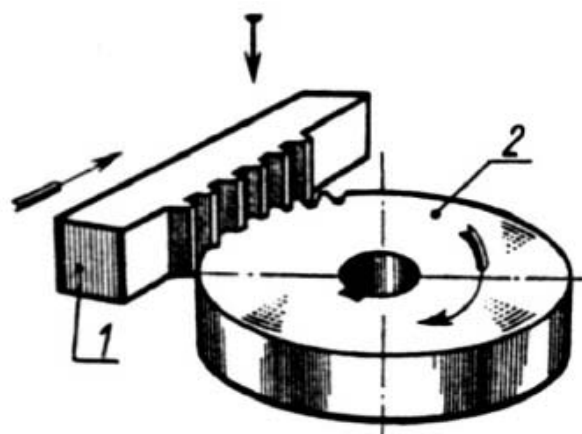
- по метода на отъркаването – използва се имитация на зъбно зацепване при което едното от колелата или зъбния гребен играят ролята на зъбонарязващ инструмент. Методът се използва като за черново нарязване на зъбите, така и за финална обработка на последните.



Фиг.7.24

### Метод на копиране

За осъществяване на зъбонарязването се използват комплект палцови или дискови фрези за чернова и чистова обработка /фиг. 7.24/. Профилът на инструмента отговаря на очертанието на междузъбието на зъбното колело за даден модул и за точно определен брой зъби. Това значи, че за всеки конкретен случай трябва да се изработва индивидуален инструмент, а това е невъзможно от икономически съображения. Затова един инструмент, за даден модул, се използва за изработване освен за определено по брой на зъбите колело, но и за група зъбни колела с близък брой зъби до основния (по-малък или по-голям), т.е. работи се с предписана неточност. Методът се използва при единично производство на зъбни колела за ремонтни нужди. Икономически е неизгоден поради ниската производителност и неточност и необходимостта от голям набор на инструменти с различни модули.



Фиг.7.25.Схема на нарязване на зъбно колело по метода на отъркаване .

1-зъбонарязващ гребен; 2-заготовка

### Метод на отъркаването

Разработената от Ойлер геометрия на еволвентното зацепване е дала възможност на френския учен Оливие през 1852 година да предложи методът на отъркаването /обхождането/, като принцип на изработването на зъбите, в два варианта:

1. Двете спрегнати повърхнини се нарязват от произвеждаща повърхнина, която се различава от тях. Оказало се е, че произвеждащата повърхнина може да бъде оформена като зъбен гребен с профил на зъбите – права линия (метод на Мааг) /фиг.7.25/. Оформяйки принудително еволвентния зъбен профил на зъбно колело с външни зъби се осъществява зацепване на зъбния гребен /като режещ инструмент/ и нарязаните зъби на колелото, наречено и инструментално зацепване /фиг.7.26 а/.

По-късно, като по-производителен /поради непрекъснатост на работното движение/ е бил конструиран режещият инструмент на Пфаутер (Pfauter) – червячен модул

фрезер /фиг.7.27а/, който в диаметрално сечение има формата и размерите на стандартния изходен контур на зъборезен гребен.

2. Произвеждащата повърхнина съвпада с едната от исканите повърхнини. Този вариант е бил приложен от Фелоу (Fellows) през 1899 година за изработване на режещ инструмент – дълбач (фиг.7.27 б), чрез който се нарязват зъбите на зъбни колела с вътрешни зъби.

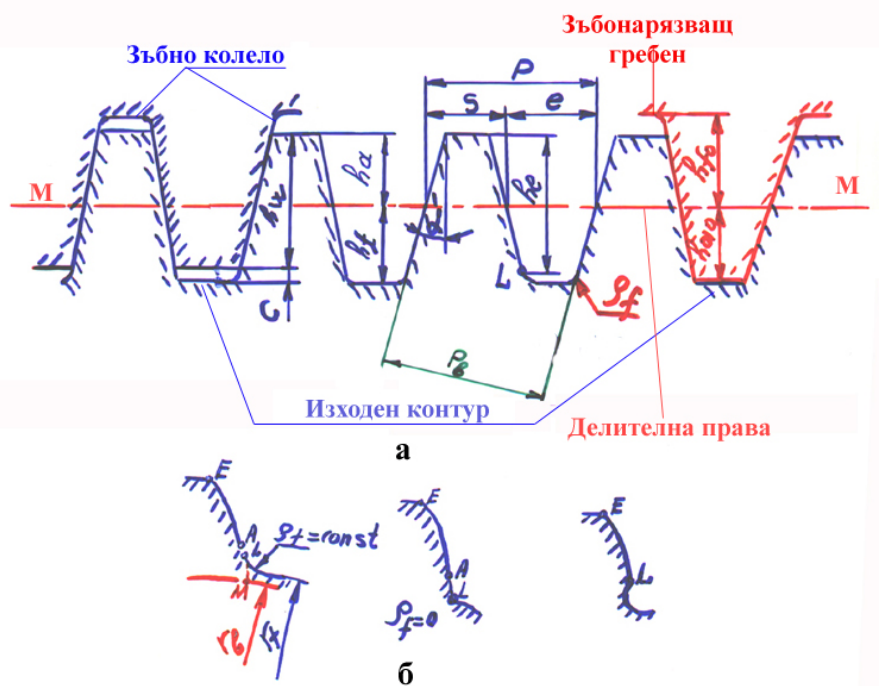
Голямото предимство на инструментите на Мааг, Пфаутер и Фелоу е в това, че те изрязват профила на зъба въз основа на геометрията на еволвентното зацепване чрез отъркаване /обхождане/ т.е. те са

универсални и за даден модул се изработват зъбни колела с различен брой зъби, а също и коригирани зъбни колела и то с желаната точност. Изработването на зъбите е просто и лесно се контролира точността им.

Довършващи обработки на зъбите се прилага за повишаване на точността и намаляване на грапавостта на работните повърхнини след нарязване на зъбите.

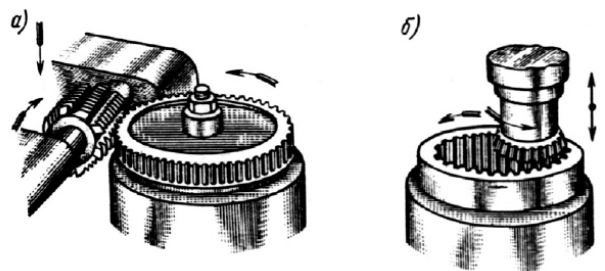
Шлифоването се прилага при висока твърдост на работната повърхнина на зъбите и се извършва по метода на отъркаването /фиг.7.28/. Шлифовъчните дискове възпроизвеждат, чрез своите странични работни повърхнини инструментално зацепване. В зависимост от конструктивното оформяне на шлифовъчния диск обработването може да бъде едностранно-а; двустранно - с единичен шлифовъчен диск/-б или двустранно-с два паничкообразни шлифовъчни диска-в.

Шевинговане – прилага се за окончателна обработка на зъбни колела с малка твърдост /  $HRC \leq 40$  / в едросерийното и масово производство. Използва се специален инструмент – шевер /фиг.7.29/, който представлява зъбно колело или зъбна рейка с про-

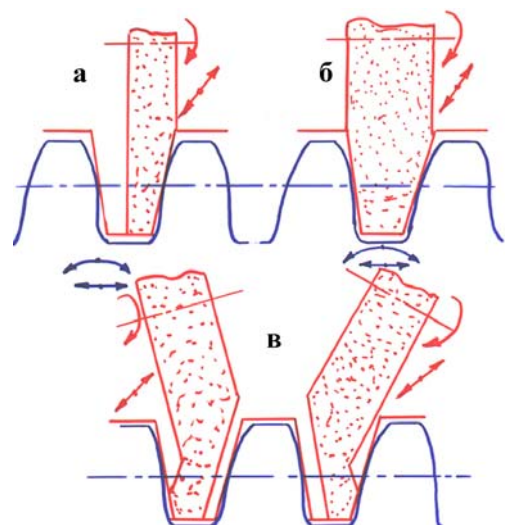


Фиг.7.26.

а-изходен контур и изходен произвеждащ контур  
б-преходни криви на зъба



Фиг.7.27.Схема на нарязване на зъбно колело по метода на отъркаване  
а) с червячна фреза; б) чрез зъбодълбачно колело

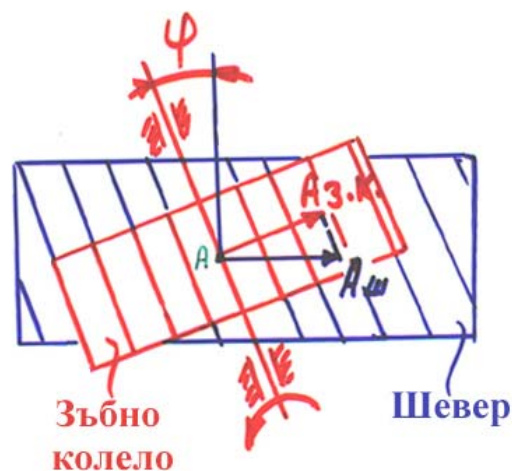


Фиг.7.28.Схема за шлифоване на зъбно колело по метода на отъркаване  
а-

рези, разположени перпендикулярно на зъбите. Прибавката  $\delta$  за шевинговане е  $5...15 \mu\text{m}$ . За да се осъществи процеса на рязане е необходимо да има разлика в периферните скорости на точката А /виж фиг. 7.29 /, разглеждана едновременно като точка от зъбното колело и шевера, което се постига чрез разполагане на осите на въртене на шевера и обработваното зъбно колело под ъгъл  $\varphi$ . Последното предизвиква относително движение на контактната линия между шевера и зъба на обработваното зъбно колело, при което се осъществява процеса на рязане. Скоростта на рязане е насочена по дължината на зъба и е перпендикулярна на каналите на шевера.

Обикновено осите на шевера и обработваното зъбно колело се кръстосват под ъгъл  $\varphi = 5...20^\circ$ . Двустранното шевинговане се извършва при плътно зацепване на шевера с обработваното колело.

Шевинговането е високо производителен метод за окончателна обработка на зъбни колела. За една минута се обработва едно зъбно колело, а с един шевер могат да се обработят до 150 000 зъбни колела между две презаточвания на шевера. С един шевер могат да се обработят до 240 000 зъбни колела.



Фиг.7.29.Шевер и схема на шевинговане

#### *Изходен контур и изходен произвеждащ контур*

От икономически съображения контурът на режещата част на зъбния гребен е стандартизиран /БДС 1526-78, ISO 53-1974/ за модули над 1 mm.

*Изходният контур* представлява праволинеен зъбен гребен, чиито страни са наклонени под профилен ъгъл  $\alpha = 20^\circ$  / фиг. 7.26 а /. Линията ММ, по която дебелината на зъба е равна на широчината на междузъбието  $s = e = \frac{P}{2}$  се нарича делителна права. Останалите елементи на контура –  $m$ , стъпка  $P$ , глава и пета на зъба, радиална хлабина  $c$  и височина на зъба  $h$  са дефинирани в т. 7.2 на глава VII.

#### *Изходен произвеждащ контур*

На основата на изходния контур се строи контура на зъбонарезния гребен / фиг. 7.26 а – зъбонарезен гребен /. Нарича се изходен произвеждащ контур и се различава от стандартния изходен контур с това, че височината на главата на зъба му е увеличена с радиалната хлабина  $c$ , необходима за образуване на по-голяма дълбочина на междузъбието.

## Подрязване на зъбите

Еволвентното зацепване е възможно само в границите на отсечката  $N_1 N_2$ , определена от допирните точки  $N_1$  и  $N_2$ , на линията на зацепването към основните окръжности / виж т.7.3 , глава VII - фиг. 7.13/.

Нормалният профил на зъба се състои от еволвентен участък  $EL$  и преходната крива  $LF$  / фиг.7.30 а /.

Отсечката  $A_0E_0$  /фиг. 7.30 / се явява отсечка на зацепването. При намаляване на броя на зъбите на нарязваното зъбно колело т.  $A_0$  се приближава към т. $N_1$  и ако премине от другата и страна /фиг.7.30 б/ зъбонарезният гребен ще подреже основата на зъба.

Граничният случай, когато т.  $A_0$  съвпада с т.  $N_1$  /фиг.7.30 в / няма да има подрязване на основата на зъба и служи база за определяне на минималния брой на зъбите на нарязваното зъбно колело. От триъгълниците  $OC_0N$  и  $NOC_0$  /фиг.7.30 г / следва, че

$$\frac{h_a^*}{\sin \alpha} = X = r_w \sin \alpha_w = \frac{mz}{2} \sin \alpha_w, \text{ откъдето се определя } Z_{\min} = \frac{2h_a^*}{\sin^2 \alpha} \quad (7.39),$$

При нарязване със стандартен зъбен гребен /  $h_a^* = 1$  и  $\alpha = 20^\circ$  / минималният брой зъби, при който няма да има подрязване на зъба е  $Z_{\min} = 17$ . На практика се допуска минимално подрязване на зъба, като минималният брой на зъбите се приема  $Z_{\min} = 14$ .

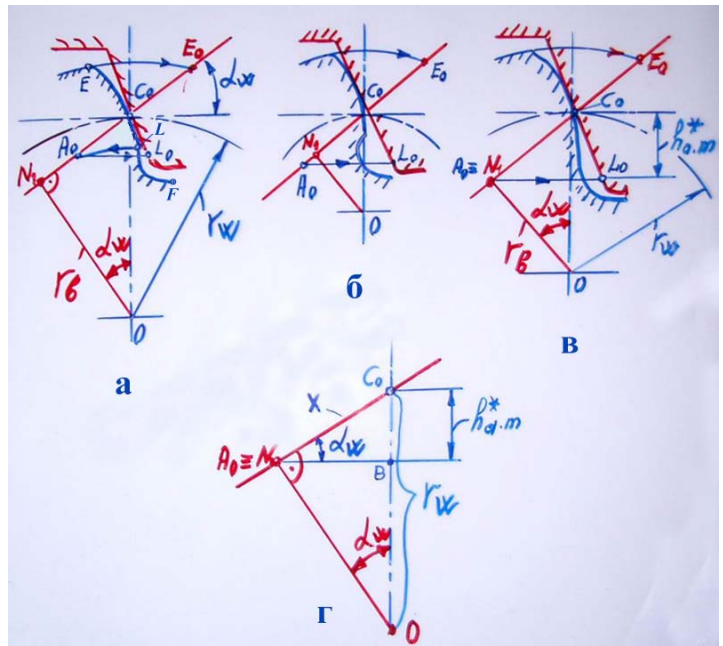
Подрязването на зъбите, когато е в значителен размер, има отрицателно отражение върху кинематиката и товароносимостта на зъбната предавка. То намалява силно коефициента на препокриване  $\xi_\alpha$  и якостта на зъба.

За намаляване на шума на предавката и увеличаване на  $\xi_\alpha$  броят на зъбите на малкото зъбно колело препоръчва да бъде  $Z_1 = 200 \dots 30$ .

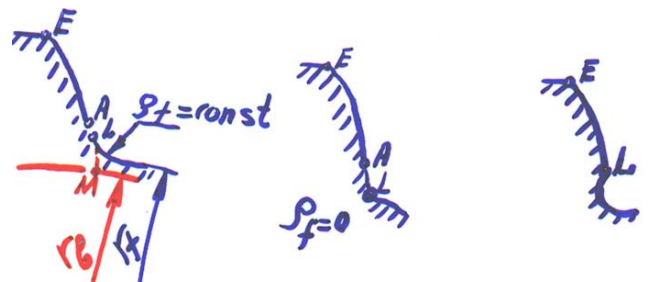
*Преходна крива и значението за товароносимостта на зъбите*

Тя има значение както за кинематиката, така и за товароносимостта на предавката. Преходната крива – с радиус  $\rho_f$  / фиг. 7.31/ не трябва да пречи на относителното движение на главата на зъба на задружно работещото колело и трябва да осигурява възможно най-голяма товароносимост на зъба на огъване.

При изработване на зъбни колела по метода на копирането преходната крива зависи от профилиране на инструмента, като стремежът е увеличаване на радиуса на кривината й. При изработване на зъбни колела по метода на отъркалването, преходната крива се получава автоматично в процеса на зъбонарязването.



Фиг.7.30.



Фиг.7.31.