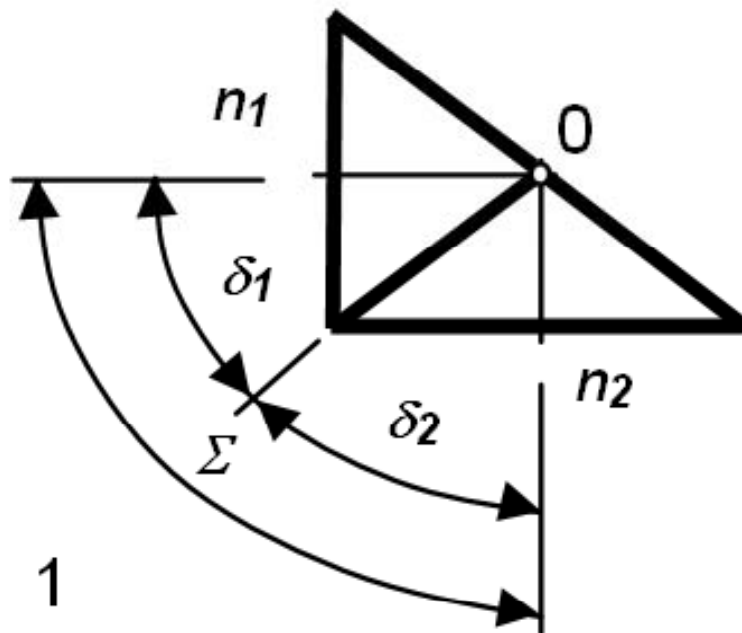


Конусни зупчаници



Конусни зупчаници

- Код конусних зупчаника, кинематске површине су конуси чији се врхови налазе у тачки пресека оса обртања, тачка "0".



Конусни зупчаници су веома осетљиви на грешке у изради и монтажи, што се испољава:

- у незадовољавајућем трагу ношења,
- појави буке и вибрација, и додатних сила у ослонцима.



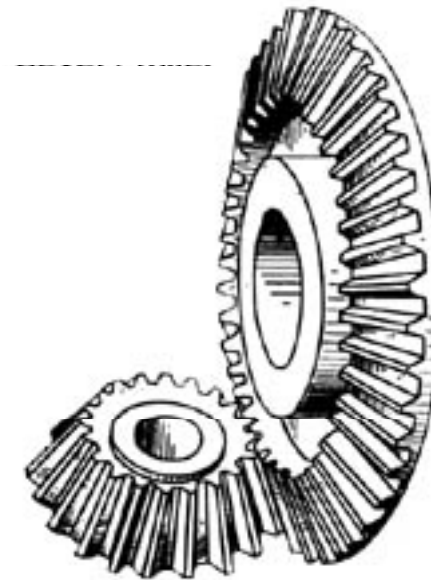
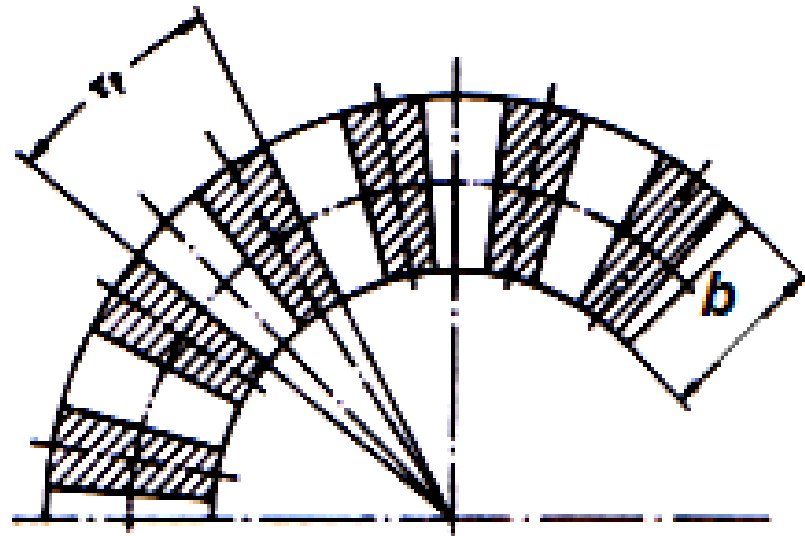
Да би се избегли ови недостаци:

- врши се упаривање зупчаника,
- врши се подешавање трага ношења при монтажи, финим подешавањем положаја зупчаника,
- ограничава се дужина зупца,
- повећава се тачност израде,
- израђују се зупчаници са испупченим боковима,
- користе се крута кућишта, итд.

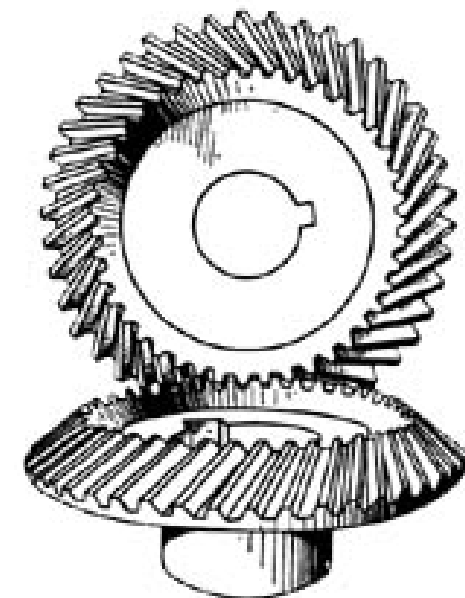
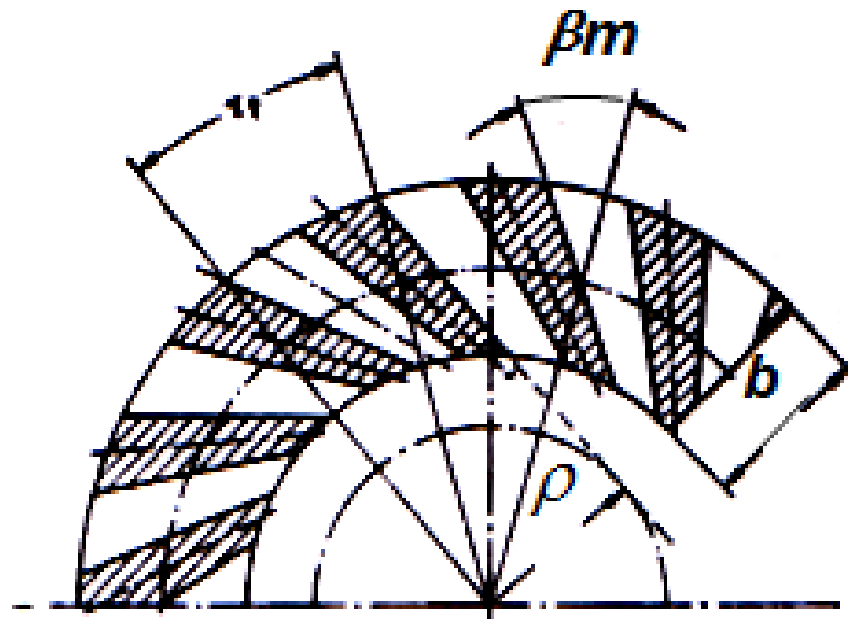
У зависности од **облика бочне линије** разликује се неколико врста конусних зупчаника:

- конусни зупчаници са правим зупцима,
- конусни зупчаници са косим зупцима,
- конусни зупчаници са лучним (кривим) зупцима,
- специјални случај спиралних конусних зупчаника.

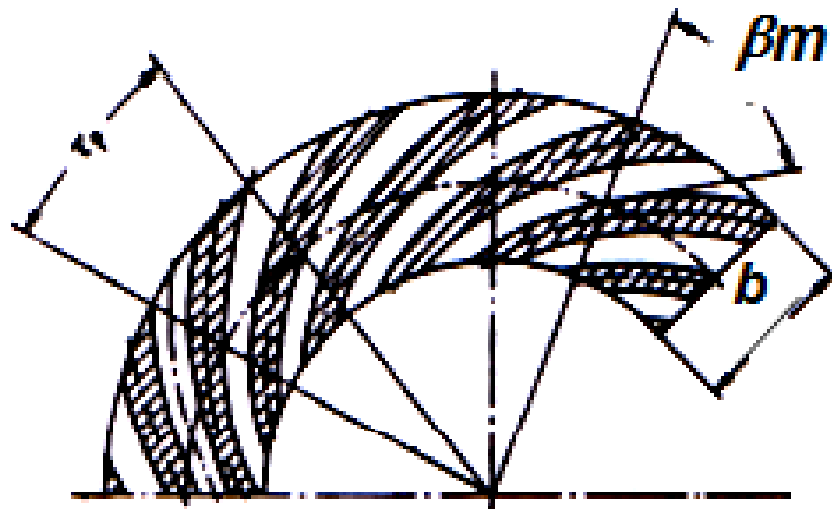
- Код **конусних зупчаника са правим зупцима**, као и код цилиндричних зупчаника са правим зупцима, додир започиње и завршава се истовремено, због чега су ови зупчаници бучни у раду и користе се само при мањим обимним брзинама ($v \leq 6 \text{ m/s}$).



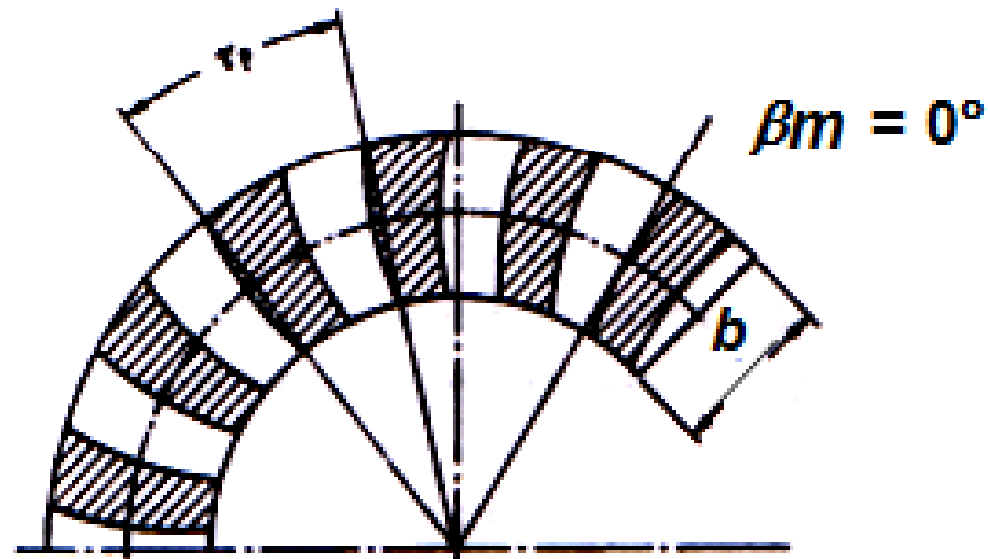
- Код **конусних зупчаника са косим зупцима**, праволинијска изводница тангира кружницу (ρ). Код тих зупчаника зупци постепено улазе у спрегу тако да мирније раде и имају већи степен спрезања. Користе се за веће обимне брзине ($v \leq 50 \text{ m/s}$).



■ **Конусни зупчаници са лучним (кривим) зупцима**, имају закривљене бочне линије у облику спирале, па се често називају и спирални конусни зупчаници. Облик лука бочне линије зависи од поступка израде (Глизон, Оерликон и Клингелнберг). Ови зупчаници имају миран и тих рад, имају већу носивост и сл. Користе се за високооптерећене брзоходне преноснике (за брушене зупчанике и до $v \leq 60 \text{ m/s}$).

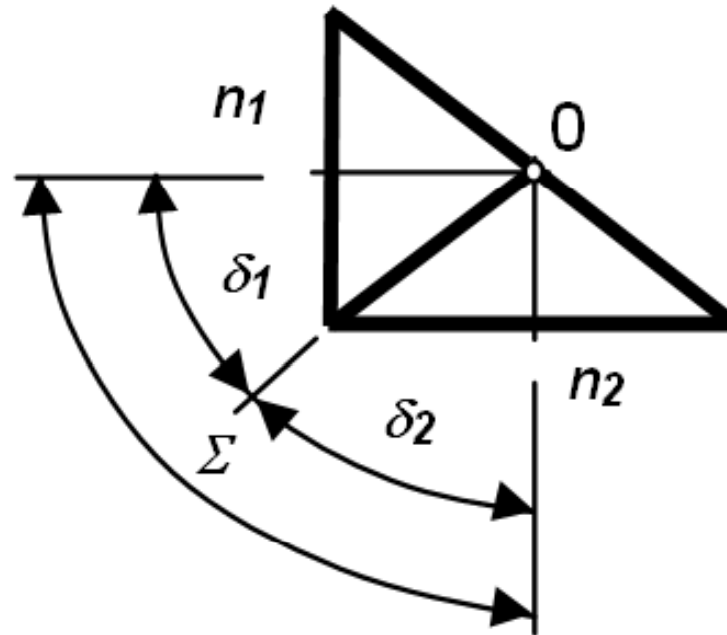


■ **Специјални случај спиралних конусних зупчаника**, је када угао нагиба бока зупца, у средњем пресеку, износи $\beta_m = 0^\circ$. У односу на конусне зупчанике са правим зупцима имају већу носивост и већи степен спрезања. Користе се за мање обимне брзине ($v \leq 10 \text{ m/s}$).



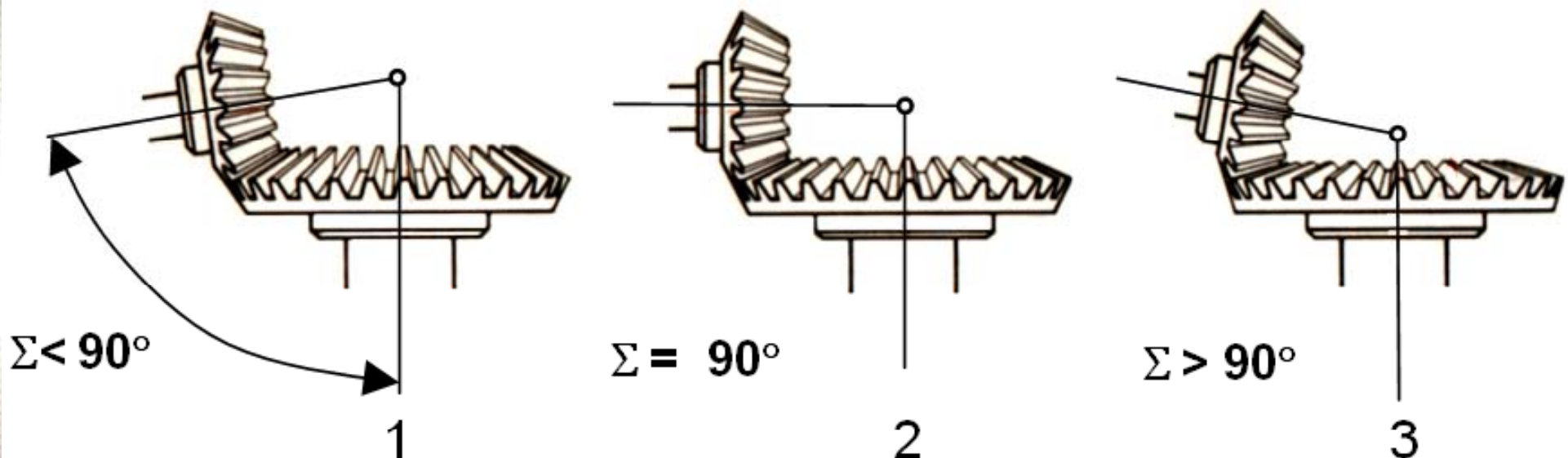
Геометрија конусних зупчаника

Код конусних зупчаника кинематске површине се додирују дуж заједничке изводнице и котрљају се једна по другој без клизања. Осе конуса међусобно заклапају угао Σ , који је најчешће 90° , мада он може бити и мањи или већи од тога.



Геометрија конусних зупчаника

Код конусних зупчаника кинематске површине се додирују дуж заједничке изводнице и котрљају се једна по другој без клизања. Осе конуса међусобно заклапају угао Σ , који је најчешће 90° , мада он може бити и мањи или већи од тога.

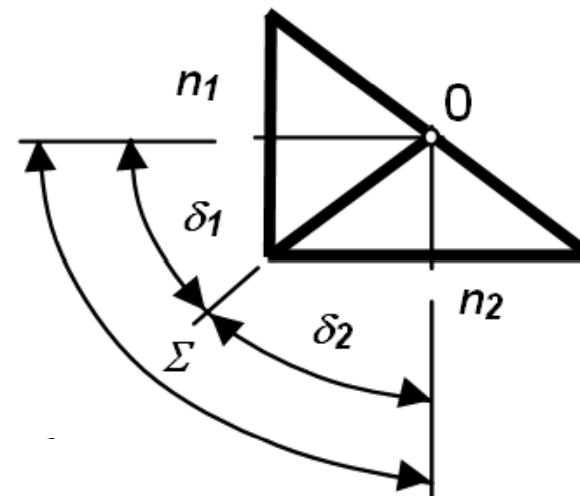


■ Кинематски преносни однос

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1}$$

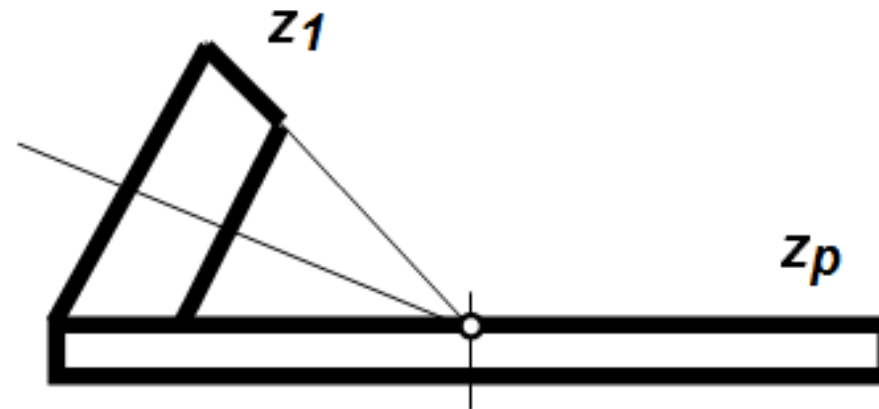
за $\Sigma = \delta_1 + \delta_2 = 90^\circ$ ($\sin \delta_1 = \cos \delta_2$, $\sin \delta_2 = \cos \delta_1$)

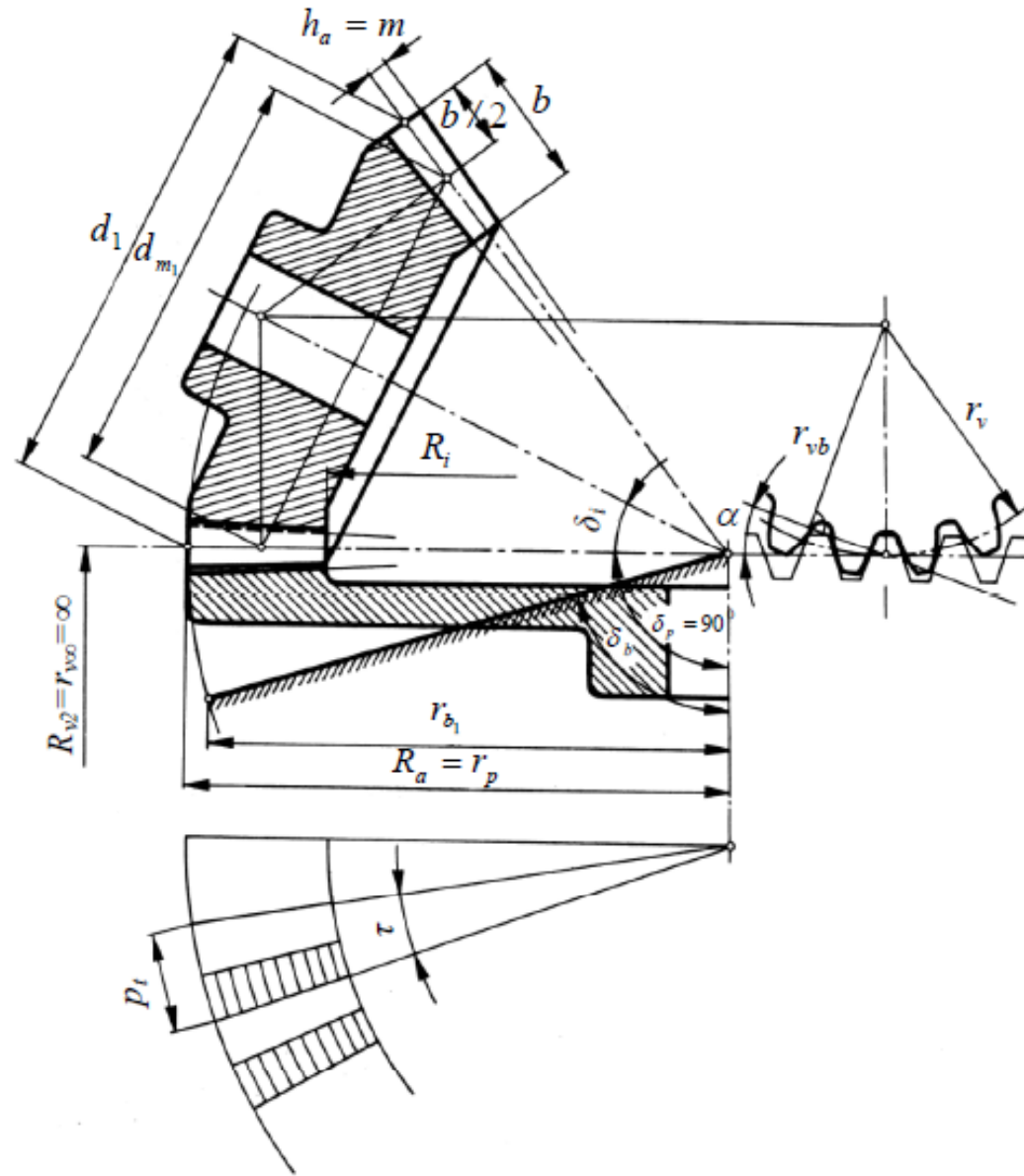
$$u = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta_1} = \operatorname{tg} \delta_2$$



Као што се код цилиндричних зупчаника дефинише **основна зупчаста летва**, код конусних зупчаника се дефинише **основна зупчаста плоча са $\delta = 90^\circ$** . Она има кружни облик и њена величина зависи од броја зубаца конусног зупчаника

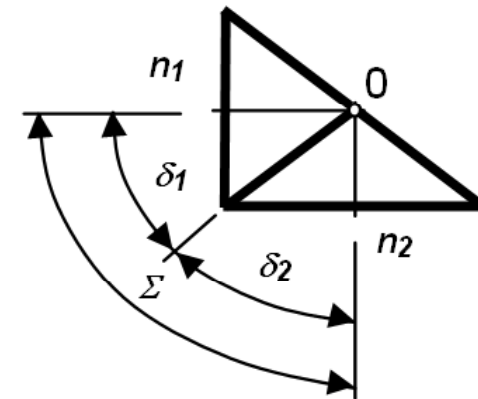
$$z_p = \frac{z_1}{\sin \delta_1} = \frac{z_2}{\sin \delta_2}$$





Облици профила зубаца конусних зупчаника

Код конусних зупчаника профил зубаца се добија пресецањем зубаца било којом **сфером чије је средиште у пресечној тачки оса обртања зупчаника**. За различите пречнике (дуж ширине зупчаника) добијају се различити профили зубаца који су међусобно слични. Теоријска разматрања спрезања профила зубаца конусних зупчаника аналогна су спрезању цилиндричних зупчаника, с тим што се разматрање у равни замењује разматрањем на сфери. Међутим, у пракси се сферне површине, обично, замењују одговарајућим допунским конусима.



Облици профила зубаца конусних зупчаника

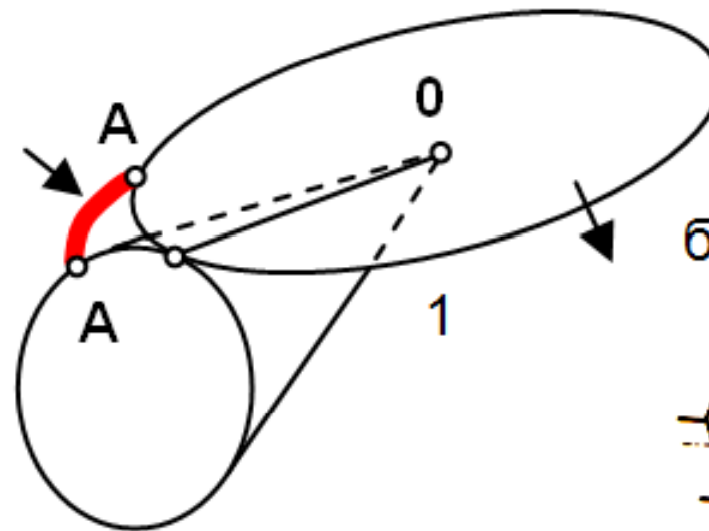
Конусни зупчаници се, према облику профила зубаца основне зупчасте плоче, деле на:

- сферноеволвентне и
- октоидне.

Сферно еволвентни конусни зупчасти парови

Сферна еволвента представља криву линију коју описује било која тачка равне основне плоче при њеном котрљању око основног конуса.

Сферна
еволвента



Смер ротације
без проклизавања

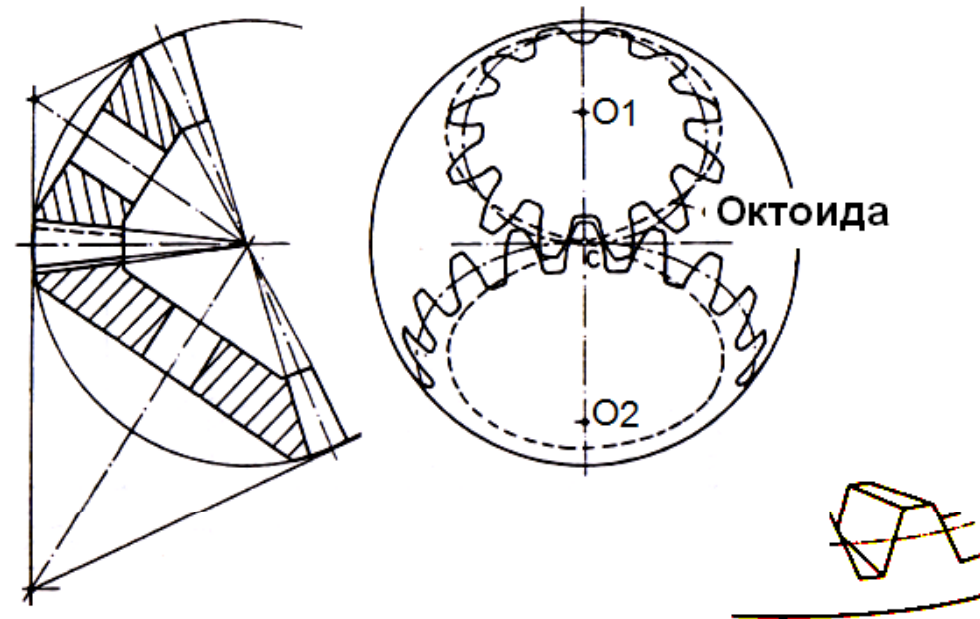


Сферно еволвентни конусни зупчасти парови

- Скуп свих еволвенти, насталих на тај начин, образују еволвентну бочну површину зупца. Код сферно еволвентних конусних зупчаника додирница профила је део кружног лука на посматраној сфери, а додирница бокова је раван.
- С обзиром да су бокови зубаца основне зупчасте плоче у облику еволвентних сферних конусних површина, који су тешки за израду, ови зупчаници се веома ретко примењују.

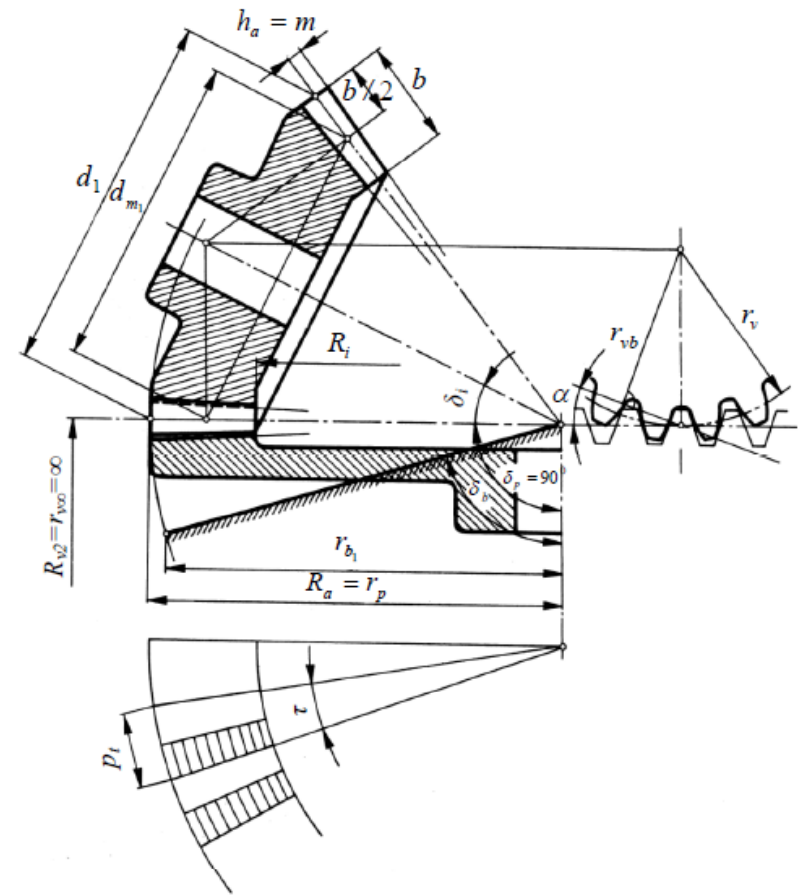
Октоидни конусни зупчасти парови

■ Да би се олакшала израда конусних зупчаника користе се зупчаници чији су бокови зубаца основне зупчасте плоче у облику равни. Услед тога је додирница профила крива линија на сфери, у облику осмице, због чега се ти зупчаници називају октоидним (латински "окто" значи осам).



Основни профил код конусних зупчаника

■ Облици и мере конусних зупчаника одређени су обликом профила основне зупчасте плоче. Величина профила зубаца мења се од спољашње чеоне површине ка унутрашњој. Као стандардни профил најчешће се усваја пресек зубаца основне зупчасте плоче и спољашњег цилиндра пречника R_p у развијеном облику. При томе вредност модула не мора бити стандардна.

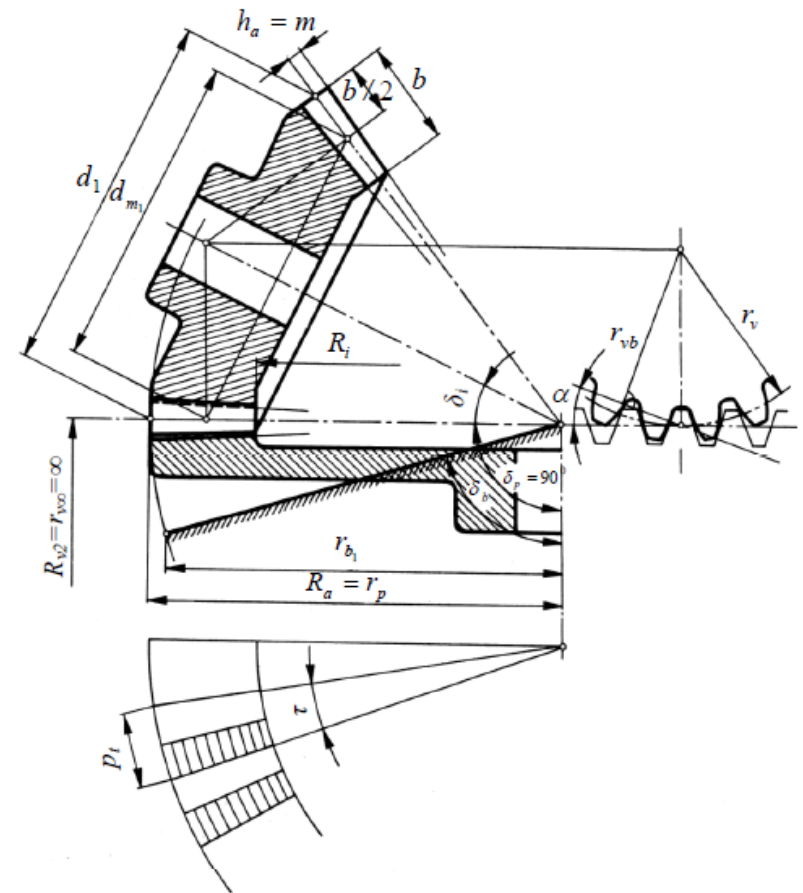


Основни профил код конусних зупчаника

■ Поред модула у спољашњем чеоном пресеку m_e , као номинални модули користе се и вредност модула у средишњем пресеку m_m .

■ У циљу избегавања могућег лома зупца на чеоним ивицама, препоручује се да модул у средњем нормалном пресеку буде у границама

$$m_{mn} = \frac{b}{8} \div \frac{b}{12}$$



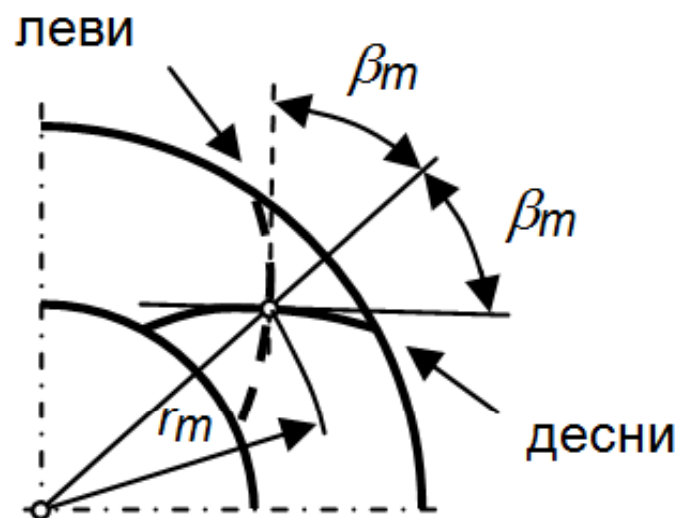
Основни профил код конусних зупчаника

За промену облика и fino подешавање димензија користе се следеће могућности:

- померање профила алата,
- промена дебљине зупца на основном профилу,
- промена висине зупца на основном профилу и
- промена угла профила зупца на основном профилу.

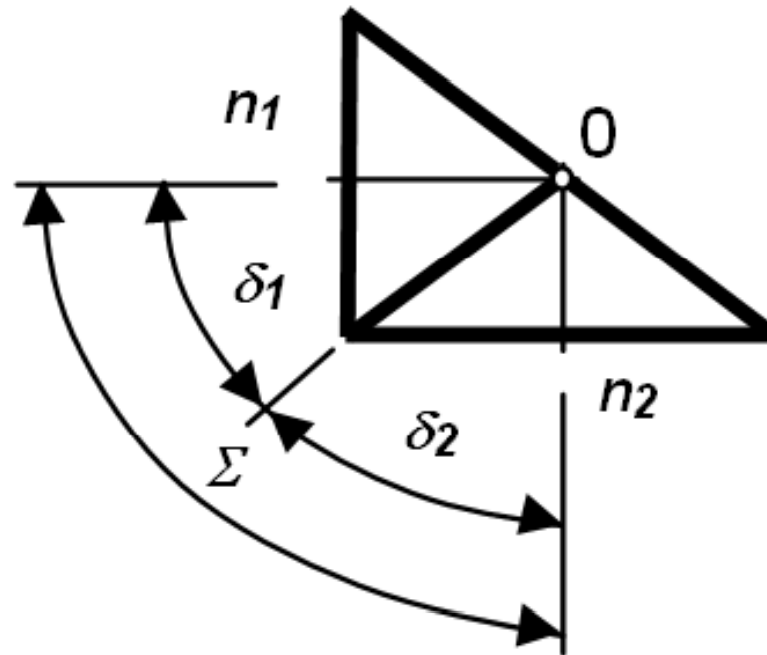
Облик бочне линије и угао нагиба зупца

■ Кривина бочне линије зупца задата је **углом β_m** између тангенте на бочну линију и радијуса повученог из центра кроз пресечну тачку бочне линије и средње подеоне кружнице. Кривина бочне линије зупца у многоме зависи и од поступка израде. Смер кривине је десни ако је угао са десне стране, када се посматра од средишта ка обиму круга, и обратно.



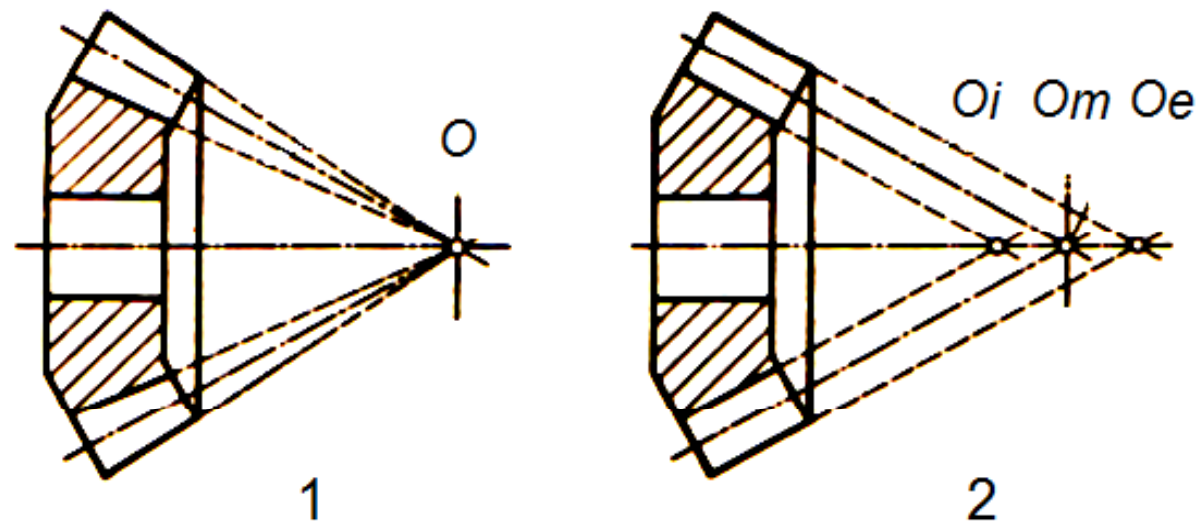
Допунски конуси

- Кинематске површине конусних зупчаника су конуси који се додирују по једној изводници, при чему су врхови у истој тачки.



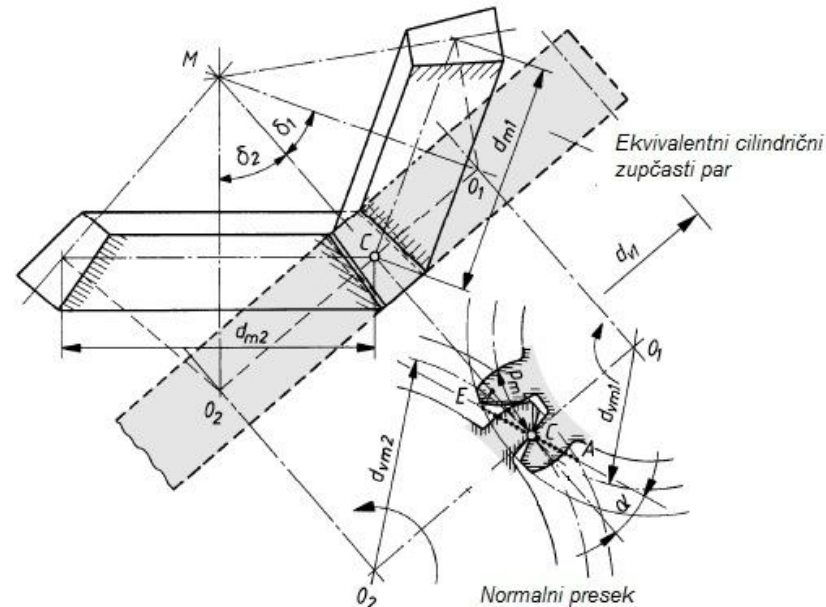
Допунски конуси

■ Међутим, врхови темених и подножних конуса не морају међусобно да се поклапају. Код **зупчаника са константном висином** изводнице темених и подножних конуса су међусобно паралелне. Недостатак конусних зупчаника са константном висином је тај што је зубац, са унутрашње стране, доста узан чиме се повећава опасност од подсецања.



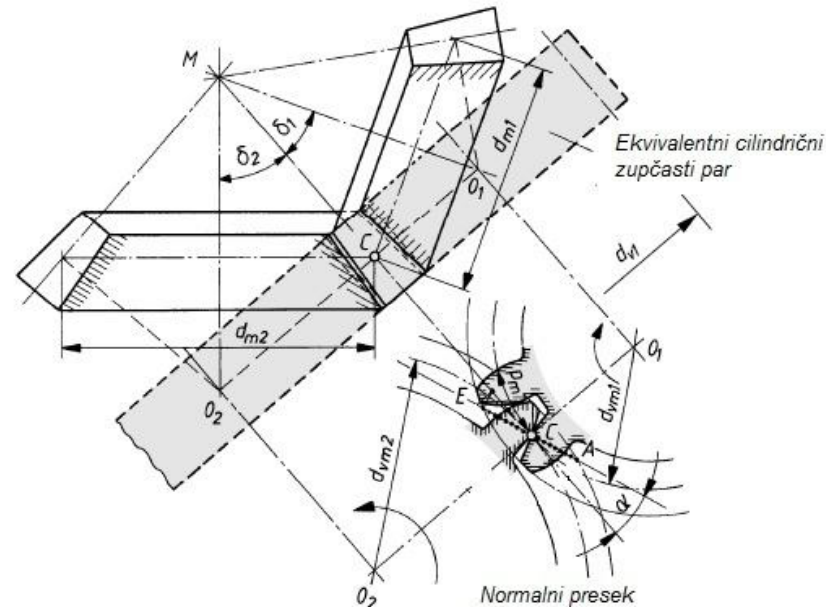
Еквивалентни цилиндрични зупчасти пар

■ За прорачун носивости конусних зупчаника користи се Тредголд-ова апроксимација, која просторни проблем одређивања тачног облика зубаца своди на равански проблем. Њоме се сферне површине, којима се пресецају бокови зубаца да би се добили профили зубаца, преводе у допунске конусе.

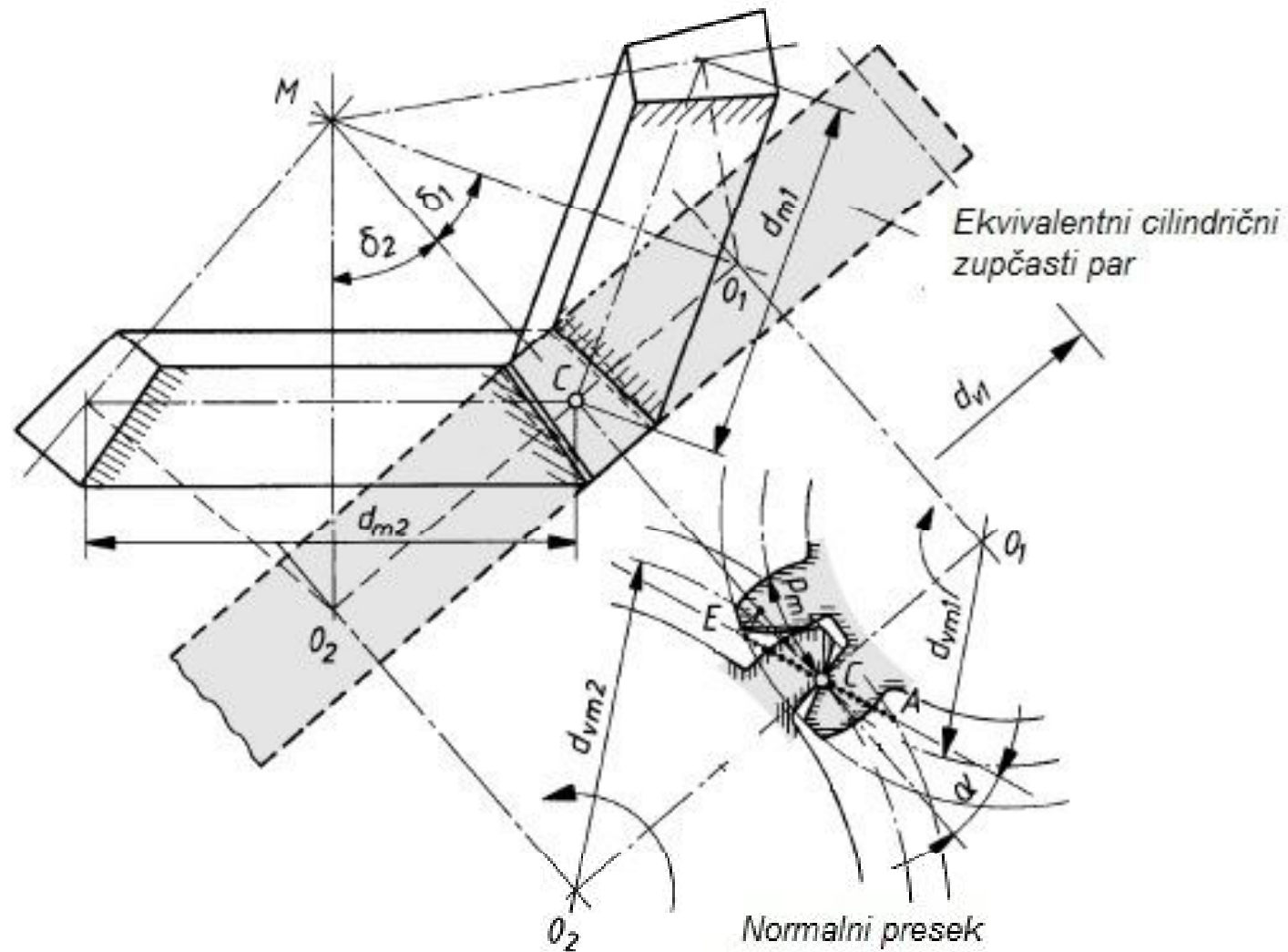


Еквивалентни цилиндрични зупчасти пар

- На овај начин добијене геометријске величине, еквивалентног цилиндричног зупчастог пара, односе се на чеони пресек. Зависно од тога да ли се ради о конусном зупчастом пару са правим, косим или лучним зупцима, добија се еквивалентни цилиндрични зупчасти пар са правим, косим или лучним зупцима.



Еквивалентни цилиндрични зупчasti пар

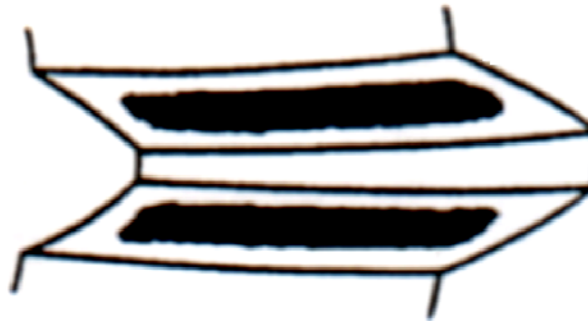


Траг ношења

- Лоша особина конусних зупчаника је што захтевају веома тачно подешавање у току монтаже, јер, у противном, долази до оптерећења само једног дела бока зупца, што изазива неравномерно хабање па и лом зупца.
- Као показатељ квалитета спрезања узима се траг ношења на боковима спрегнутих зубаца, тј. његова величина, облик и положај.

Траг ношења

- У неоптерећеном стању потребно је да траг ношења прекрива **минимално 50% дужине зупца**.
- У идеалним условима, **под пуним оптерећењем**, траг ношења би требао да износи 100%, али због нетачности израде и еластичности материјала, он **обично износи само око 85%**. Траг ношења не сме да буде на врху, односно, у подножју зупца.

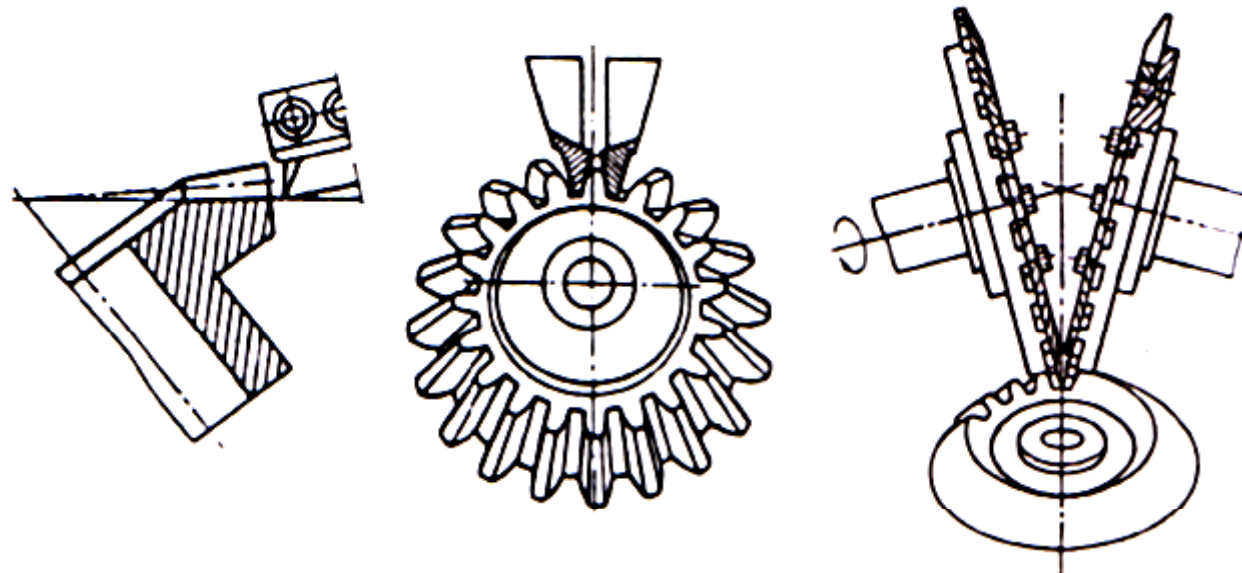


Израда конусних зупчаника

- Израда сферно еволвентних зупчаника је изузетно сложена и могуће ју је извести само копирањем помоћу шаблона, због тога се такви зупчаници данас практично и не примењују.
- Код октоидних зупчаника бокови су у облику равни тако да профил основне зупчасте плоче одговара стандардном профилу цилиндричних еволвентних зупчаника, тако да њихова израда није посебно сложена.

Израда конусних зупчаника

Конусне зупчанике **са правим зупцима** могуће је изградити релативним котрљањем алата у односу на радни предмет. Обрада се врши са два алата, са праволинијским изводницама, који се тако крећу да описују бок зупца основне зупчасте плоче.



Израда конусних зупчаника

За израду конусних зупчаника **са лучним зупцима** развијено је више поступака обраде:

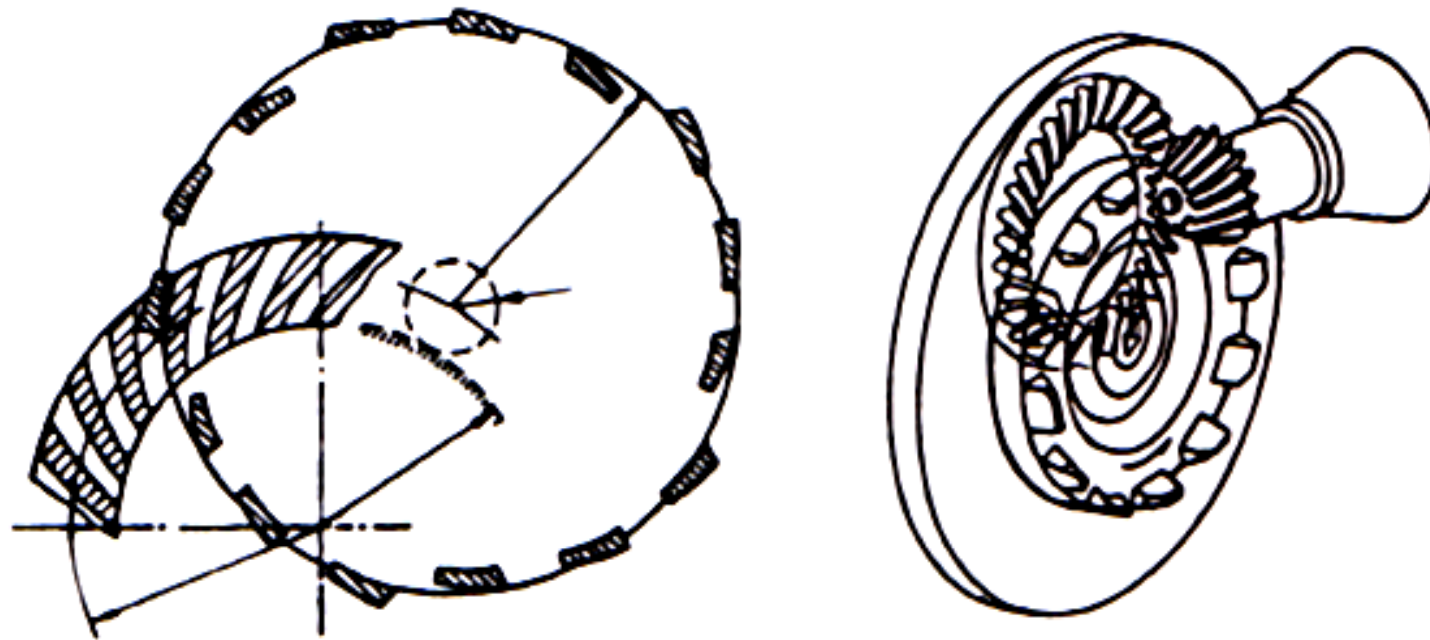
■ **Глизон (Gleason)** - линија зупца је у облику кружног лука. Угао нагиба (спирале) се креће од 0° до 45° , а обично се усваја 35° .

■ **Оерликон-спироматик** - бочна линија зупца је у облику епициклоиде. Висина зупца је константна. Угао нагиба зупца се креће у границама од 30° до 50° .

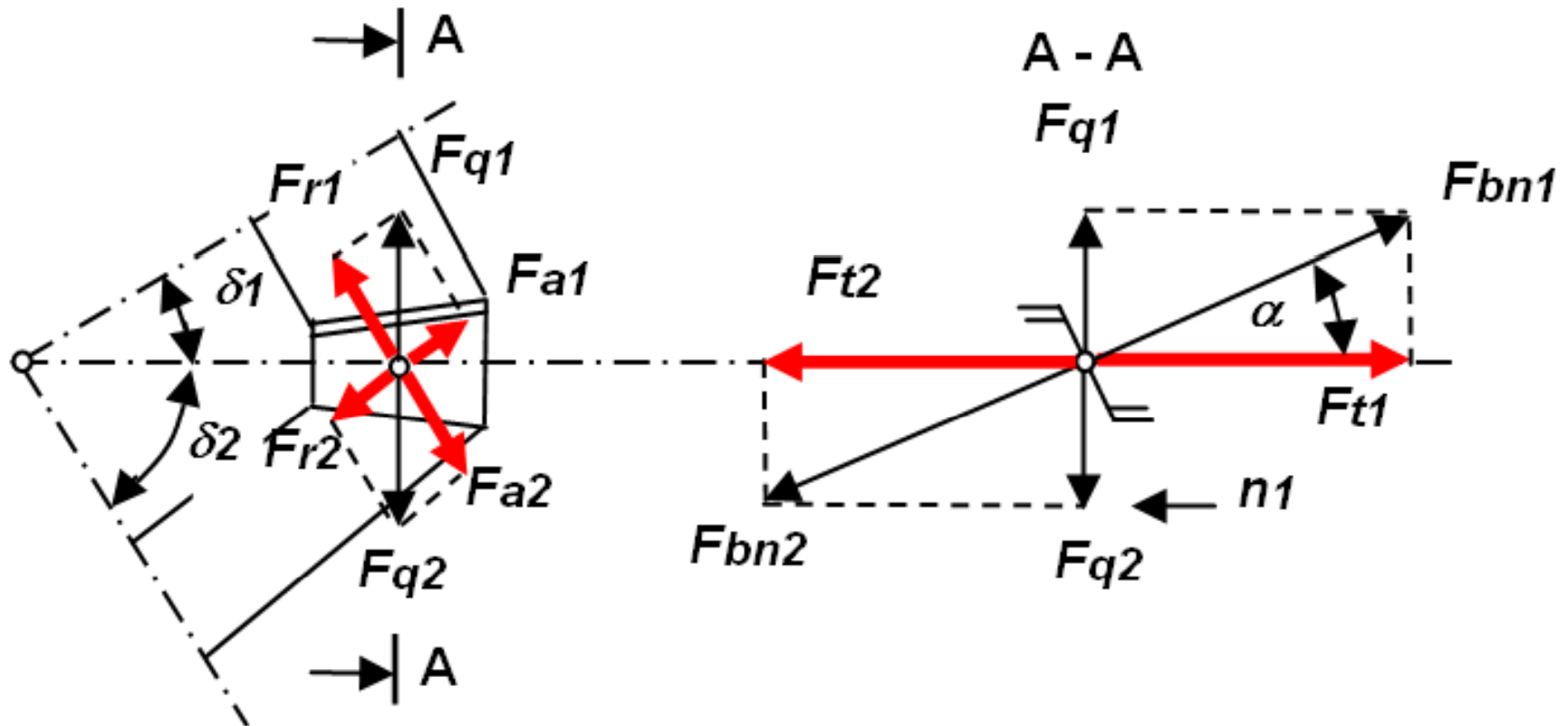
■ **Клингелнберг-палоид** - бочна линија зупца је еволвента. Висина зупца је константна. Угао нагиба зупца се креће у границама од 35° до 38° .

■ **Клингелнберг-цикло-палоид** - бочна линија зупца је епициклоида. Висина зупца је константна. Угао нагиба зупца се креће у границама од 0° до 45° .

Израда конусних зупчаника



Силе на конусним зупчаницима



Силе на конусним зупчаницима

Вредности појединих сила су:

■ Обимне силе

$$F_{t1} = \frac{T_1}{r_{m1}} \quad F_{t2} = \frac{T_2}{r_{m2}}$$

■ Радијалне силе

$$F_{r1} = F_{q1} \cos \delta_1 = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_1$$

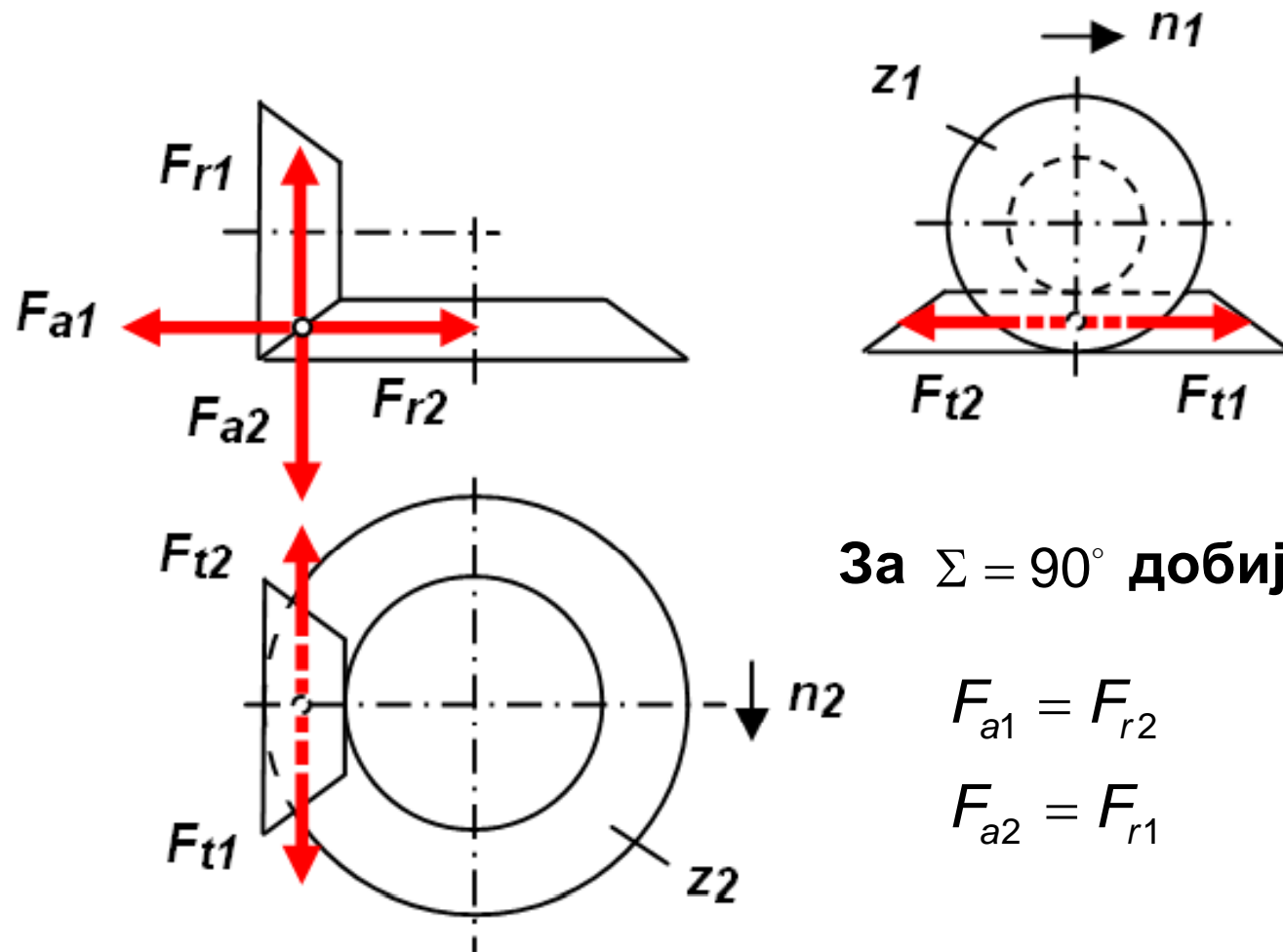
$$F_{r2} = F_{q2} \cos \delta_2 = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_2$$

■ Аксијалне силе

$$F_{a1} = F_{q1} \sin \delta_1 = F_{t1} \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_1$$

$$F_{a2} = F_{q2} \sin \delta_2 = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha \sin \delta_2$$

Силе на конусним зупчаницима



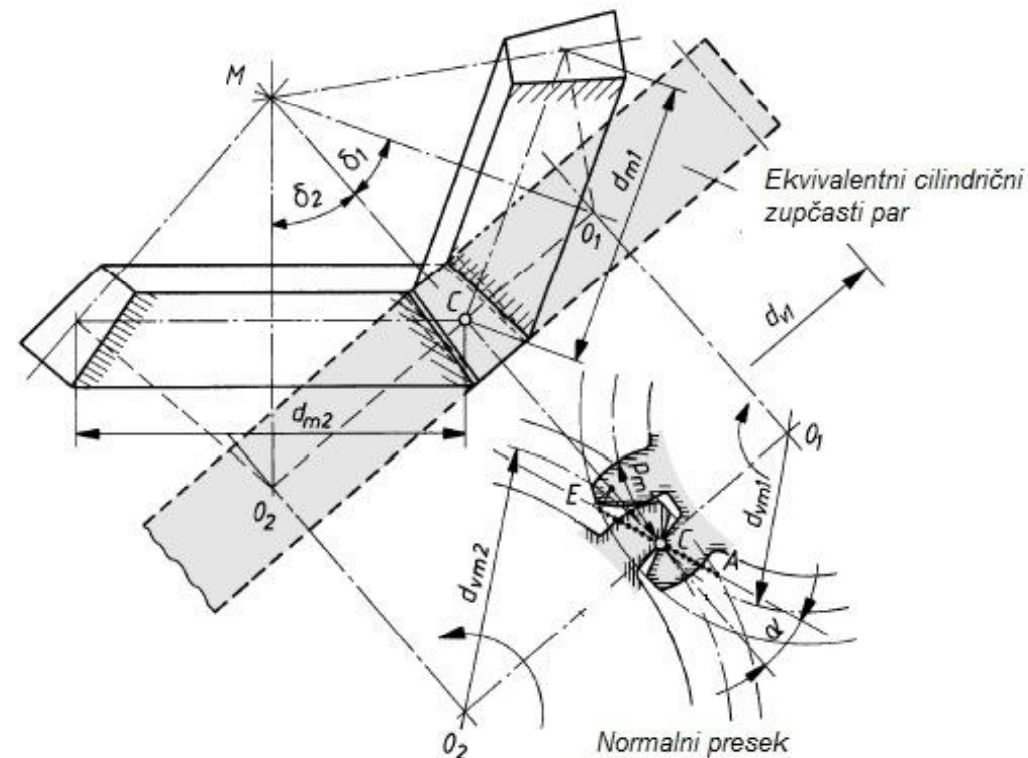
За $\Sigma = 90^\circ$ добија се да је:

$$F_{a1} = F_{r2}$$

$$F_{a2} = F_{r1}$$

Носивост конусних зупчаника

Носивост конусних зупчаника се прорачунава на идентичан начин као и код цилиндричних зупчаника с том разликом што се прорачун изводи за еквивалентни зупчасти пар у средњем пресеку.



Избор основних геометријских величина

■ Димензије конусних зупчаника зависе од поступка израде, јер се код сваког од поступака неке величине ограничавају, а посебно код конусних зупчаника са лучним зупцима.

У оквиру претходног прорачуна одређује се:

■ пречник подеоне кружнице у средњем пресеку

$$d_{m1} = 2000 \sqrt[3]{\frac{T_1 K_A}{\sigma_{Hlim}^2} \frac{1}{\sqrt{u^2 + 1}}}$$

Избор основних геометријских величина

■ активна ширина зупчаника

$$b = 0,15 d_{m1} \sqrt{u^2 + 1}$$

■ број зубаца малог зупчаника

$$z_1 = \frac{b d_{m1}^2 U \cos \beta_m}{4900 T_1}$$

Носивост конусних зупчаника

Радни напон:

$$\sigma_H = Z_H Z_E Z_\varepsilon Z_\beta Z_K \sqrt{\frac{F_{tm}}{d_{v1} b_{eH}} \frac{u_v + 1}{u_v} K_A K_V K_{H\alpha} K_{H\beta}}$$

Критични напон:

$$\sigma_{HK} = \sigma_{Hlim} Z_{NT} Z_L Z_R Z_V Z_X$$

Степен сигурности против разарања бокова зубаца услед питинга:

$$S_H = \frac{\sigma_{HK}}{\sigma_H} \geq S_{Hmin} = 1,2$$

Носивост конусних зупчаника

Радни напон:

$$\sigma_F = \frac{F_{tm}}{b_{eF} m_{mn}} Y_{Fa} Y_{Sa} Y_{\varepsilon} Y_{\beta} Y_K K_A K_V K_{F\alpha} K_{F\beta}$$

Критични напон:

$$\sigma_{Fk1,2} = \sigma_{Flim} Y_{NT} Y_{ST} Y_{\delta relT} Y_{RrelT} Y_X$$

Степени сигурности против лома услед замора погонског и гоњеног зупчаника:

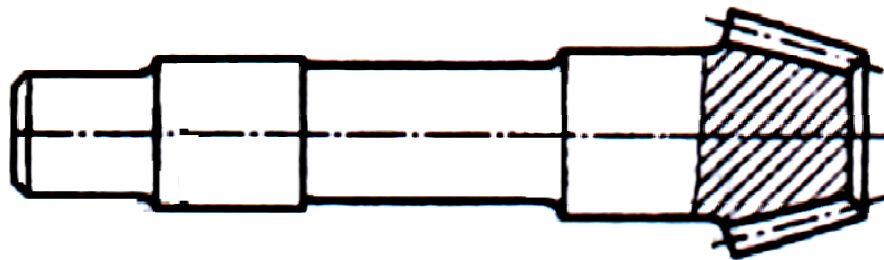
$$S_{F1} = \frac{\sigma_{Fk1}}{\sigma_{F1}} \geq S_{Fmin} = 1,2 \dots 1,5 \quad S_{F2} = \frac{\sigma_{Fk2}}{\sigma_{F2}} \geq S_{Fmin} = 1,2 \dots 1,5$$

Материјали за израду зупчаника

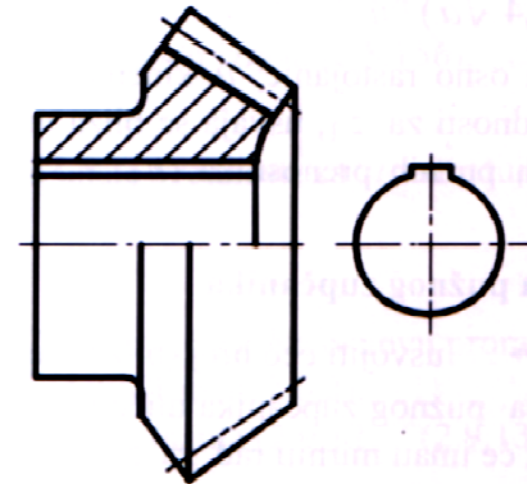
- За израду конусних зупчаника користе се исти они материјали који се користе и за израду цилиндричних зупчаника, значи, **жилави материјали, са великом тврдоћом, који су отпорни на хабање.**
- То су најчешће челици за цементацију (жилаво језгро и тврда површина) обично 16MnCr5, 20MnCr5, 16MnCr4, итд.
- Мада се могу користити и други материјали: сиви лив, нодуларни лив, месинг, пластичне масе, итд.
- Челици за цементацију се цементирају на одређену дубину (у зависности од модула) и кале на одређену тврдоћу (обично од 58 до 60 HRC).

Конструкционо извођење

Облик зупчаника зависи од низа фактора, као и код цилиндричних, а у првом реду од његових димензија. Ако су пречници мањи израђују се заједно са вратилом, а у противном одвојено.

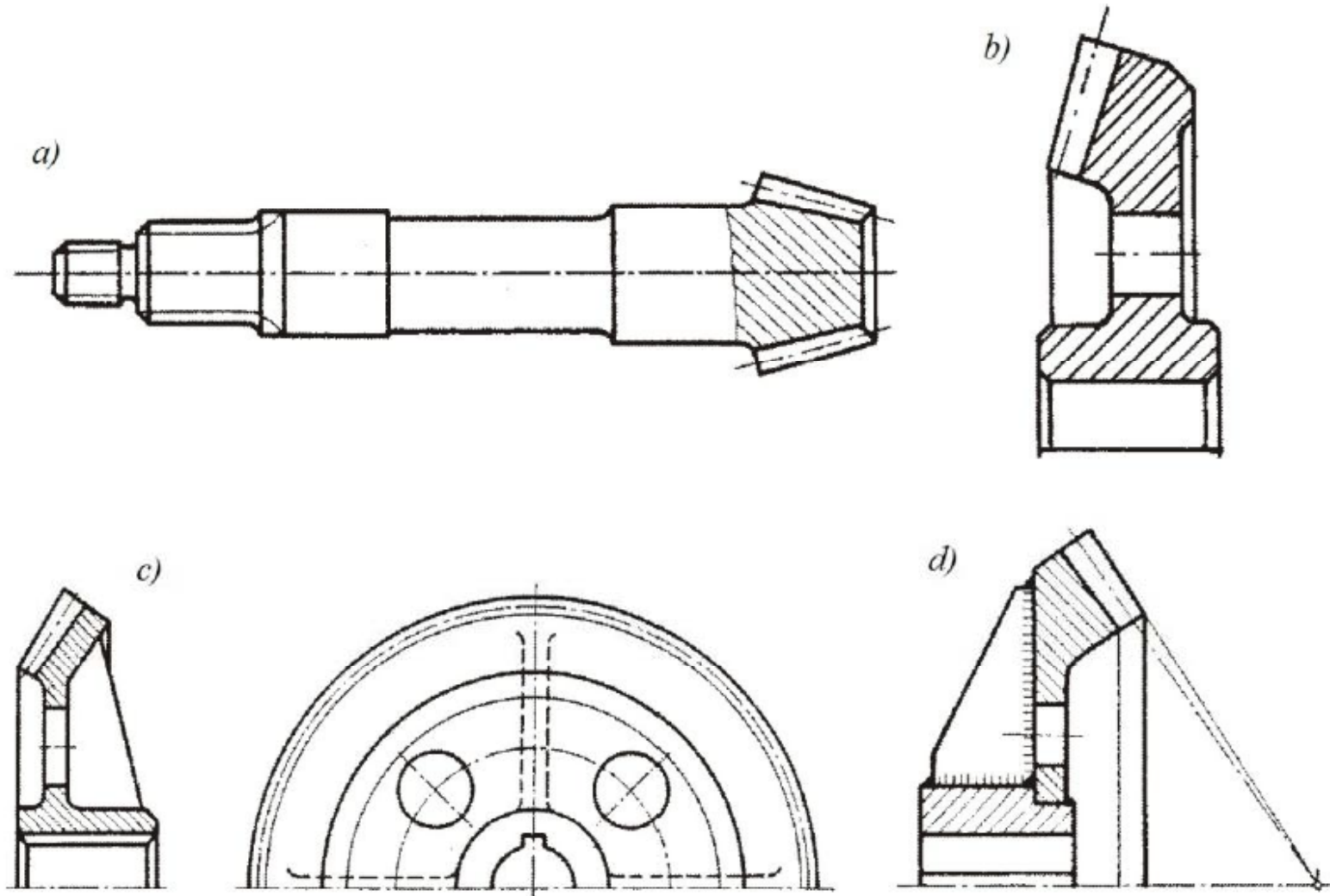


1



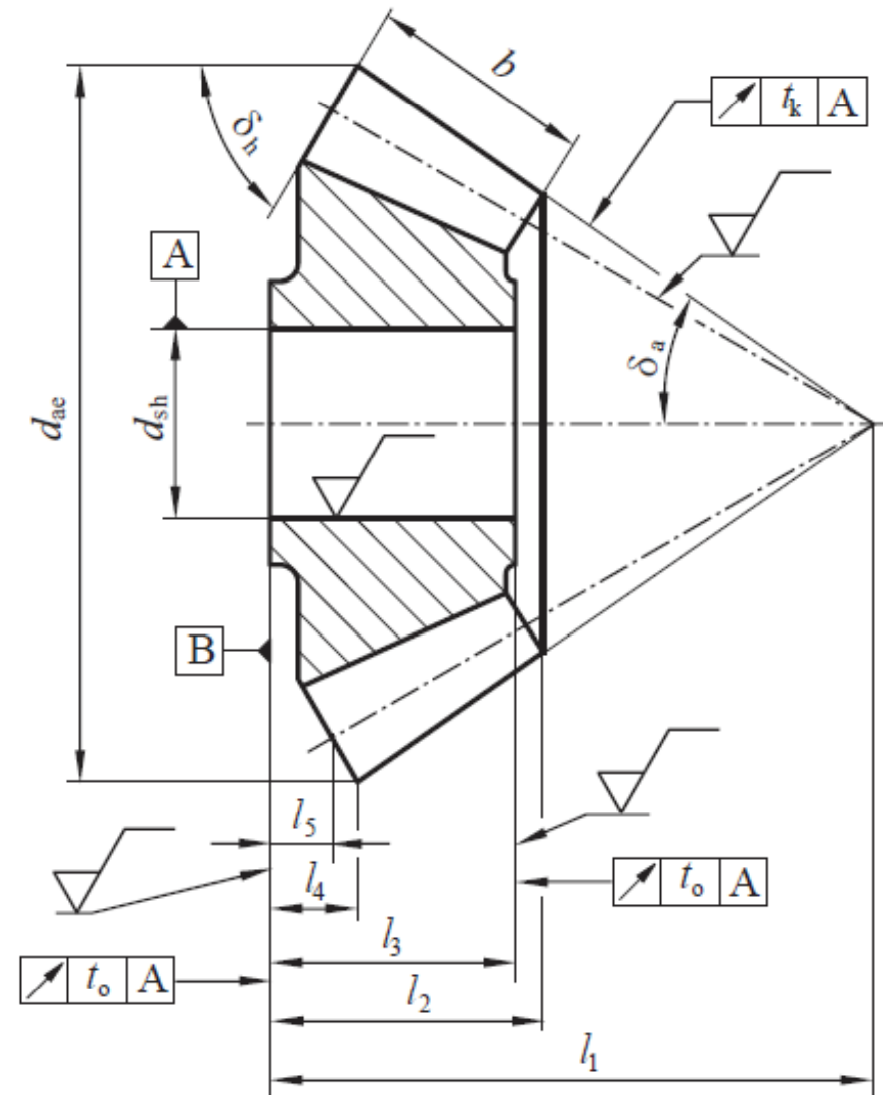
2

Конструкционо извођење



Конструкционо извођење

Стандардом је прописан изглед радионичког цртежа, тј. које се мере морају обавезно котирати и шта се све мора уписати у табелу података о озубљењу.



Конструкционо извођење

Modul, m_{et} , mm	Koeficijent pomeranja profila, x_{hm}
Broj zubaca, z	Tetivna debljina zupca s pri visini merenja h , mm
Oznaka osnovnog profila, ISO	Ugao podnožnog konusa δ_f°
Prečnik spoljne podeone kružnice, d_e , mm	Kvalitet Q , prema ISO 17485
Ugao podeonog konusa, δ°	Osni ugao Σ°
Spoljno konusno rastojanje, R_e , mm	Spregnuti zupčanik: broj zubaca, z
Napomena: Po potrebi mogu u tabeli da se navedu i drugi podaci	

Питања ...

