

NGB_AJ012_1 Forgácsoló megmunkálás
(Forgácsolás és szerszámai)

Fogaskerék megmunkálás technológiája és szerszámai

Dr. Pintér József
2018.

Felhasznált irodalom

Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József: Forgácsolás és szerszámai. Széchenyi István Egyetem 2011. Digitális Tankönyvtár.

Pápai Gábor.ppt prezentációja 2013.

Dr. Szmejkál Attila – Ozsváth Péter Járműszerkezeti Anyagok és Megmunkálások II. (Előadásanyag 2007-2008) – BME Járműgyártás és –Javítás Tanszék, BP

Dr. Horváth Mátyás, Dr. Markos Sándor: Gyártástechnológia (J4-5018)

Igaz Jenő – Pintér József: Forgácsoló megmunkálás III. (Forgácsoló megmunkálások) SZE, Győr

A fogaskerékgyártás alapjai

- ❖ Fogaskereket túlnyomórészt forgácsolással gyártanak.
- ❖ A megmunkálás célja a fogaskerék evolvens oldalfelületekkel határolt **fogárkának** kimunkálása.
- ❖ A külső és belső fogazású homlokkerekek és kúpfogaskerekek megmunkálásának technológiai alapjait, továbbá szerszámainak tekintjük át.
- ❖ A forgácsolás jellege szerint két alapeset különíthető el.
 - **Profilozó eljárás** során a fogároknak megfelelő alakú szerszámmal egyenként munkálják ki a fogárkokat.
 - **Lefejtő eljárásnál** a szerszám alakja megfelel a készítendő fogaskerék ellenkerékének és a forgácsoló gép által megvalósított összegördítés alatt az egymás után következő fogak folyamatosan készülnek el.
- ❖ A **homlokkerekek** készülhetnek profilozó vagy lefejtő eljárással egyaránt. A **kúpkerekek** a változó fogárokszélesség miatt, csak lefejtő-jellegű eljárással készíthetők.

A fogaskerékgyártás alapjai

Homlokfogaskerék gyártása

Profilozó eljárás

- marás
- vésés

Lefejtő eljárás

- lefejtő vésés:
- metszőkerekes
 - fésűskéses
- lefejtő marás
- csigamarós

Kúpkerék gyártása

Egyenes fogazat

- egykéses eljárás
- kétkéses eljárás

Ívelt fogazat

- köríves eljárás
- spiráltárcsás elj.
- csigamarós elj.

Fogaskerek beképező, finommegmunkálásai:

- foglekerekítés, fogsarkítás
- foghántolás
- fogkőszőrülés
- dörzskőszőrülés
- bejáratás

Az eljárás módja	Készíthető	Szerszám	Fogazógép
Öntött fogazat	Hengeres és kúpkerék	Faminta Fémminta Osztószerkezet	
Képlékenyen alakított fogazat	Hengereskerék és fogasléc	Idomhúzás Foghengerlés Sajtolás	
Forgácsolással másolás	Kúpkerék	Gyalukés	Másológyalugép Zimmermann
Forgácsolással profilozás	Hengereskerék Kúpkerék Fogasléc	Tárcsamaró Ujjmaró	Egyetemes marógép
Forgácsolással lefejtés	Csigakerék	Csigamaró	Lefejtőmarógép
	Hengereskerék Egyenes Ferde Belsőfogú	Fésűskés Csigamaró metszőkerék	Foggyalugép Fogmarógép Fogmetszőgép
	Kúpkerék, egyenes és ferde fogú	Egyeskés Két kés	Foggyalugép
	Kúpkerék ívelt fogakkal	Kúposmaró	Klingelberg
		Sokkéses marótárcsa	Gleason Oerlikon
Forgácsolással üregezés	Kúpkerék egyenes fogazattal	Sokkéses marótárcsa	Célgép

Fogaskerekek csoportosítása

Hengeres

Kúp

Csiga

Egyenes

Ferde

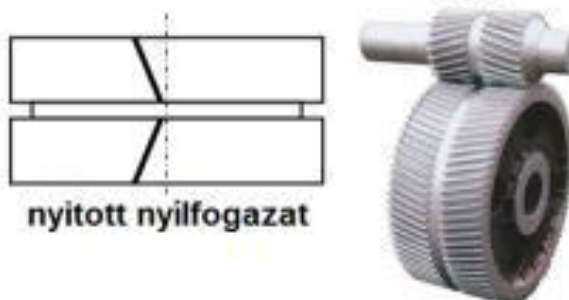
Ívelt

Modul: $m=d/z$



Fogaskerekek fogazási módjai

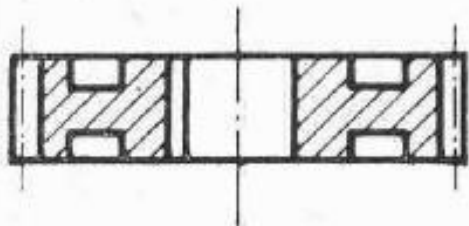
Hengeres kerekek



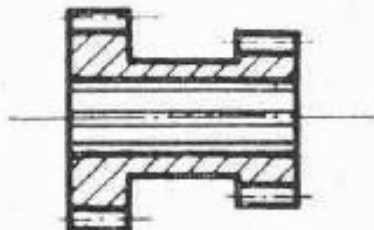
Kúpkerék



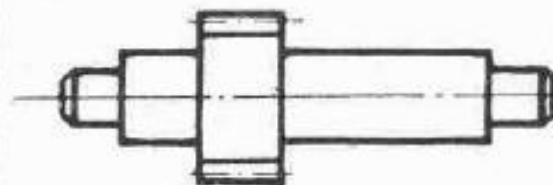
Hengeres fogaskerek



Furatos kerék rövid aggyal



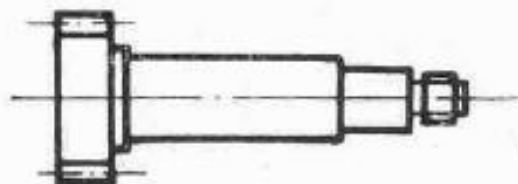
Csoportkerék



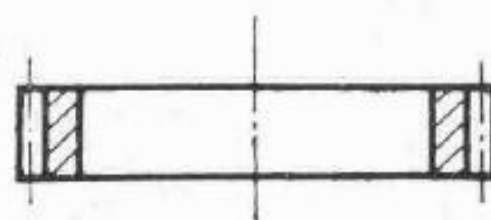
Tengelyes kerék



Furatos kerék hosszú aggyal

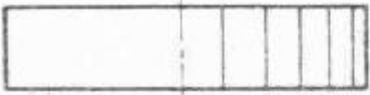
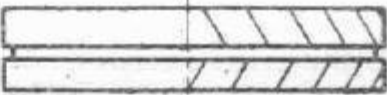
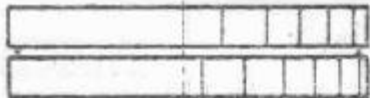
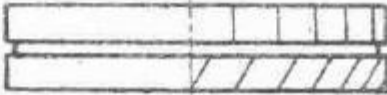
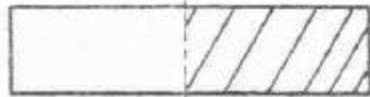
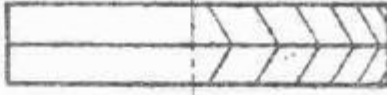
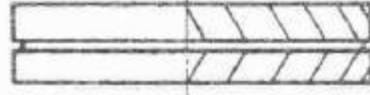
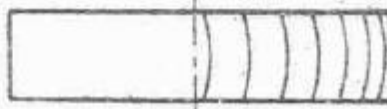


Száras kerék



Fogaskoszorú

Fogazatok

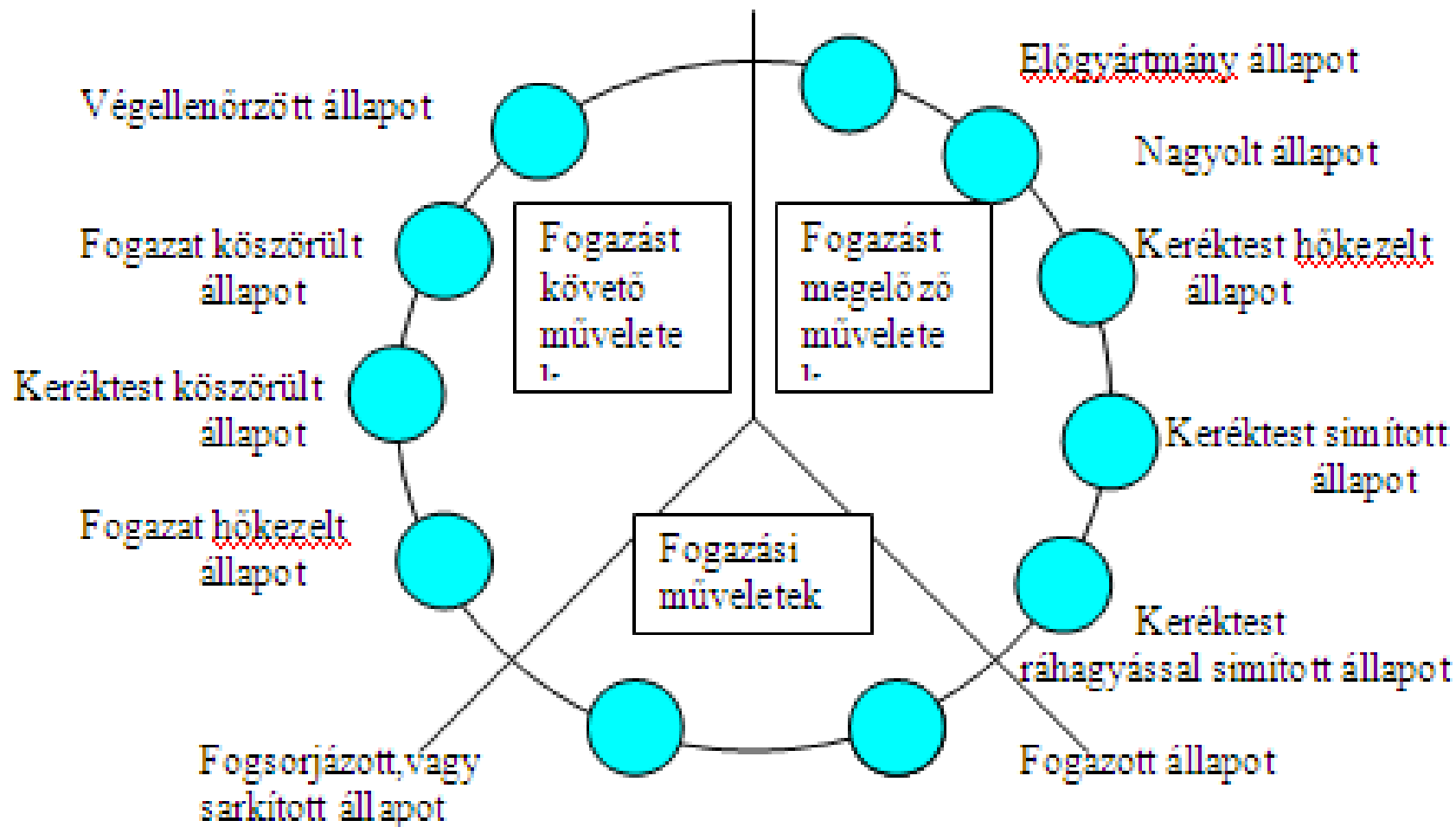
	<i>Egyenes fogazat</i>		<i>Lépcsős nyíl- fogazat</i>
	<i>Lépcsős fogazat wüst</i>		<i>Felemás fogazat</i>
	<i>Ferde fogazat jobb hajlású vagy balhajlású</i>		<i>Zárt nyíl fogazat</i>
	<i>Nyíl fogazat</i>		<i>Ivelt fogazat</i>

Fogazási technológiák

A hengeres fogaskerekek gyártási műveleteinek három fő szakasza különböztethető meg:

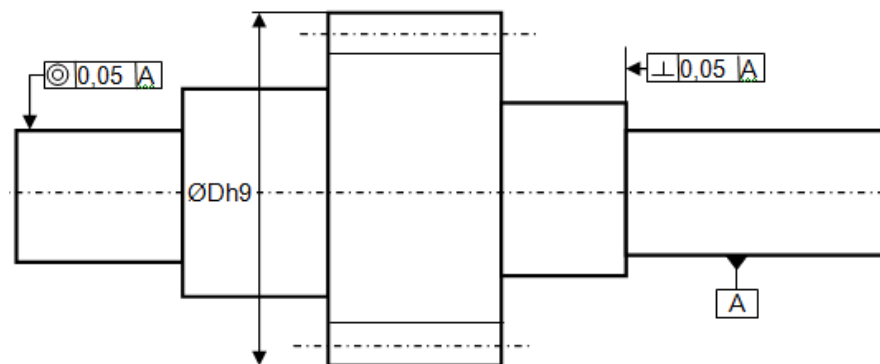
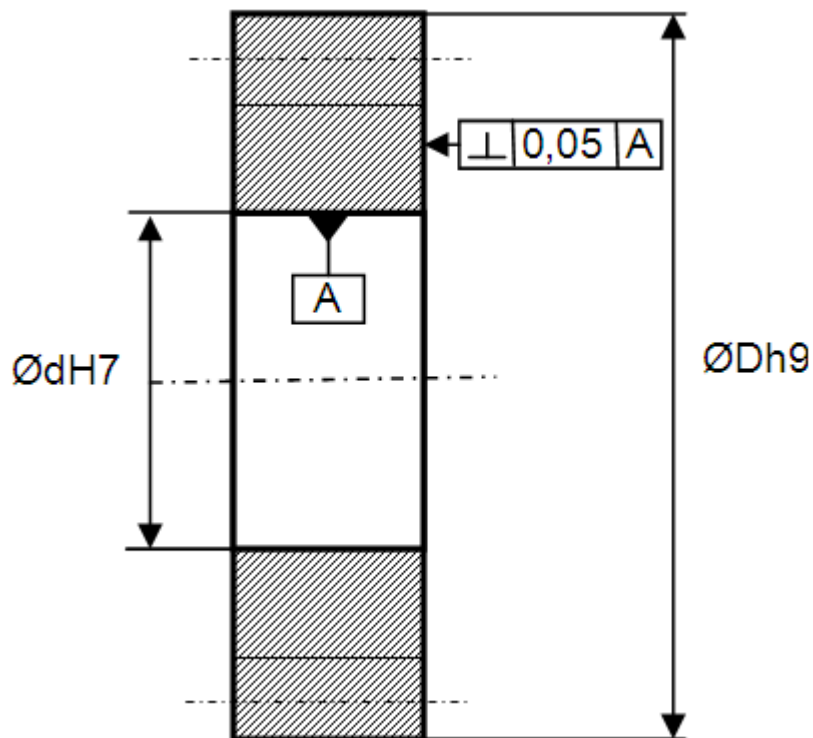
- **a fogazást megelőző műveletek,**
- **a fogazás műveletei,**
- **a fogazást követő műveletek.**

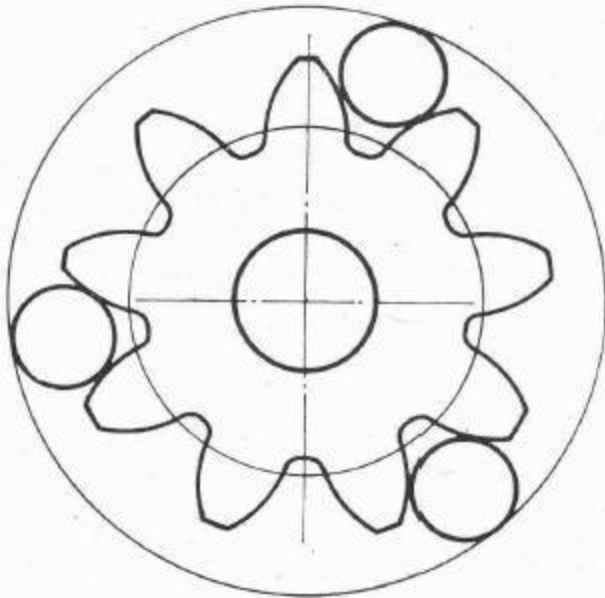
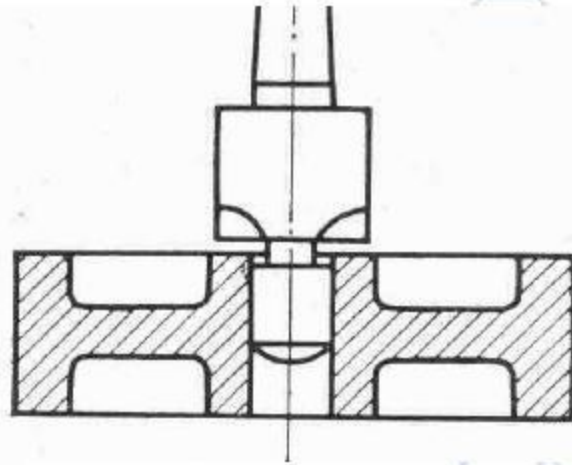
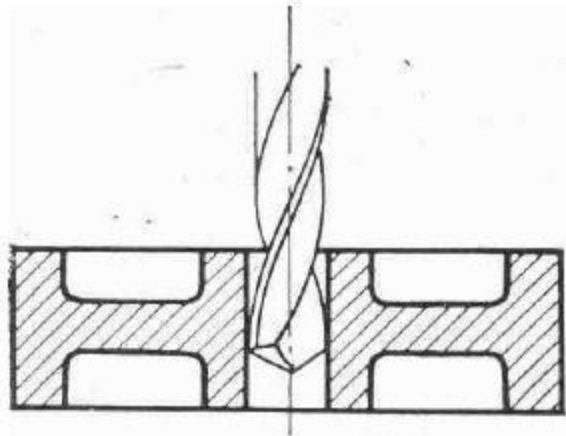
Fogazási technológiák



A hengeres fogaskerek gyártási műveleteinek szakaszai

Fogazás előtti műveletek, bázisok



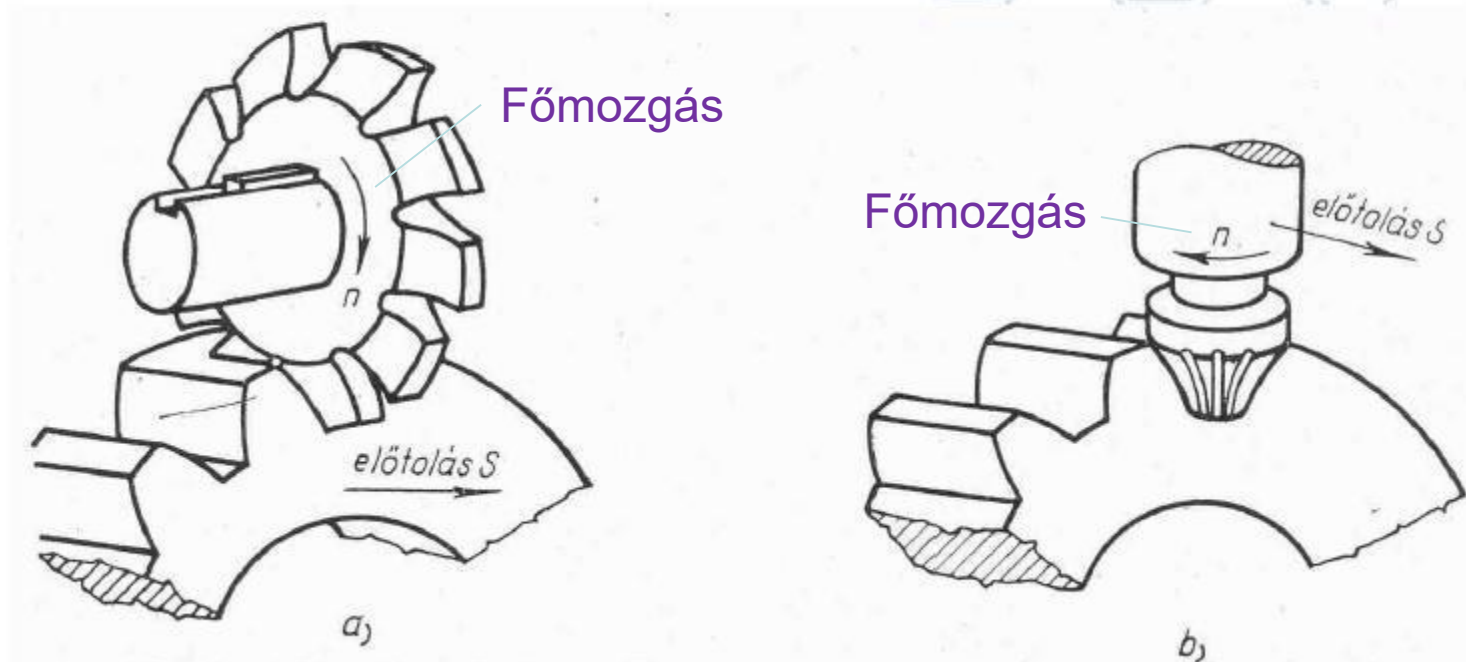


Profilozó eljárások

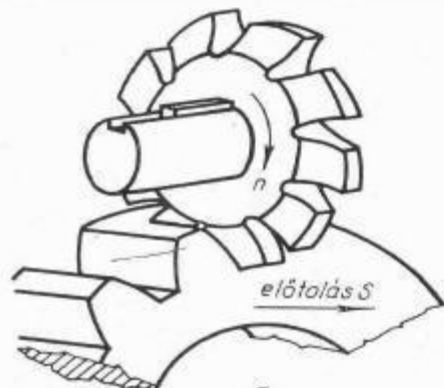
- A kimunkálandó fogárok profilját a marószerszám hordozza. Az eljárás során a szerszám profilja rámásolódik a munkadarabra.
- Profilozó marással egyenes-, ferdefogú és nyílfogazatú homlokkerekek gyárthatók. Emellett lánckerekek, fogaslécék gyártása is megvalósítható.
- A fogak osztása és a fogprofil alakja viszonylag pontatlan, ezért az ilyen technológiával gyártott alkatrészek csak alárendeltebb feladatra használhatók, illetve a különösen nagyméretű (akár több méter átmérőjű) fogaskerekek gyártása valósítható meg profilozó marással.
- A profilozáshoz használt szerszámnak két típusa ismert:
 - ❖ tárcsamaró (modulmaró)
 - ❖ profilos ujjmaró

Profílozó eljárások

A fogárok alakja és a szerszám profilja megegyezik.



Profilozás tárcsamarróval



Egyedi és kis sorozat esetén.

Egyszerű eljárás

Pontatlan

Egyenes és ferde fogú kerekek

Szerszám: modulmaró: azonos modulon belül
fogsám-csoportokhoz van rendelve.

Idő:

$$t_g = i \cdot z \cdot \left(\frac{L}{f} + t_o \right)$$

$$L = b + l_1 + l_2 + l_3$$

$$l_2 = \sqrt{D \cdot h - h^2}$$

i: fogásszám

z: fogaskerék fogszáma

L: munkaút

f: előtolás

t_o : visszafutás és osztás ideje

b: kerék szélessége

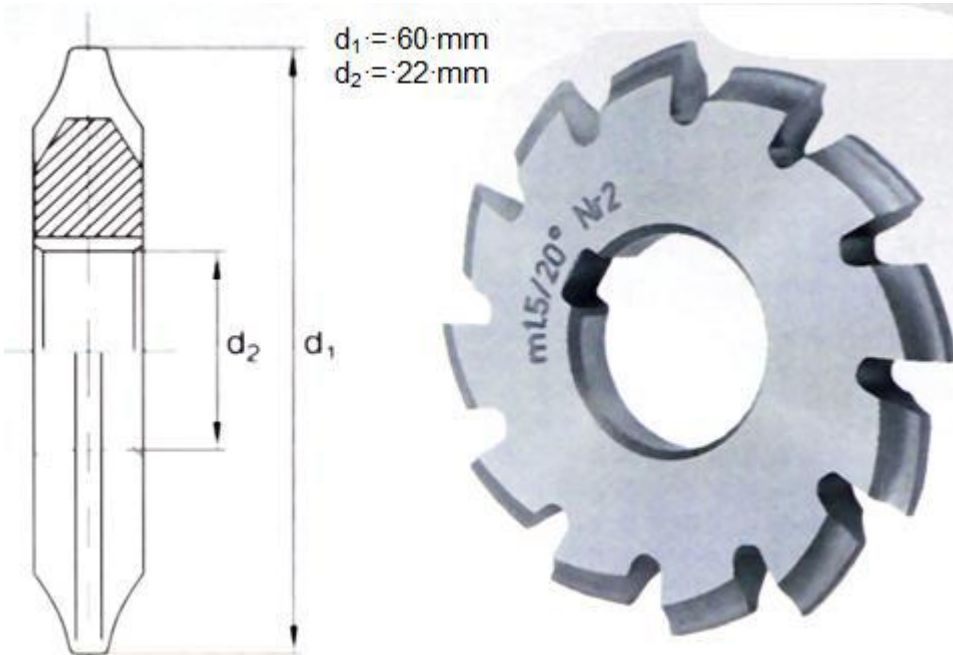
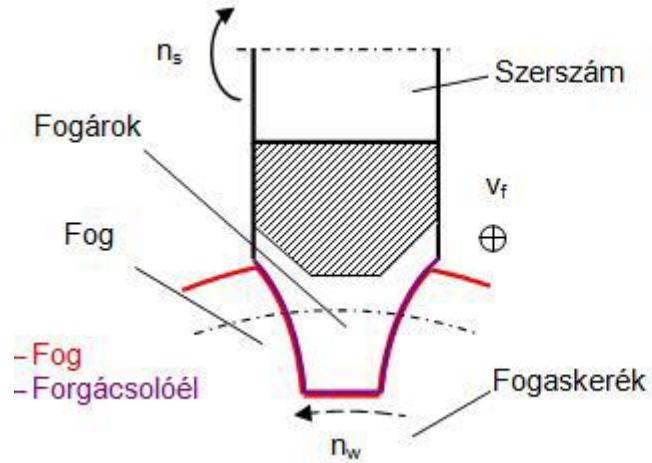
$l_1 + l_3 = 10-20$ mm

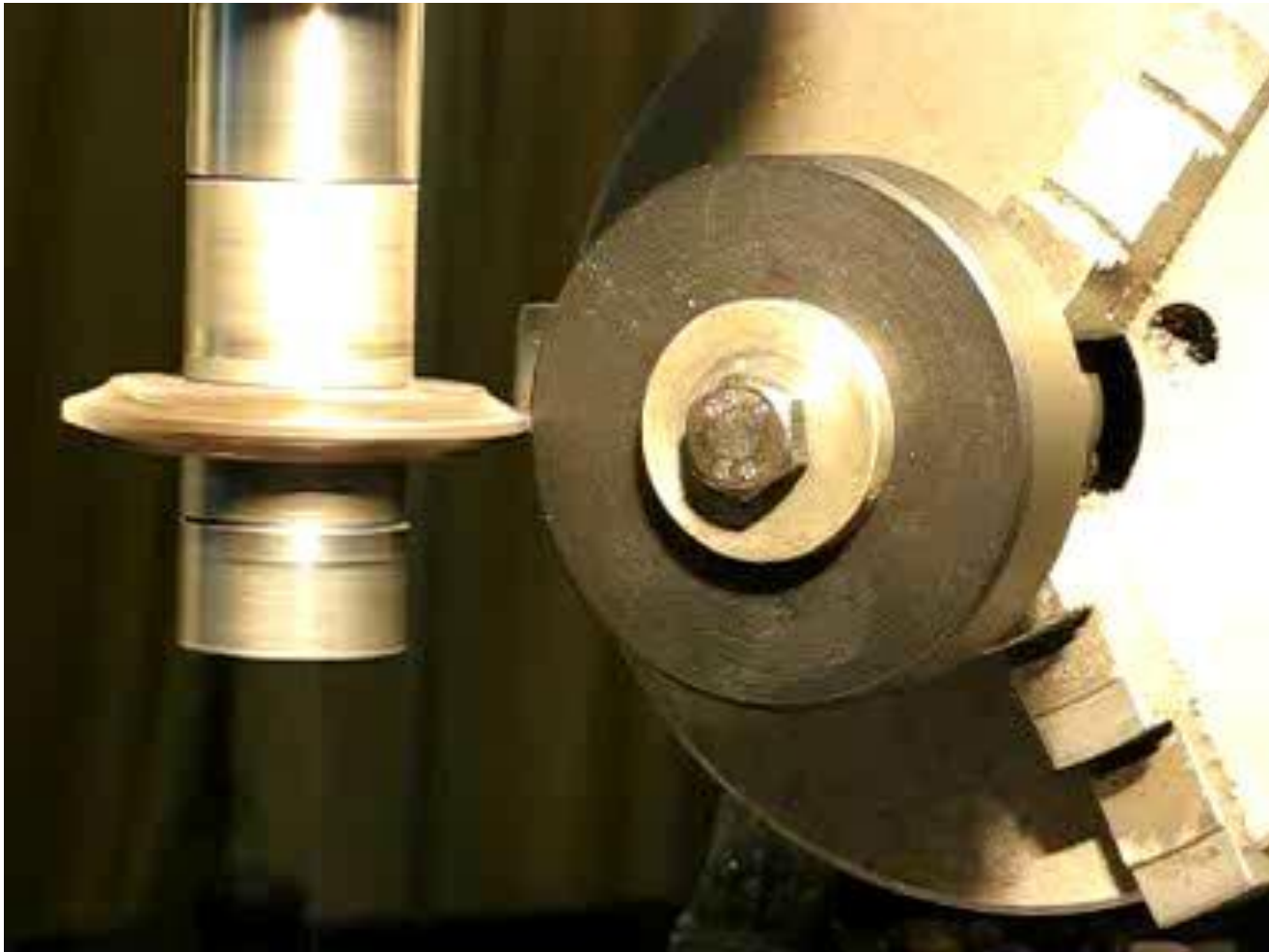
D: tárcsamarró átmérője

$h = 2,17 \cdot m$ fogmagasság

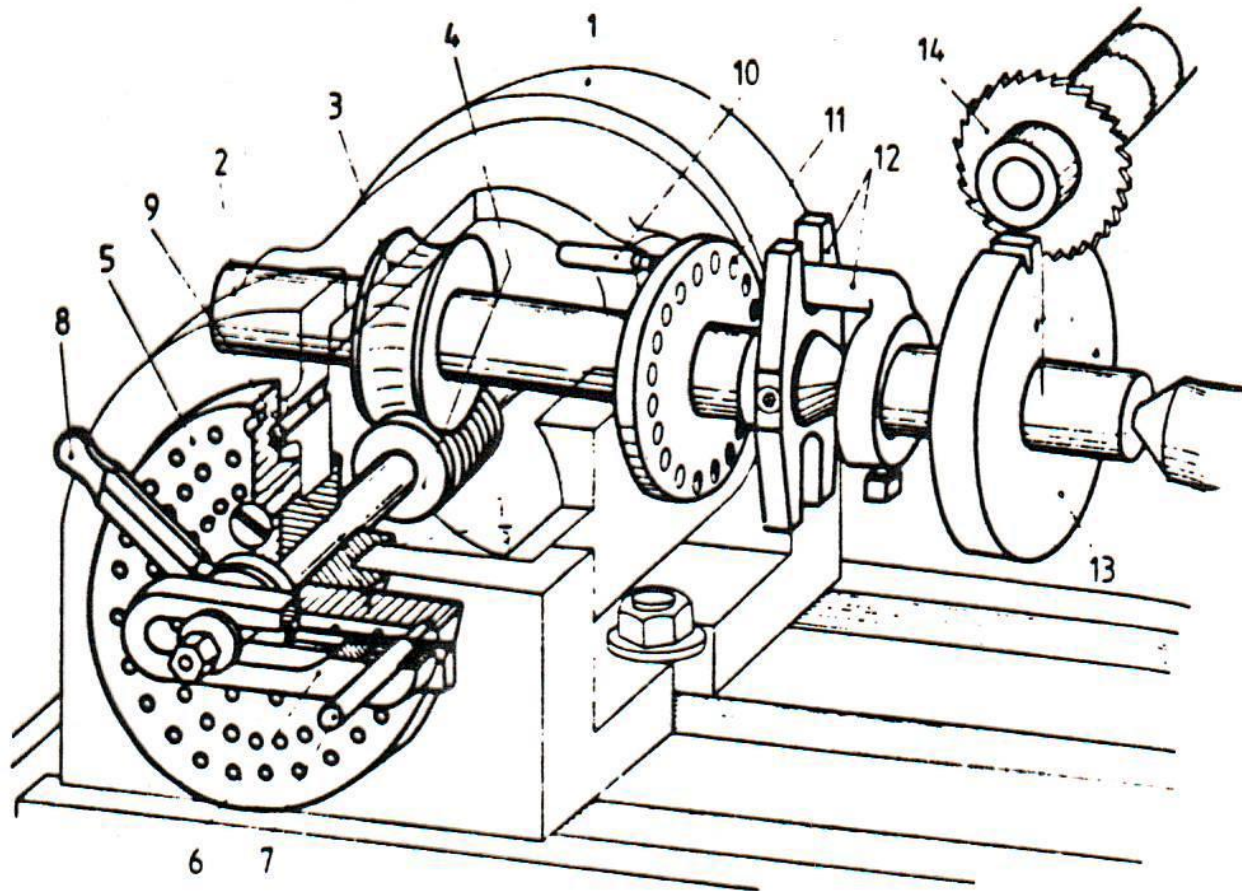
m: modul

Profilozás tárcsamarával





Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József: Forgácsolás szerszámai SZE digitális-tananyag, 2011.

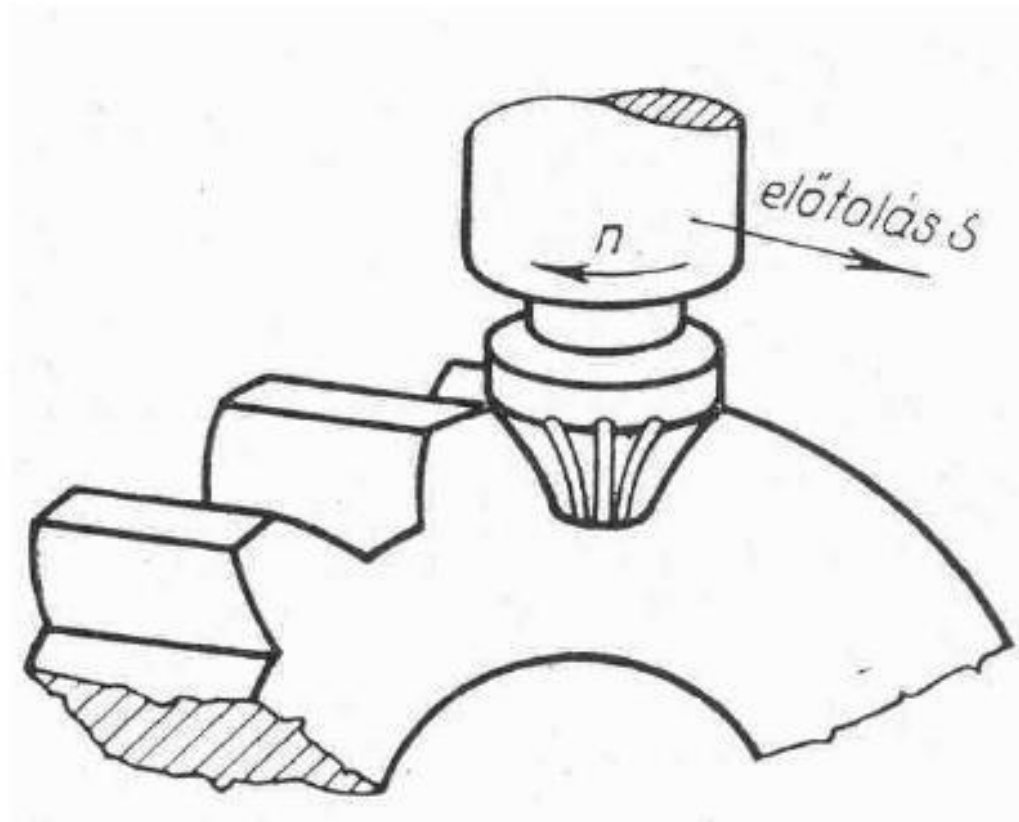


Egyetemes osztókészülék (egyszerűsített ábrázolás)

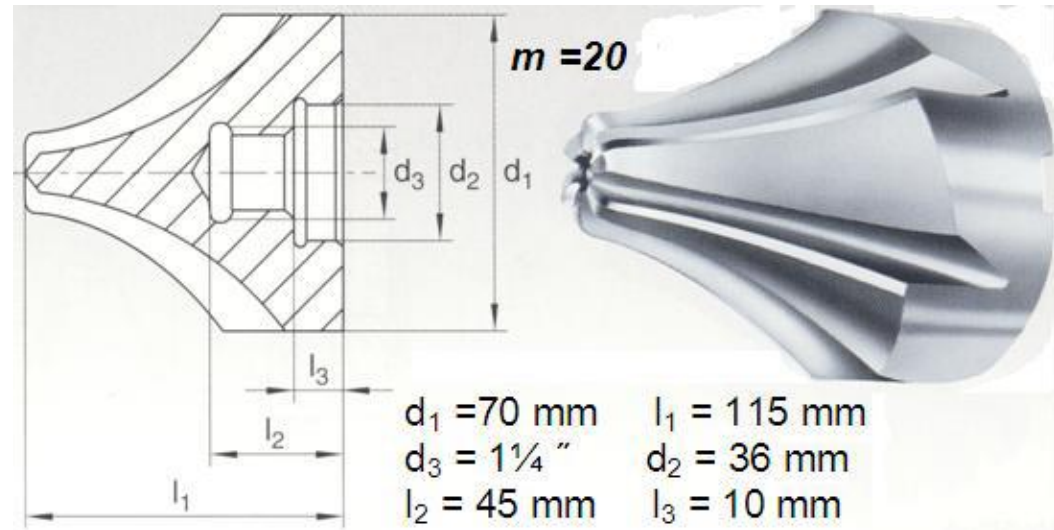
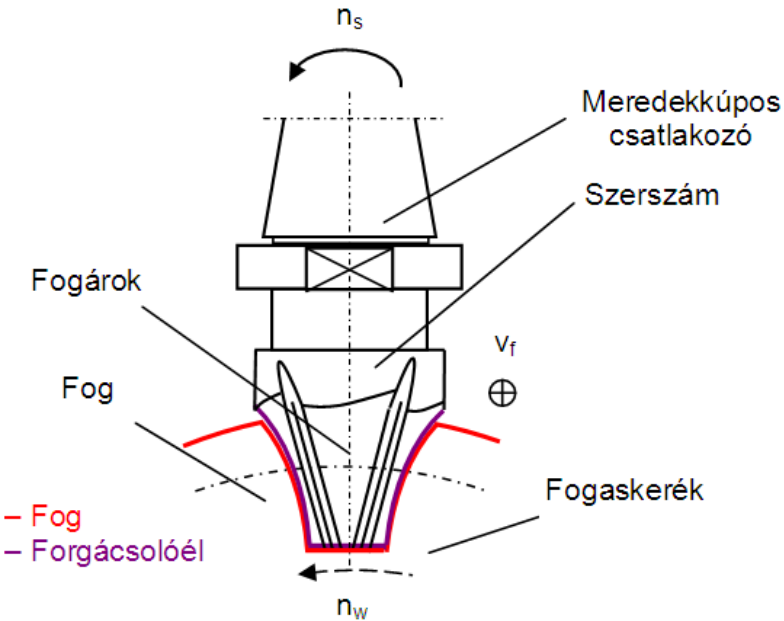
1 ház, 2 főorsó, 3 csigakerék 40 foggal, 4 egybekezdésű csiga, 5 cserélhető lyuktárca, 6 hajtókar, 7 osztócsap, 8 olló, 9 reteszcsap a lyuktárca rögzítésére, 10 osztócsap a közvetlen osztáshoz, 11 osztótárca a közvetlen osztáshoz, 12 menesztő, 13 munkadarab, 14 maró

Profílozás ujjmaróval

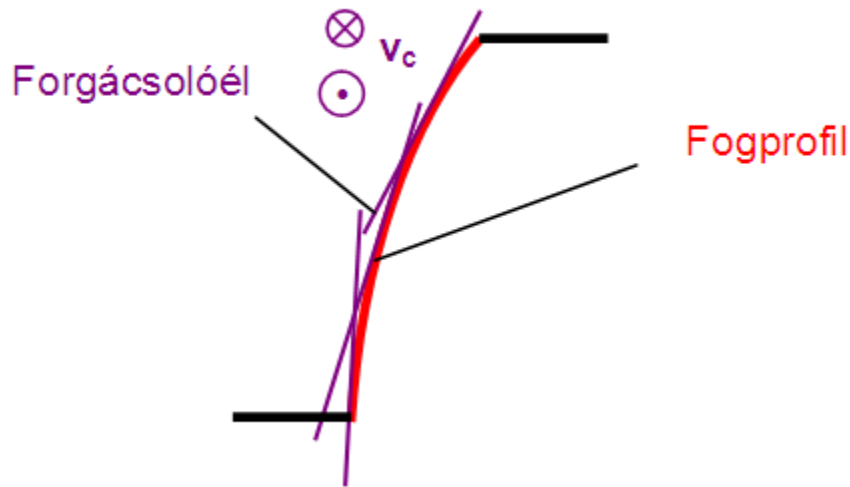
Csak nagy méretű kerek fogazásánál alkalmazzák.



Profilozás ujjmaróval



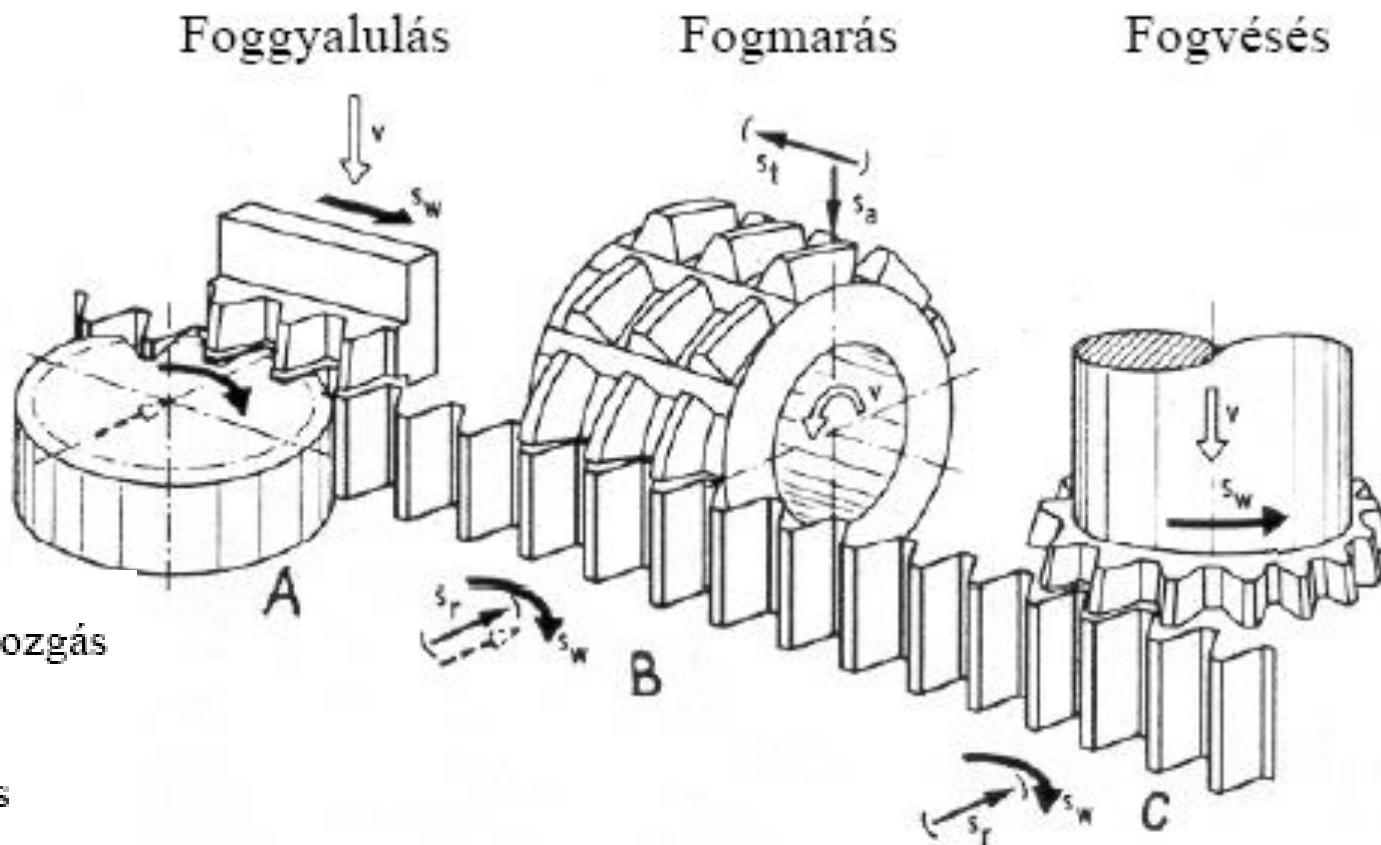
Lefejtő eljárások



A homlokfogaskerekek gyártására alkalmas lefejtő eljárások közös jellemzője, hogy a fogprofil egy vele kapcsolódó, szerszámként kialakított gépelem (fogasléc, fogaskerék) segítségével hozza létre. A szerszámon a szokásos módon élék, homlok és hátfelületek vannak kialakítva. A fogprofil ún. burkolóvágással jön létre úgy, hogy a szerszám alternálva vagy forogva, v_c forgácsolósebességgel, véséssel, marással vagy köszörüléssel választja le a fogácsot, miközben a munkadarab és a szerszám legördül egymáson. Előnye ennek az eljárásnak a profilozó fogazáshoz képest az, hogy csak modulonként van szükség új szerszámra.

Forrás:
Dr. Kodácsy János- Dr. Pintér József:
Forgácsolás szerszámai E-tananyag, SZE 2011.

Hengeres fogazatok lefejtő eljárásainak elve



v forgácsoló főmozgás

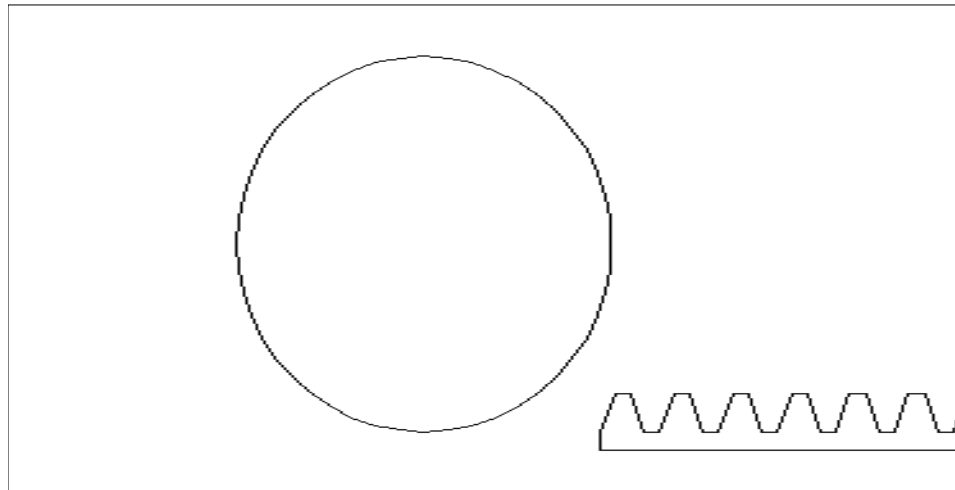
s_a axiális előtolás

s_r radiális előtolás

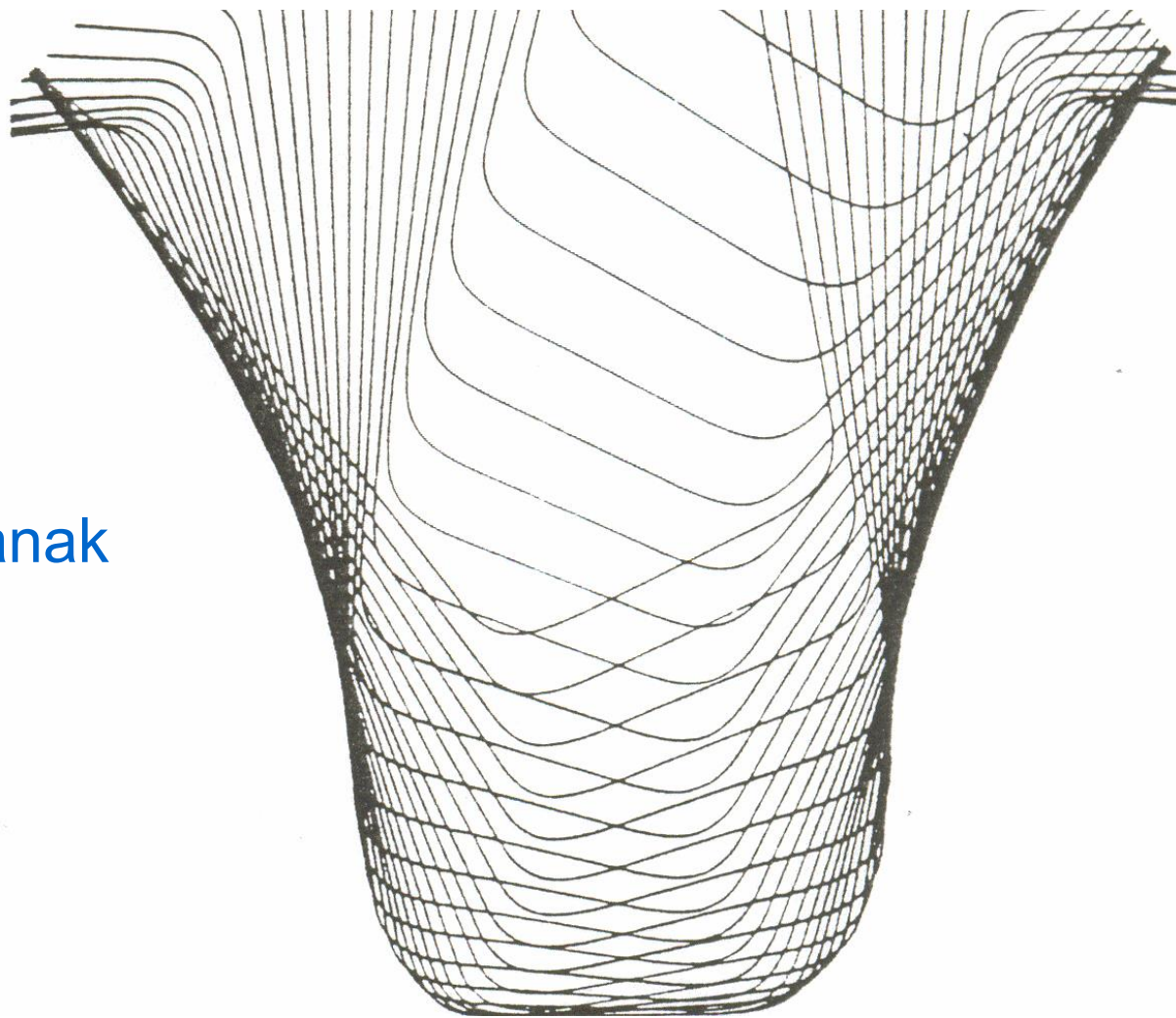
s_t tangenciális előtolás

s_w legördítés

Hengeres fogazatok lefejtő eljárásainak elve



A legördítés menete
A szerszám „nyoma”
A fogprofil kialakulásának
folyamata



Fogazó szerszámok



Forrás: Dr. Horváth Mátyás, Dr. Markos Sándor: Gyártástechnológia (J4-5018)

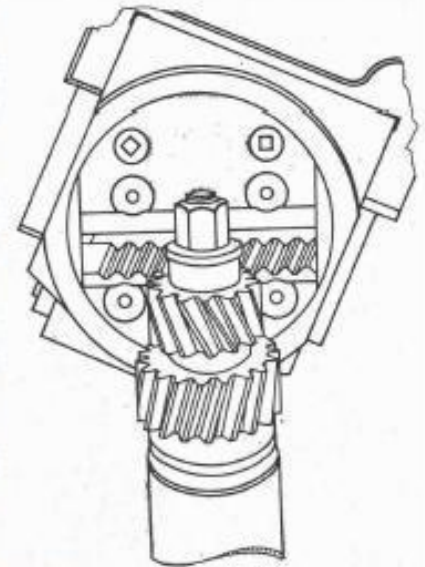
Lefejtő gyalulás fésűs késsel

Egyszerű szerszám

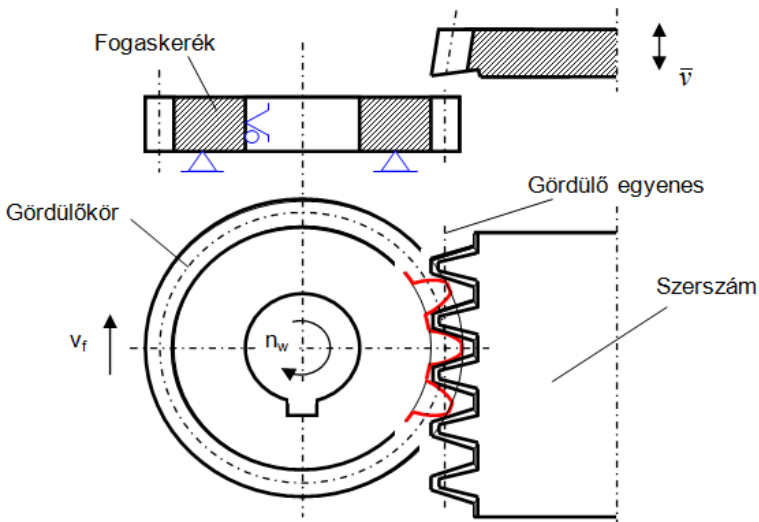
Bonyolult gép

$v_c = 8-15 \text{ m/min}$

Előtolás: $1/10 - 1/20$ fogosztás



Lefejtő foggyalulás (Maag fogazás)

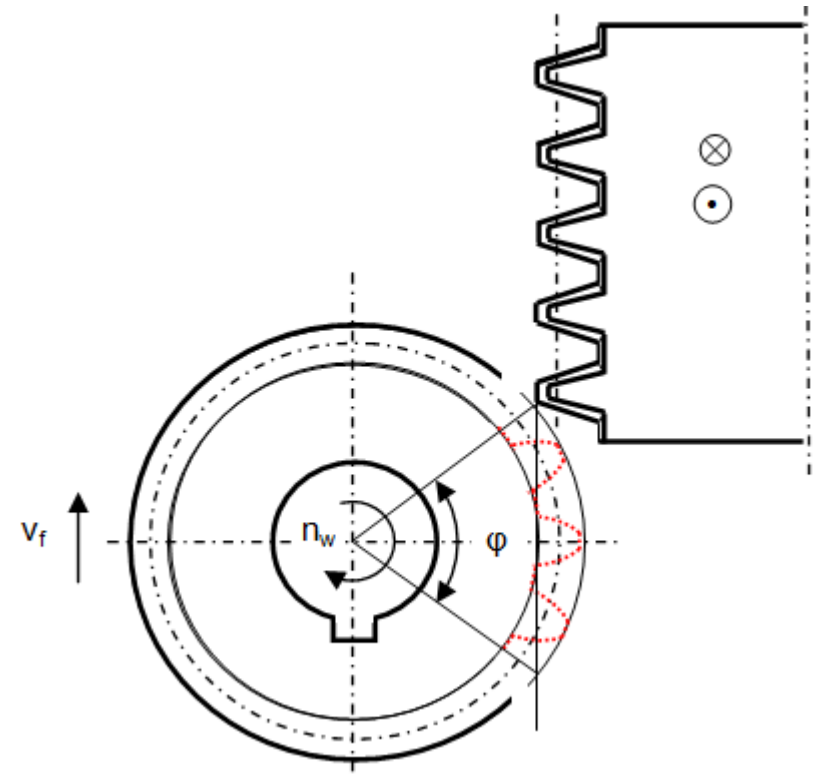


Legördítéshez szükséges mozgások:

- ❖ munkadarab forgó (n_w)
- ❖ munkadarab haladó (v_f) mozgása

- ❖ A munkadarabot hengeres expanziós tuskére fogják fel és az alsó homloklapon ütköztetik.
- ❖ A szerszám fogasléc profilú fésűskés, ami a megmunkálás során átlagsebességű gyaluló (véső)-alternáló mozgást végez, és a munkadarab n_w fordulatszámmal és v_f előtolósebességgel legördül a szerszámon.
- ❖ A pontosság növelése érdekében a szerszámból általában három (nagyoló, elősimító, simító) fokozatot használnak, melyek a fogszélességben térnek el egymástól.
- ❖ Gyakran előfordul, hogy a fogasléc hossza nem elegendő a teljes fogazat kialakításához, ilyenkor a lefejtés fogcsoportonként történik, osztással.
- ❖ Az eljárással külső, egyenes és ferde fogazatú, valamint nyitott nyílfogazatú homlokkerekek gyárthatók.

Lefejtő foggyalulás (Maag fogazás)



Lefejtő foggyalulás

Megmunkálási idő:

$$t_g = t_{be} + t_k + t_o = \frac{z_{be} \cdot m \cdot \pi}{f_{kör} \cdot n_k} + \frac{z \cdot m \cdot \pi}{f_{kör} \cdot n_k} + (z + z_{be}) \cdot t_o$$

osztás

megmunkálás

begördülés

kerületi előtolás

kettőslöket szám

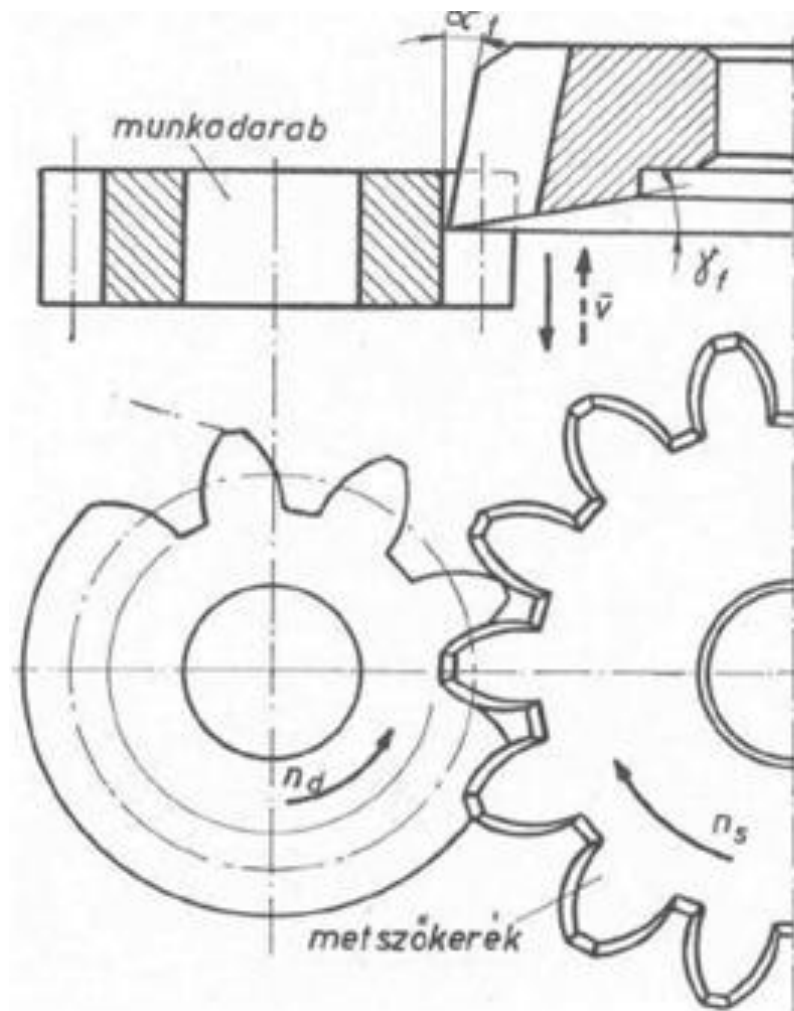
begördülési fogszám ($f(z)$ 2-9)

modul

fogszám

The diagram illustrates the components of the grinding time equation. The equation is $t_g = t_{be} + t_k + t_o = \frac{z_{be} \cdot m \cdot \pi}{f_{kör} \cdot n_k} + \frac{z \cdot m \cdot \pi}{f_{kör} \cdot n_k} + (z + z_{be}) \cdot t_o$. Labels point to various parts: 'osztás' (division) points to the first fraction; 'megmunkálás' (grinding) points to the second fraction; 'begördülés' (engagement) points to the third term; 'kerületi előtolás' (peripheral feed) points to $f_{kör}$; 'kettőslöket szám' (number of double strokes) points to n_k ; 'begördülési fogszám ($f(z)$ 2-9)' (engagement tooth count) points to z_{be} ; 'modul' (module) points to m ; and 'fogszám' (tooth count) points to z .

Lefejtő fogvésés metszőkerékkel



Fellow-féle eljárás

Mozgásviszonyok:

- A szerszám fel-le mozog
- A szerszám forog
- A munkadarab forog

Szerszám: metszőkerék

Ferde fogazás: Ferde fogú
metszőkerék és vezetőhüvely a
pótforgáshoz

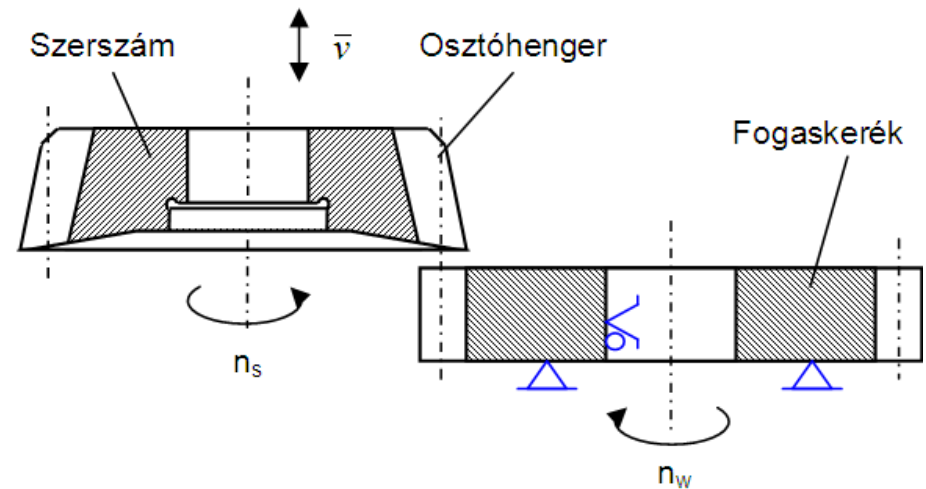
Lefejtő fogvésés metszőkerékkel

A metszőkerekes, vagy Fellows-féle lefejtő fogazáskor a szerszámmá alakított fogaskereket járátunk össze a megmunkálandó fogaskerékkel.

- A munkadarabot - hasonlóan a Maag-fogazáshoz - hengeres expanziós tuskére fogják fel és az alsó homloklapon ütköztetik. A szerszám a megmunkálás során átlagsebességű véső-alternáló mozgást végez, és a munkadarab n_w , a szerszám n_s fordulatszámmal forog.
- Ezzel az eljárással egyenes és ferde, külső és belső fogazatú hengeres fogaskerekek készíthetők, folyamatos lefejtéssel, de alkalmas nyitott nyíl fogazat előállítására is.

- Ferde fogazatnál a szerszám is ferde fogazatú, és megmunkáláskor a munkadarab pótlólagos forgást kap,

Dr. Kodácsy János-Dr. Pintér József: Forgácsolás szerszámai SZE, 2011.



Legördítéshez szükséges mozgások:

- ❖ szerszám forgó és a
- ❖ munkadarab forgó mozgása

Lefejtő fogvésés metszőkerékkel

Lefejtő gyalulás metszőkerékkel

1,2 vagy 3 fogás (méret, pontosság)

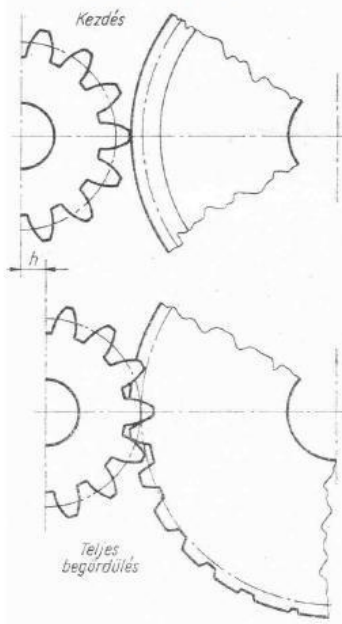
Löketszám 400-1000 percenként (!)

Begördülés: 1/4 - 1/3 fordulat

Fogasléc, zárt nyíl fogazat, belső fogazatú koszorú

Viszonylag drága szerszám

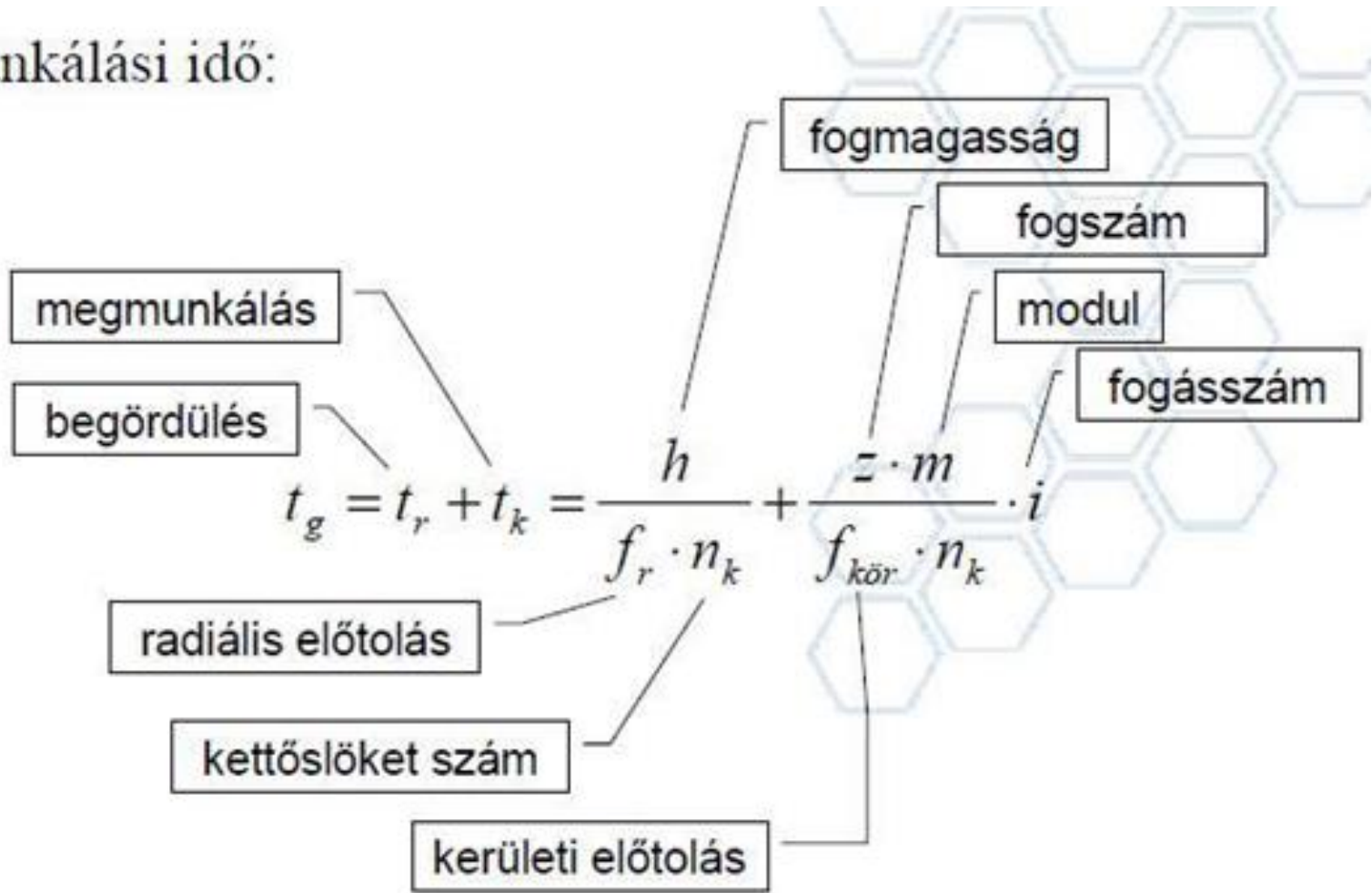
Lefejtő gyalulás metszőkerékkel



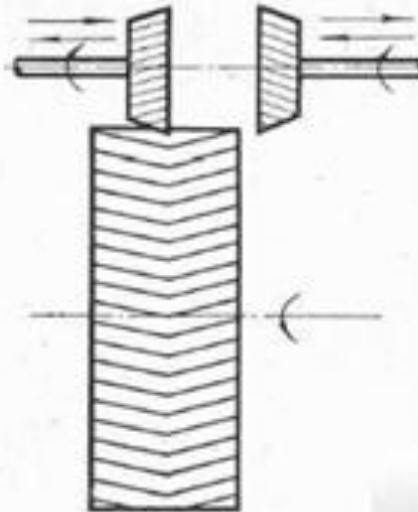
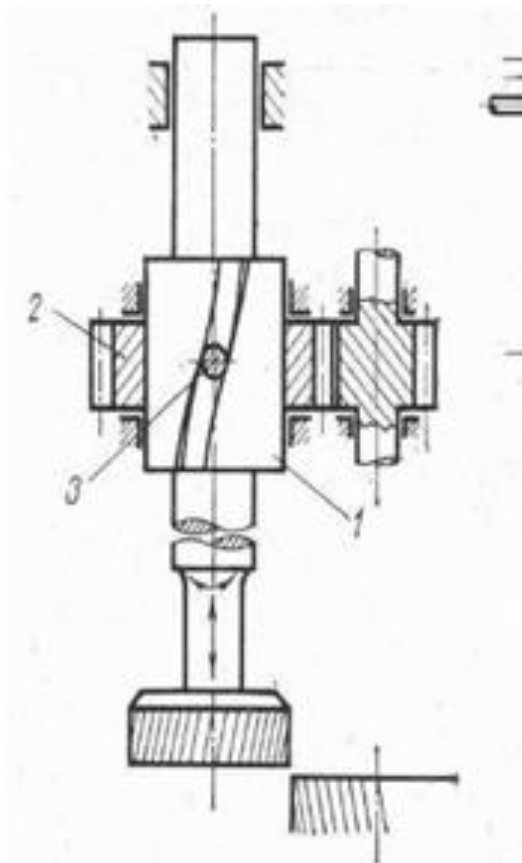
Begördülési szakasz a fogmélység eléréséig

Lefejtő fogvésés metszőkerékkel

Megmunkálási idő:



Lefejtő fogvésés metszőkerékkel



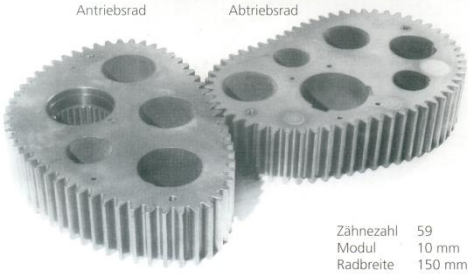
Fogvésés (FELLOWS - eljárás) Elektronikus kinematikai láncú, speciális fogvéső gépeken különleges (pl. ellipszis alakú) fogaskerekek is készíthetők.

Unrunde Zahnräder für Leistungsgetriebe

Effiziente Bewegungserzeugung bei hohen Drehmomenten am Beispiel einer Presse

In vielen Bereichen der Technik sind Bewegungsaufgaben zu lösen, die sich durch einen periodisch wiederkehrenden Ablauf auszeichnen. Dieses betrifft neben Drehbewegungen auch oszillierende Linearbewegungen. Wo sich die Bewegungsabläufe stets wiederholen, können Lösungen der mechanischen Antriebstechnik ihre Vorteile voll zum Einsatz bringen.

wird die neue Technologie für Pressenantriebe erforscht. Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. E. Doege wurde in Zusammenarbeit mit dem Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW), Frankfurt/M., ein Pressenantrieb mit unrunnen Zahnradern für die Umformtechnik entwickelt. Nach dem Antriebsprinzip wird einem Kurbeltrieb ein unrunnes Zahnradpaar vorgeschaltet (Bild 1).



Zähnezahl 59
Modul 10 mm
Radbreite 150 mm

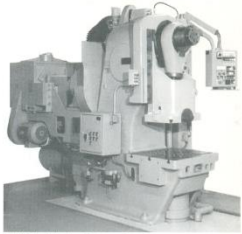


Bild 2: Ansicht der Prototyp-Press

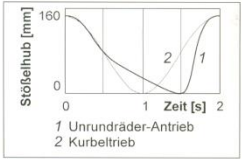


Bild 4: Kinematik des Pressenstoßels zum Tiefziehen

Bild 3: unrunnes Zahnradpaar

Bild 3: unrunnes Zahnradpaar

Durch die fortgeschrittenen Fertigungsmethoden ist seit dem Beginn dieses Jahrzehnts die Herstellung von lange bekannten Unrundzahnradern in hoher Qualität bei großen Abmessungen möglich. Nachdem sie für untergeordnete Bewegungsaufgaben, z. B. in Türschließern, schon lange angewandt werden, eröffnet ihr Einsatz für Leistungsgetriebe nun neue Möglichkeiten.

Leistungsmerkmale

Am Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen (IFUM) der Universität Hannover

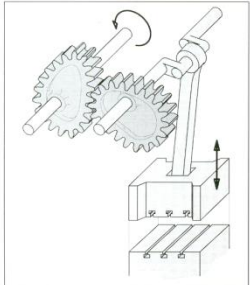


Bild 1: Antriebsprinzip

Dieser Antrieb läßt die Auslegung für alle in der Umformtechnik bedeutsamen Stoßelbewegungen zu.

Der Prototyp einer solchen Presse mit einer Nennkraft von 1.000 kN wurde durch Umbau einer älteren Exzenterpresse am IFUM realisiert (Bild 2). Ihr unrunnes Zahnradpaar besitzt eine Evolventenverzahnung (Bild 3). Die Pressenkinematik ist zum Tiefziehen kleinerer Werkstücke ausgelegt. Ihr Stoßelweg-Zeit-Verlauf (Bild 4) weicht deutlich vom sinus-förmigen Verlauf einer konventionellen Kurbelpresse ab. Durch das unrunne Zahnradpaar wurde der Nennkraft-Stoßelweg um 266% gesteigert.

Für den Pressenbetreiber ist es möglich, die Stoßelgeschwindigkeit nach den technologischen Erfordernissen seines Umformprozesses zu gestalten. Ferner wird durch einen schnellen Rückhub und einen schnellen Niederhub bis zum Beginn der Umformung die Taktzeit deutlich verkürzt. Hierdurch entsteht gegenüber herkömmlichen Kurbelpressen eine Produktivitätssteigerung von bis zu 30%.

Der Maschinenhersteller kann durch Variation des unrunnen Zahnradpaares dieselbe Pressenkonstruktion an unterschiedliche Kundenforderungen an die Pressenkinematik anpassen. Weiterhin ist der Aufbau der Presse einfacher als der einer vergleichbaren Gelenkpresse. Damit wird die Standardisierung von Pressenbauarten möglich.

Anwendungsbereiche

Das Antriebsprinzip kann für mechanische Pressen für nahezu alle Verfahren der spanlosen Formgebung genutzt werden. Der nachträgliche Pressenumbau auf den neuen Antrieb ist ebenfalls möglich.

Darüber hinaus läßt sich ein unrunnes Zahnradpaar alleine zur Erzeugung von ungleichförmigen Drehbewegungen oder in Kombination mit einem einfachen Kurbeltrieb zur Erzeugung von periodischen Linearbewegungen einsetzen. Die Forschungsergebnisse können hierzu von den Pressenantrieben insbesondere bei hohen Drehmomenten direkt auf andere Anwendungsbereiche übertragen werden.

Entwicklungsstand

Die Einsatzreihe der Antriebstechnik im industriellen Umfeld ist gegeben. Das Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen der Universität Hannover führt die nötige Auslegung der unrunnen Zahnräder und des Kurbeltriebes durch. Eine weitere Optimierung der Technologie kann auch in Kooperation mit Industriepartnern durchgeführt werden.

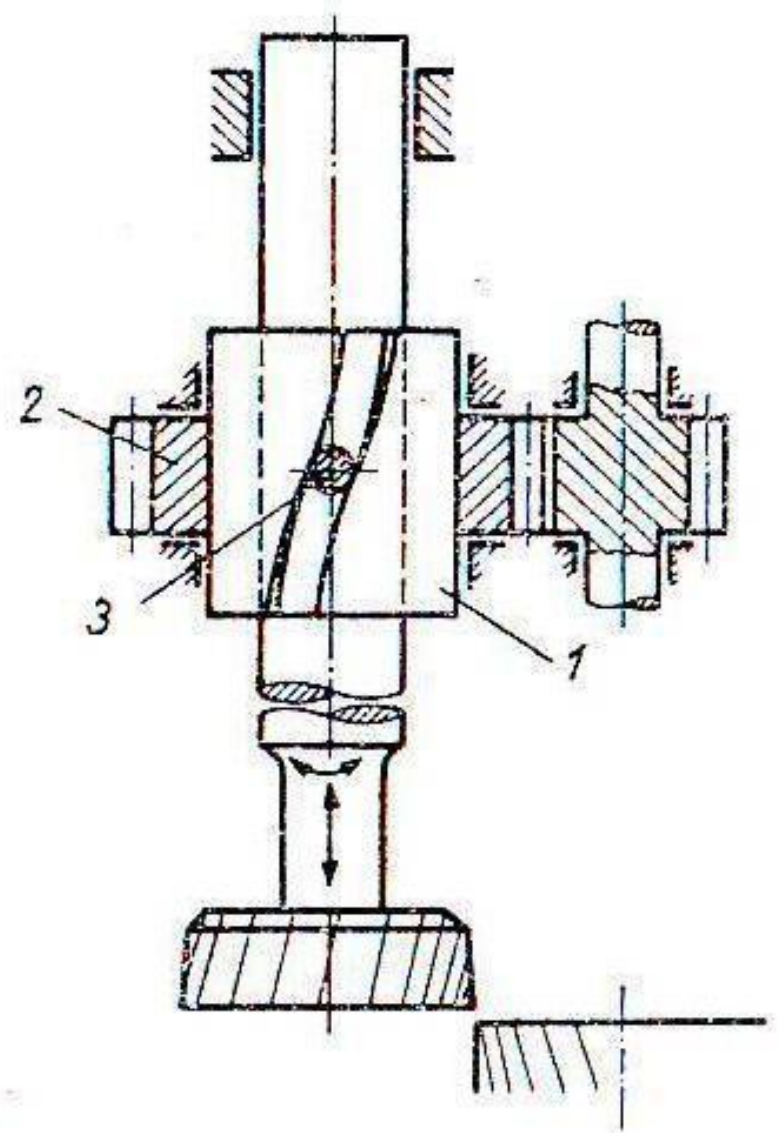
Universität Hannover
Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen
Prof. Dr.-Ing. Eckart Doege
Dipl.-Ing. Martin Hindersmann

Lefejtő fogvésés metszőkerékkel

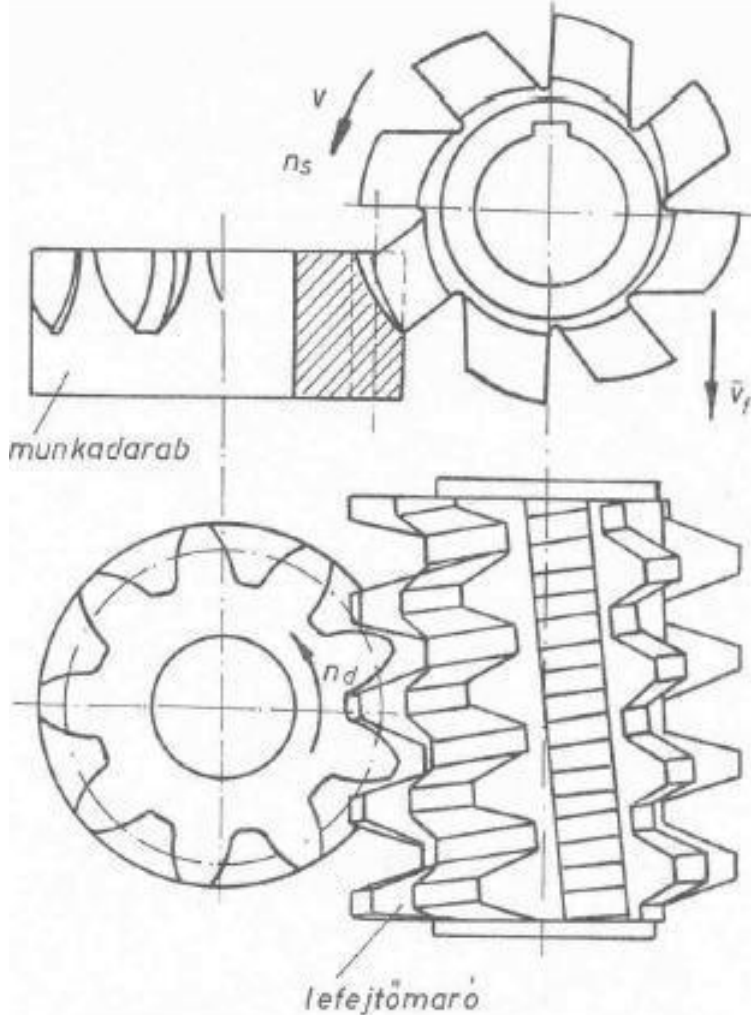


Lefejtő fogvésés metszőkerékkel

Ferde fogazás



Fogazás lefejtő maróval



Pfauter-féle eljárás

Mozgásviszonyok:

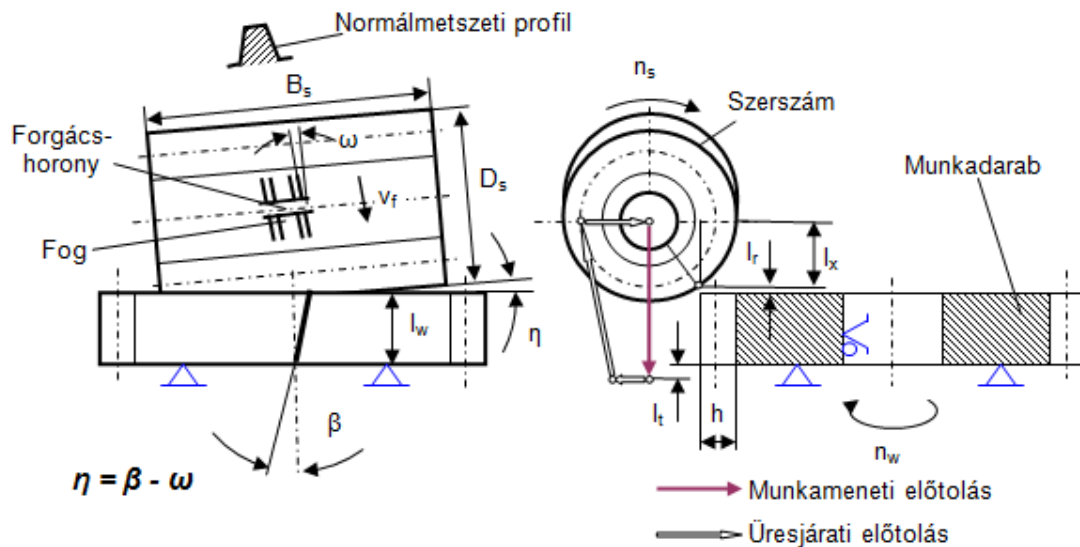
- A szerszám forog (v_c)
- A szerszám bedöntve
- A munkadarab forog
- A szerszám a mdb tengelyével párhuzamosan mozog

Szerszám: lefejtő maró

Legördítéshez szükséges mozgások:

- ❖ a szerszám forgó és
- ❖ a munkadarab forgó mozgása

Lefejtő marás



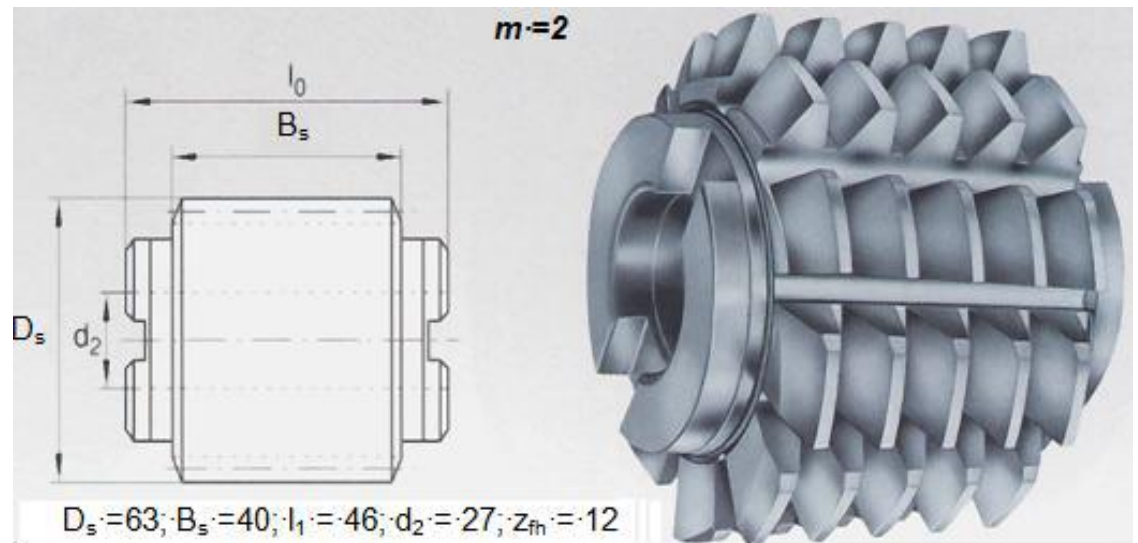
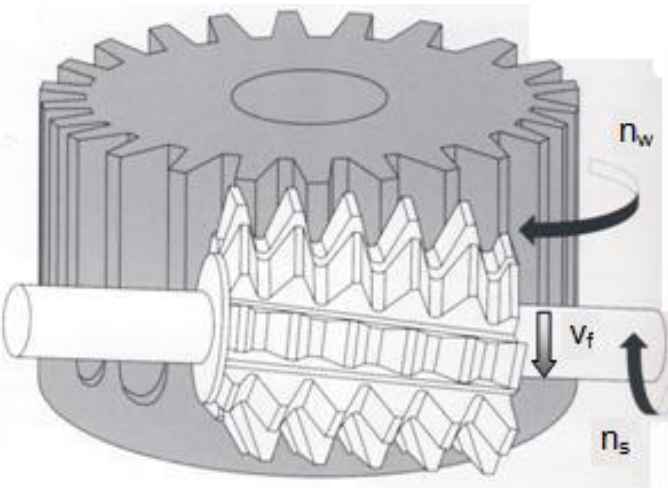
Az eljárással egyenes és ferde külső fogazatú hengeres fogaskerek készíthetők, folyamatos lefejtéssel.

- A szerszám zfh számú forgácshoronnyal ellátott menetes lefejtő, vagy más néven csigamaró, melynek normálmetszeti profilja egyenesekkel határolt, fogasléc profil.

- Anyaga legtöbbször bevonatos vagy bevonat nélküli gyorsacél, de nagyobb modulokhoz készülnek keményfém lapkás, szerelt kivitelű szerszámok is.

- A szerszám bedöntése a fogiránynak is függvénye.

Lefejtő marás



Fogazás lefejtő maróval



$v_c = 20-50 \text{ mm/min}$

$$\text{Gépi idő: } t_g = i \cdot z \cdot \frac{L}{f \cdot n_s \cdot z_b}$$

i : fogások száma

z : fogaskerék fogszáma

L : munkaút

f : előtolás

n_s : szerszámfordulatszám

z_b : szerszám bekezdéseinek száma

Lefejtő fogmarás (Pfauter – eljárás)

A megmunkálás
elrendezése



A lefejtő marószerszám



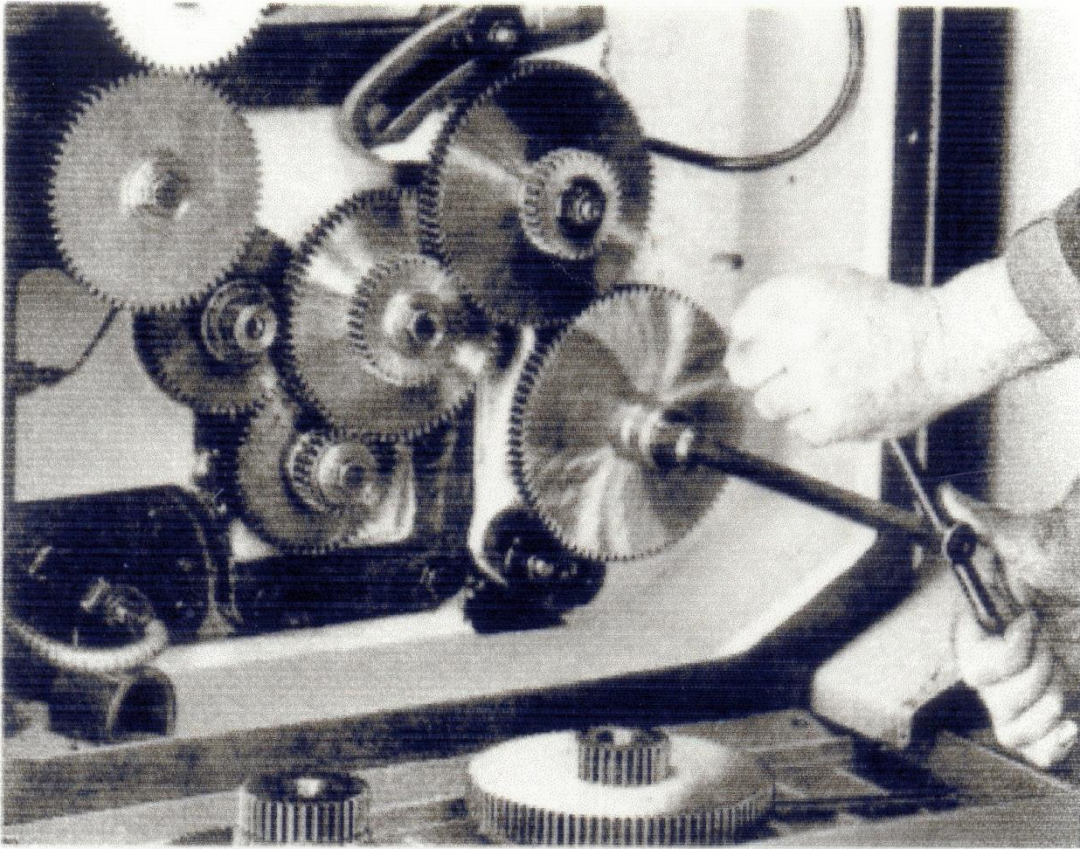
Fogazás lefejtő fogmarással



Fogazás lefejtő fogmarással



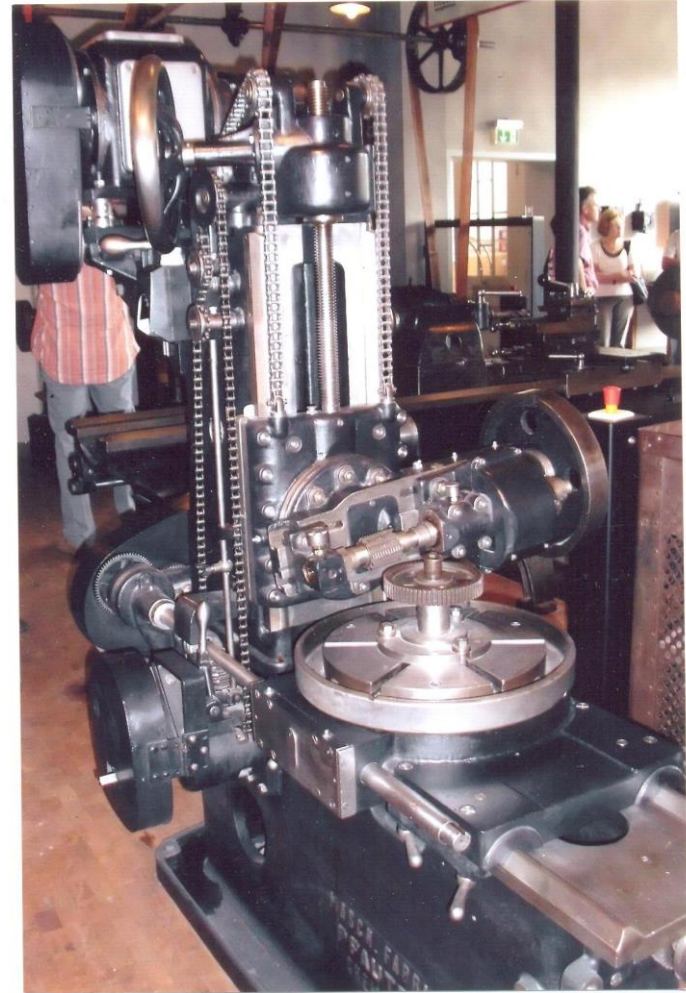
Lefejtő fogmarás (Pfauter – eljárás)



Cserekerekek beállítása
(Szerszám és munkadarab
legördítése)

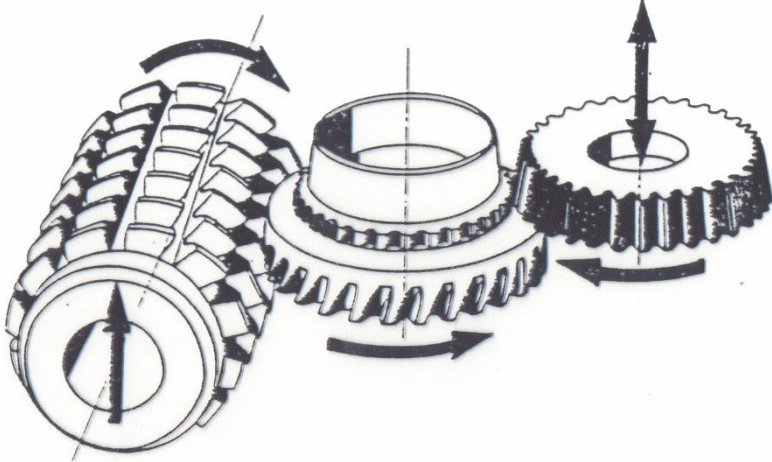
Lefejtő fogmarás (Pfauter – eljárás)

Egy régi Pfauter fogmarógép

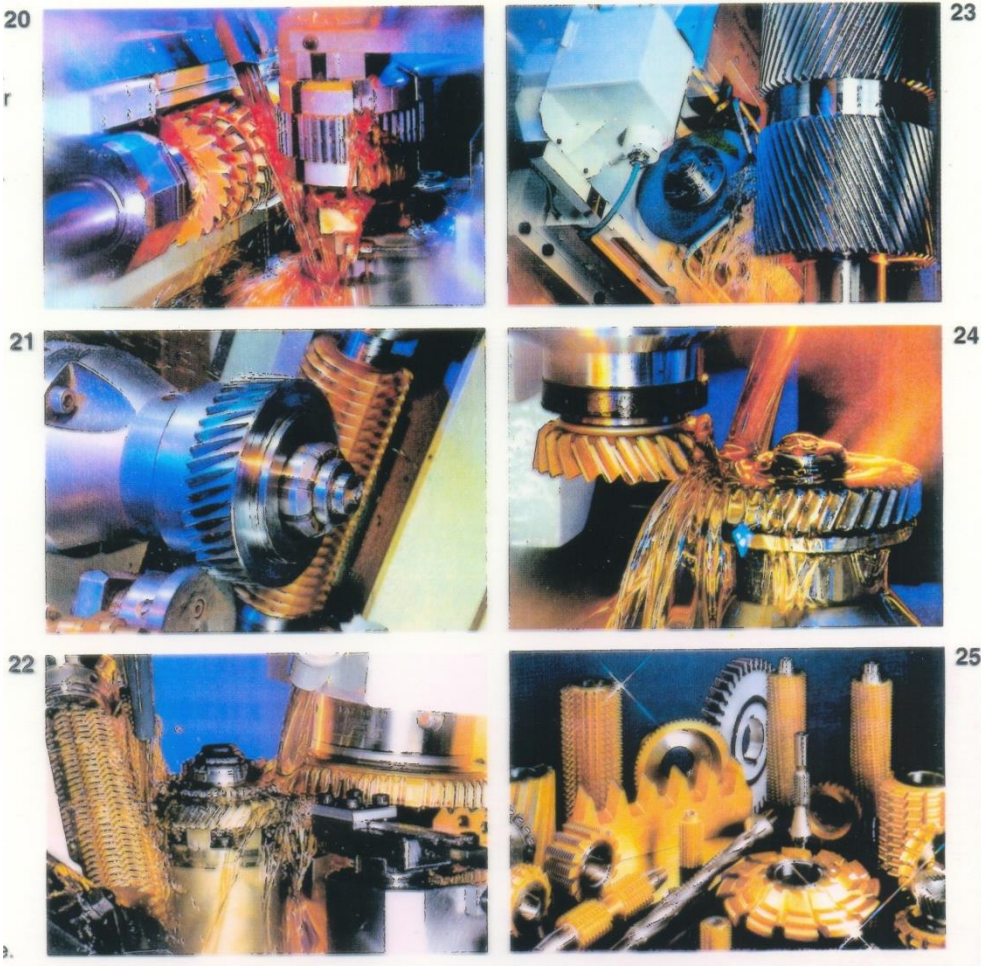


FOGAZÁSI ELJÁRÁSOK

Kombinált fogazási eljárások



Kombinált fogazási eljárás
Csoportkerék megmunkálására

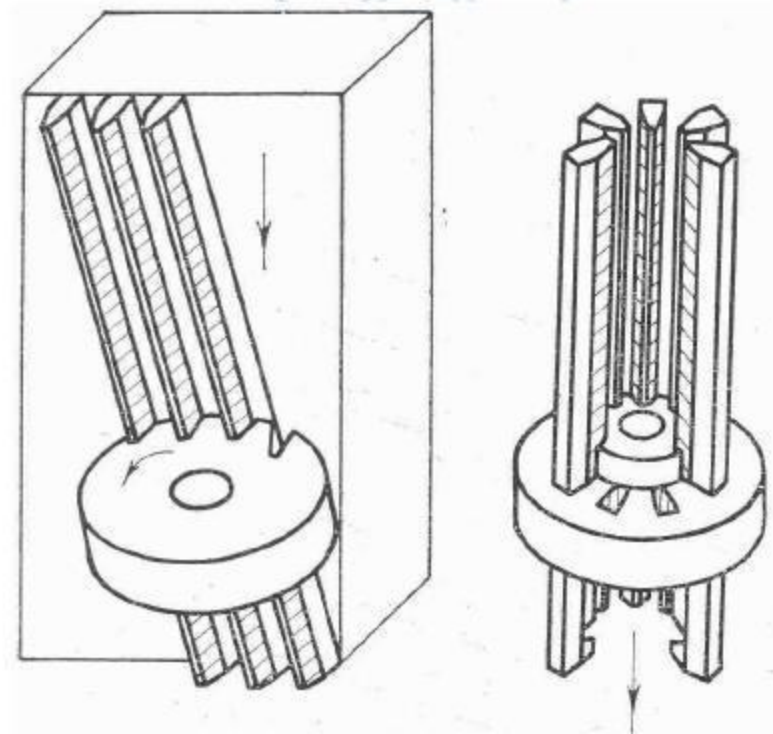


Különleges fogazási eljárások

Üregelés

Nagyon termelékeny

Kis moduloknál nagyon pontos

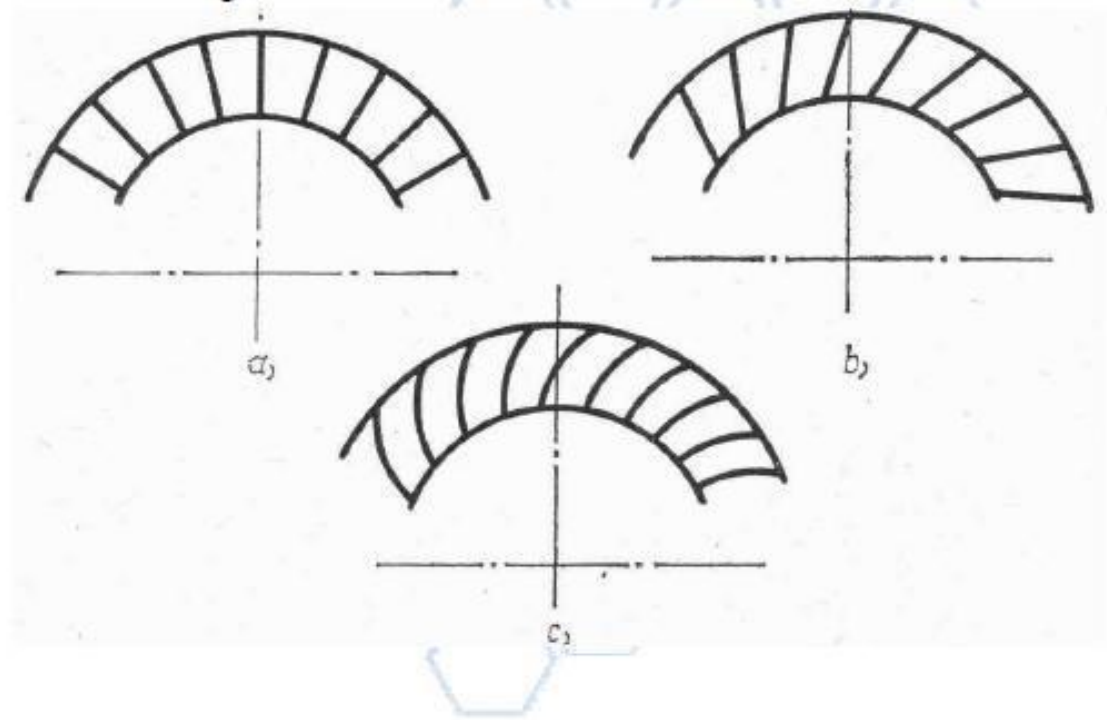


KÚPKEREKEK GYÁRTÁSA



Kúpkerekek osztályozása

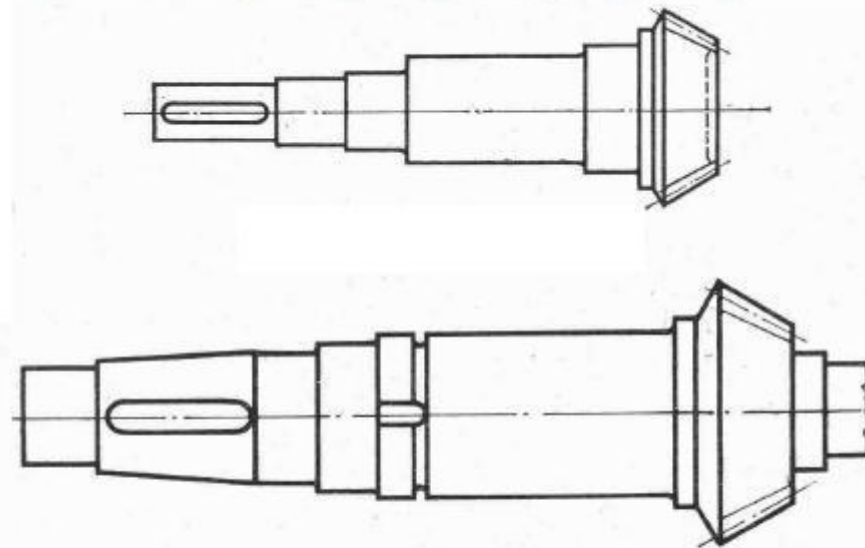
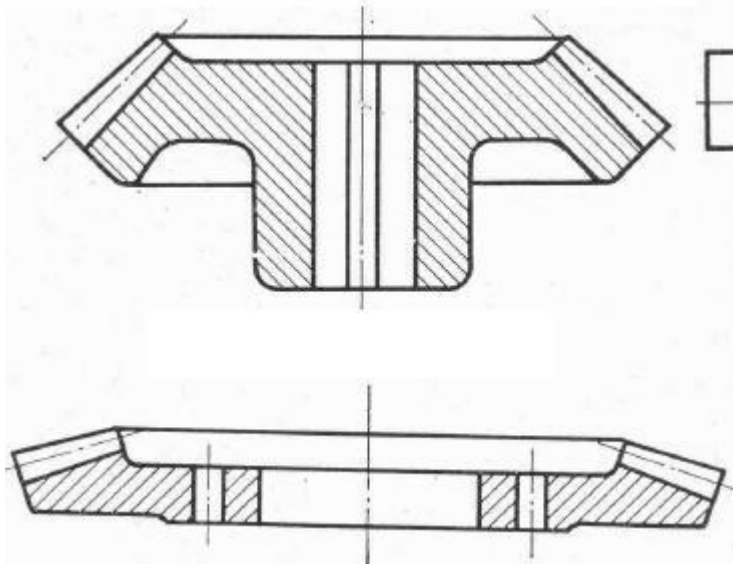
Egyenes fogú
Ferde fogú
Ívelt fogú



Metsződő tengelyek
Kitérő tengelyek

Kúpkerék osztályozása

- Egy oldalas száras kerék
- Két oldalas száras kerék
- Furatos kerék
- Tányérkerék



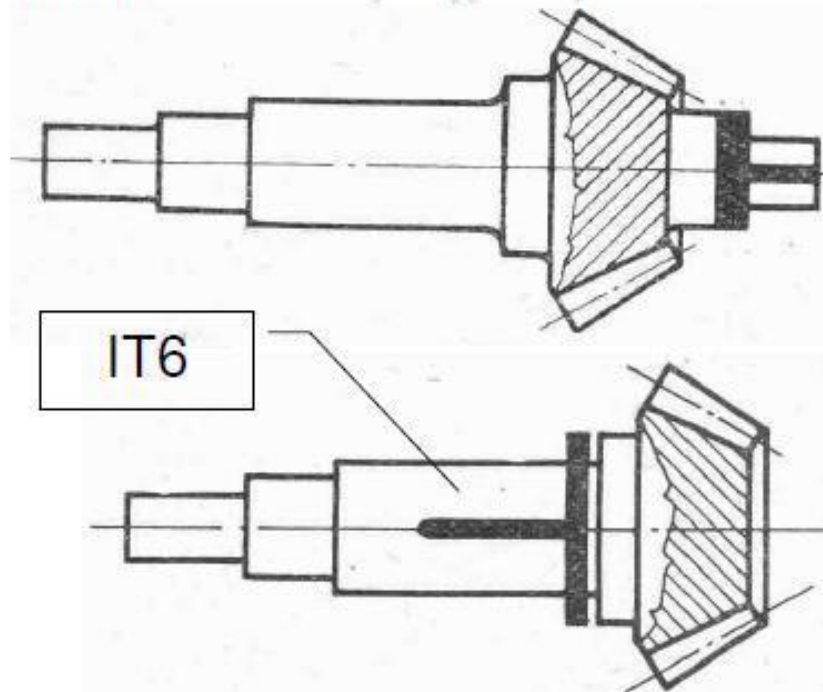
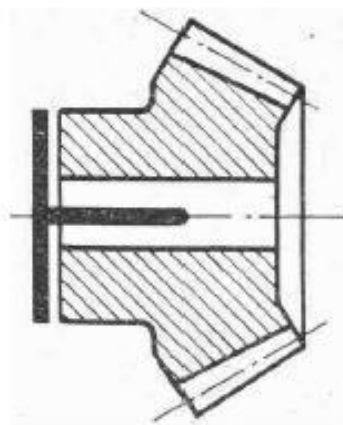
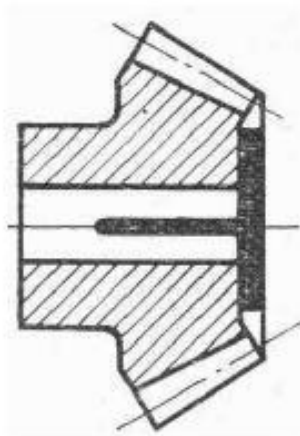
Fő jellemzőség: a fogmagasság az alkotó mentén változik.

Bázisválasztás

Eljárás függő – mindig egy központosító és egy ütköztetési bázist kell kijelölni. A kúp csúcspontját kell tartani.

Egyenes és ferde fogú kerekek gyártási eljárásai:

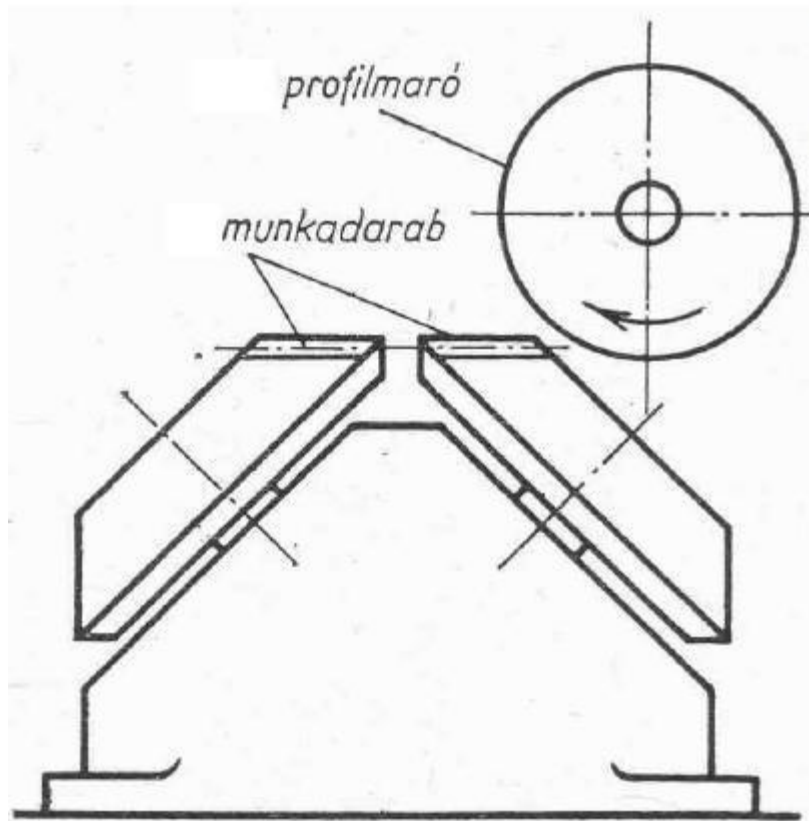
- egykéses eljárás – „kis modul” oldal
- kétkéses eljárás – „nagy modul” oldal



Egyenes fogú kúpkerekek gyártása

Profilozó eljárások I.

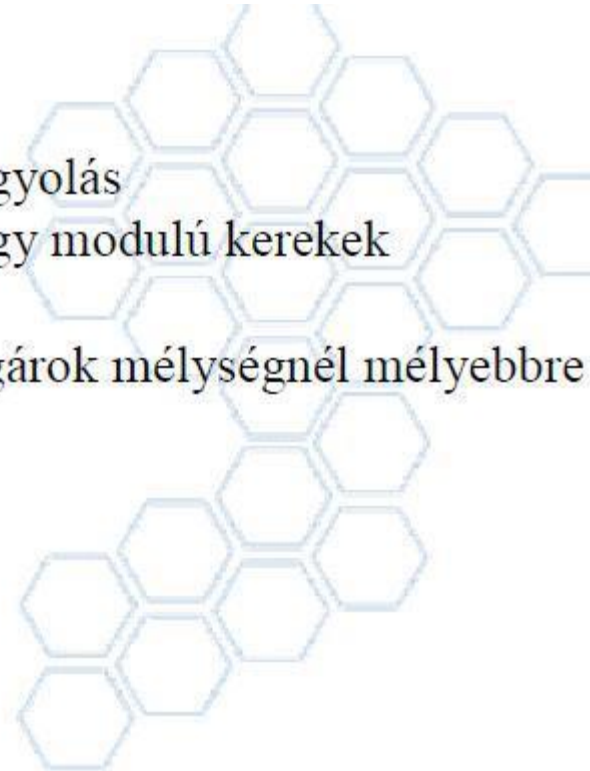
Fogazás tárcsamarróval



Nagyolás

Nagy modulú kerekek

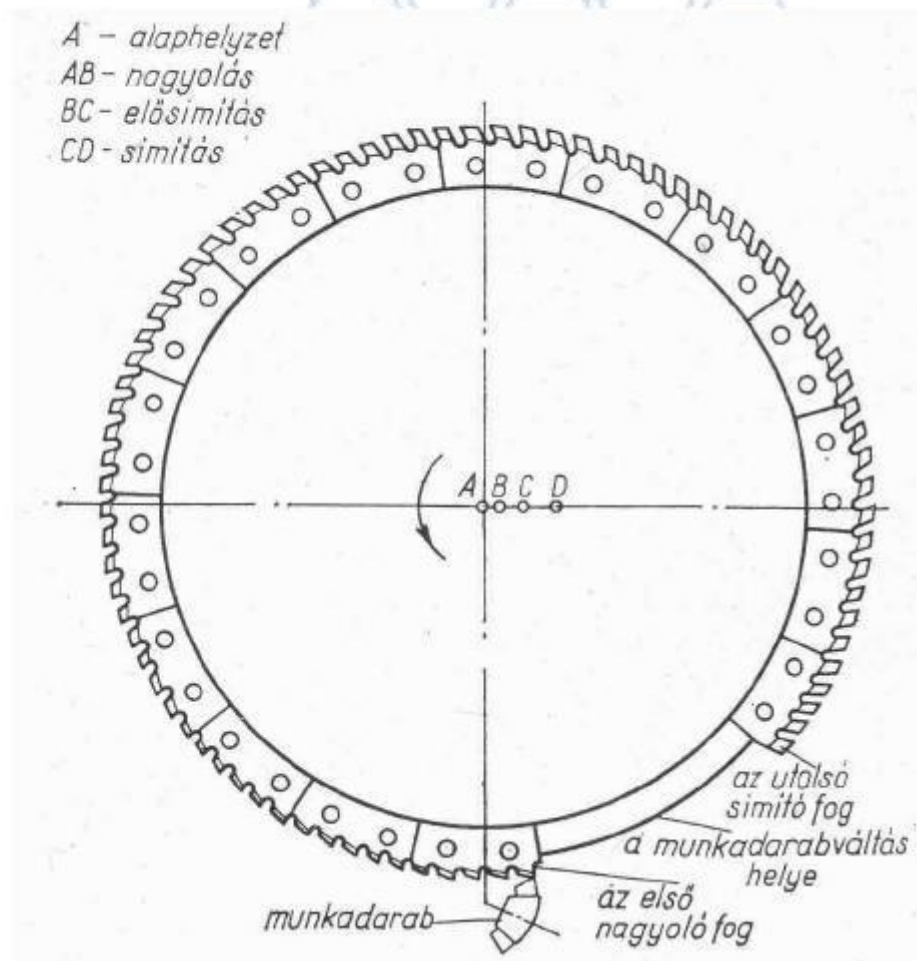
Fogárok mélységnél mélyebbre



Profilozó eljárások II.

Üregelő tárcsával
(Gleason-Revacycle)

Változatlan fogárok profil
Termelékeny
Automatizálható



Lefejtő eljárások

Egykéses lefejtő foggyalu

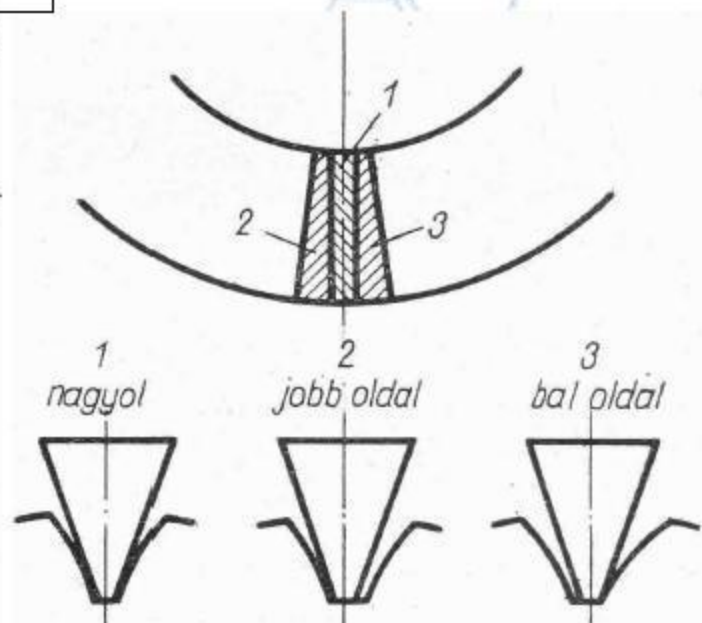
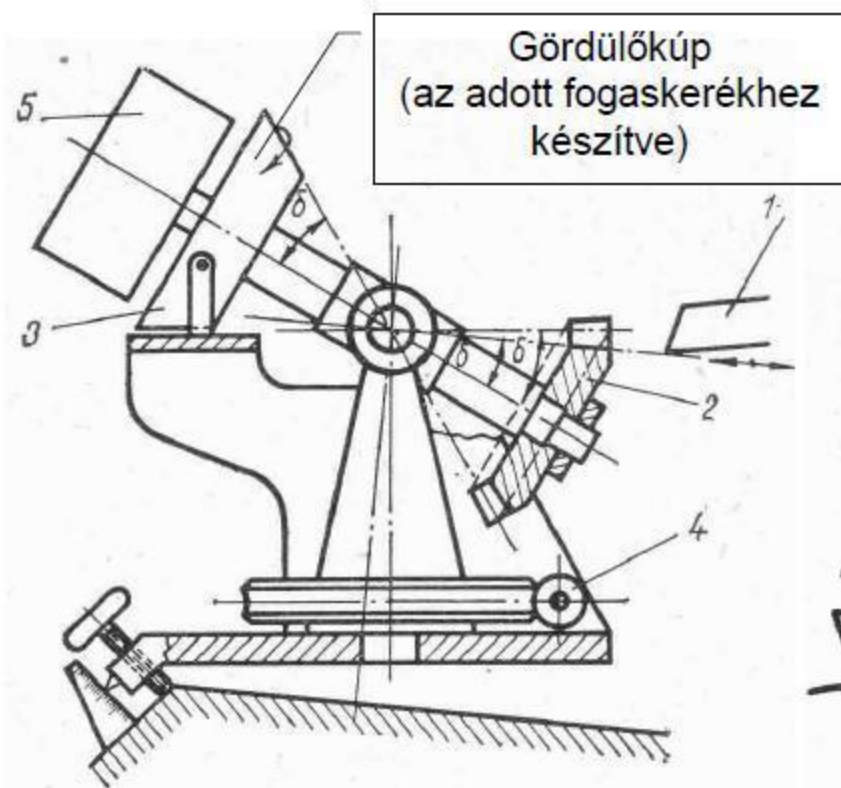
Kétkéses lefejtő foggyalu

Beszúró fogmarás

Egykéses eljárás

Bilgram-Reinecker-féle eljárás

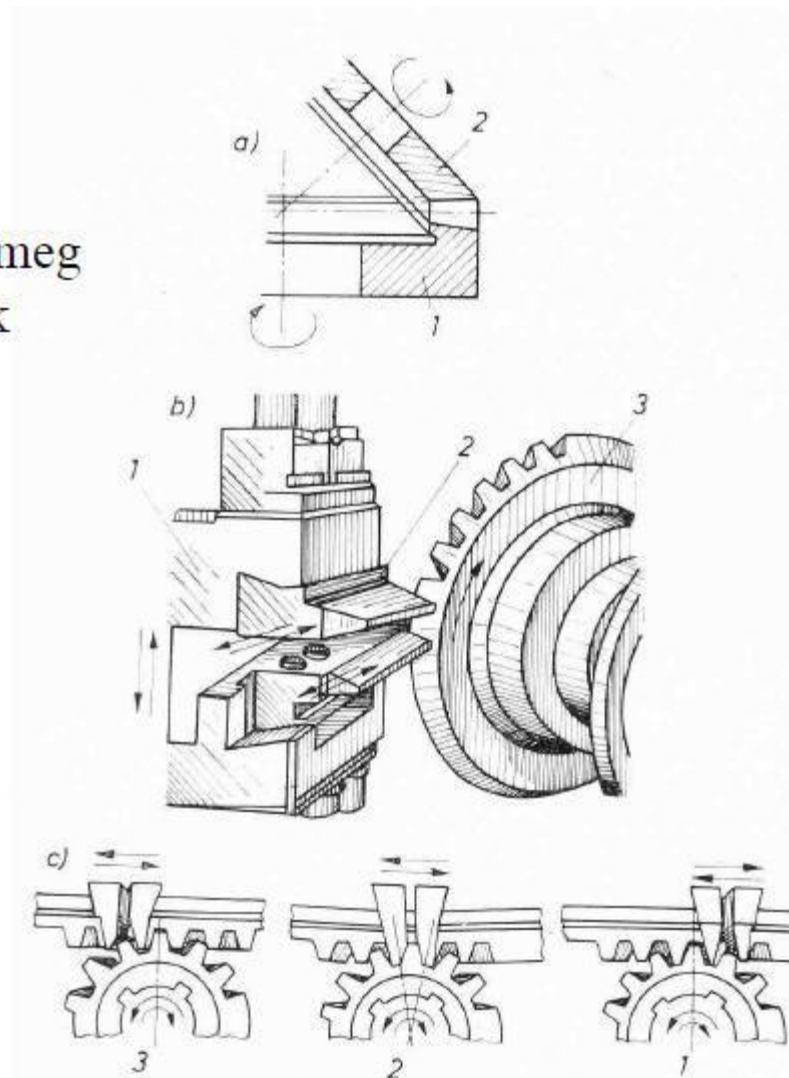
- Három szerszám
- Minden kettős löket után osztás
- Minden körbeforgás után mélyítés



Kétkéses eljárás

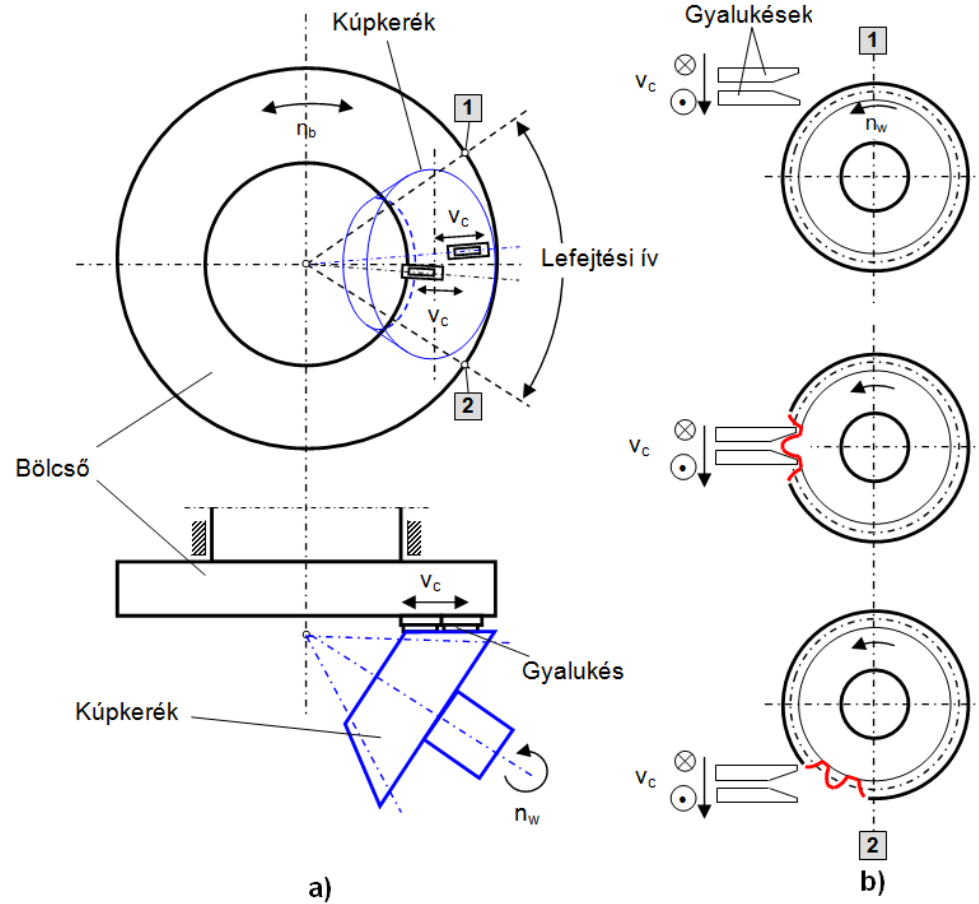
Heindenreich-Harbeck eljárás

- Egy fog két oldalát munkáljuk meg
- Ellentétesen mozgó szerszámok



A forgácsleválasztást v_c sebességgel két, fáziseltolással mozgó, egyenes alkotójú gyalukés végzi (a ábra). A kúpkerék fogárka a csúcs felé haladva folyamatosan szűkül, így célszerű, hogy a két szerszám a két szomszédos fogárokból dolgozzon. A késeket késtartó szánba fogják, melyek a szerszámgépen kialakított bölcsőn mozognak. Az n_b fordulátú bölcső a gyalukésekkel együtt a síkkerék egy fogát testesíti meg, melyen a fogaskerék n_w fordulattal, foganként gördül le. A lefejtés az ábrán bejelölt 1-es pontban kezdődik és a 2-es pontban fejeződik be (b ábra). Osztás után a szerszám a következő fogra áll.

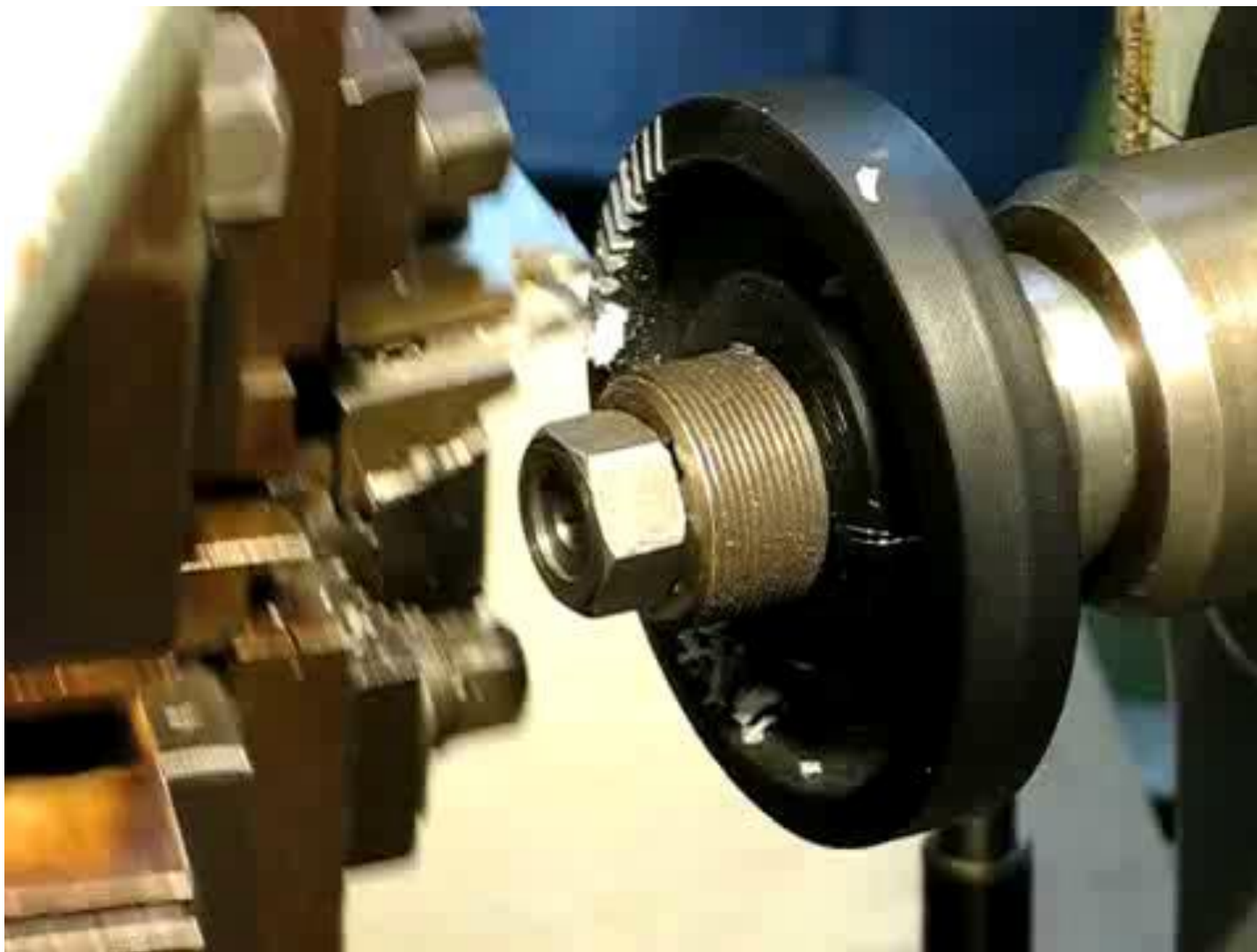
- Kúpkerék lefejtő fogazásakor a síkkerék a hengeres kerek lefejtő fogazásánál használt fogasléc szerepét tölti be, ami egy olyan kúpkerék, melynek kúpszöge $\alpha =$



n_w

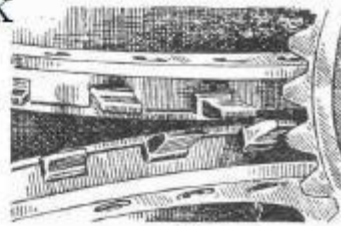


Dr. Kodácsy János - Dr. Pintér József: Forgácsolás szerszámai SZE digitális-tananyag, 2011.

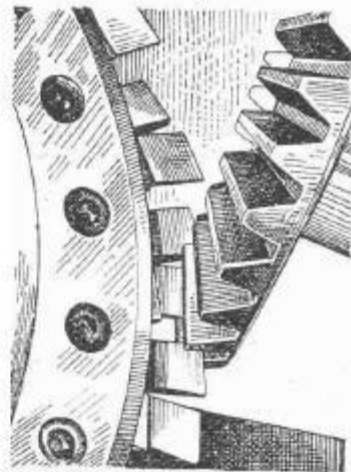


Beszúró fogmarás

- Két szerszám egy fogárokbán
- Fogirányba nincs elmozdulás
- Szerszám: $\text{Ø}650\text{-}700\text{ mm}$
- Kis magasságú kerék
- Íves lábfelület

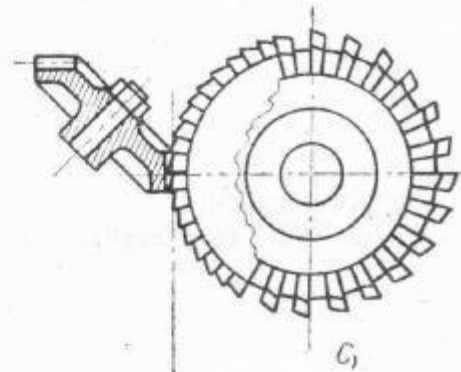


a_1

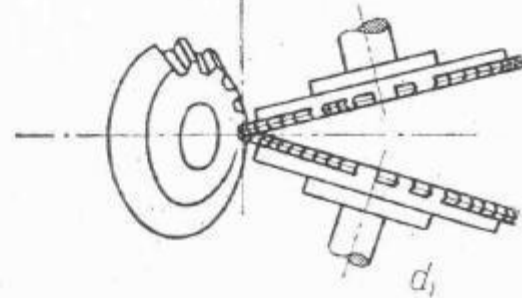


b_1

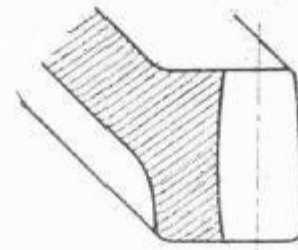
Beagle eljárás



c_1



d_1



Fogárok metszete

e_1

Ívelt fogú kerekek gyártása

Ívelt fogazat tulajdonságai

- Nagy nyomaték, nagy sebesség
- Simább kapcsolódás
- Nagy kapcsolási szám
- Zajtalan járás
- Kis fogszám
- Kis helyigény
- Szöghibára kevésbé érzékeny

Termelékenyebb gyártás

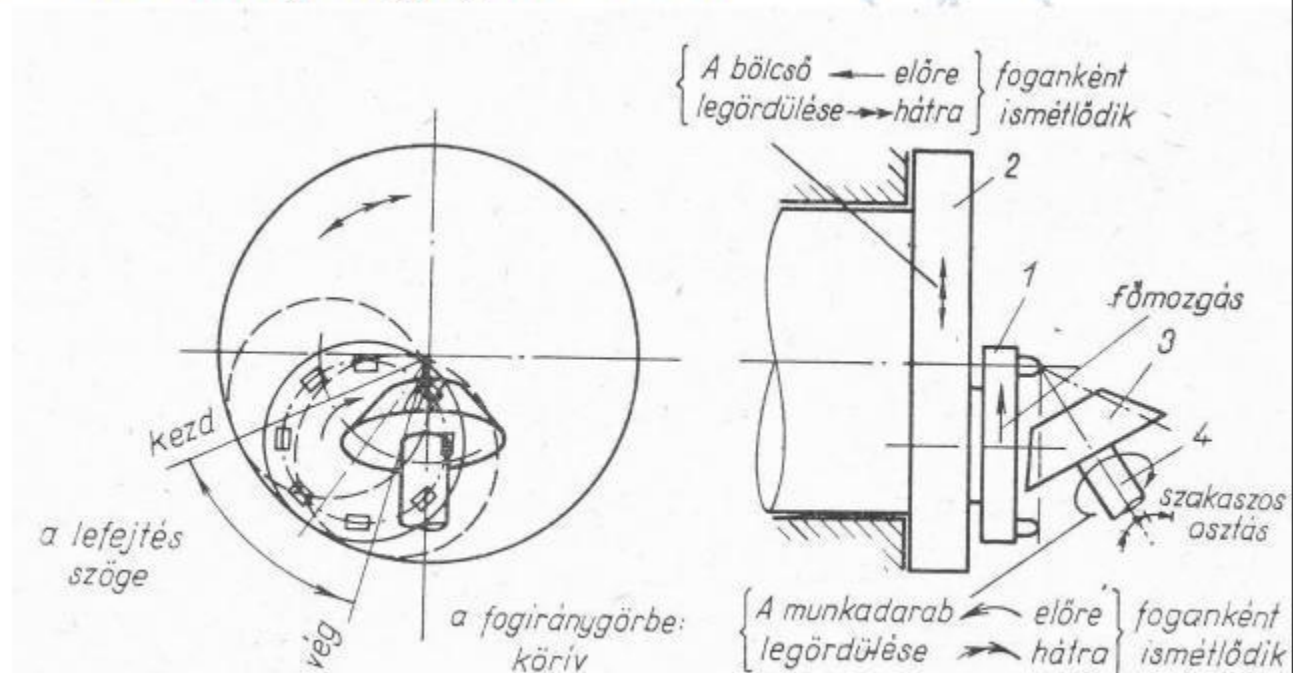


- Nagyobb axiális erő
- Bonyolult megmunkáló gép
- Köríves fogazat kivételével nem köszörülhető

Körív fogazás – Gleason-eljárás

Az **1** késtárcsát a **2** szerszámfej tartja, amely az egyik vagy a másik irányba egyenletes sebességgel elfordul.

A **3** munkadarabot a **4** orsófejbe fogják úgy, hogy az osztókúp csúcsa a **2** szerszámfej tengelyébe essen.



Körív fogazás – Gleason-eljárás

Fogankénti legördítés, szakaszos fogazó eljárás.

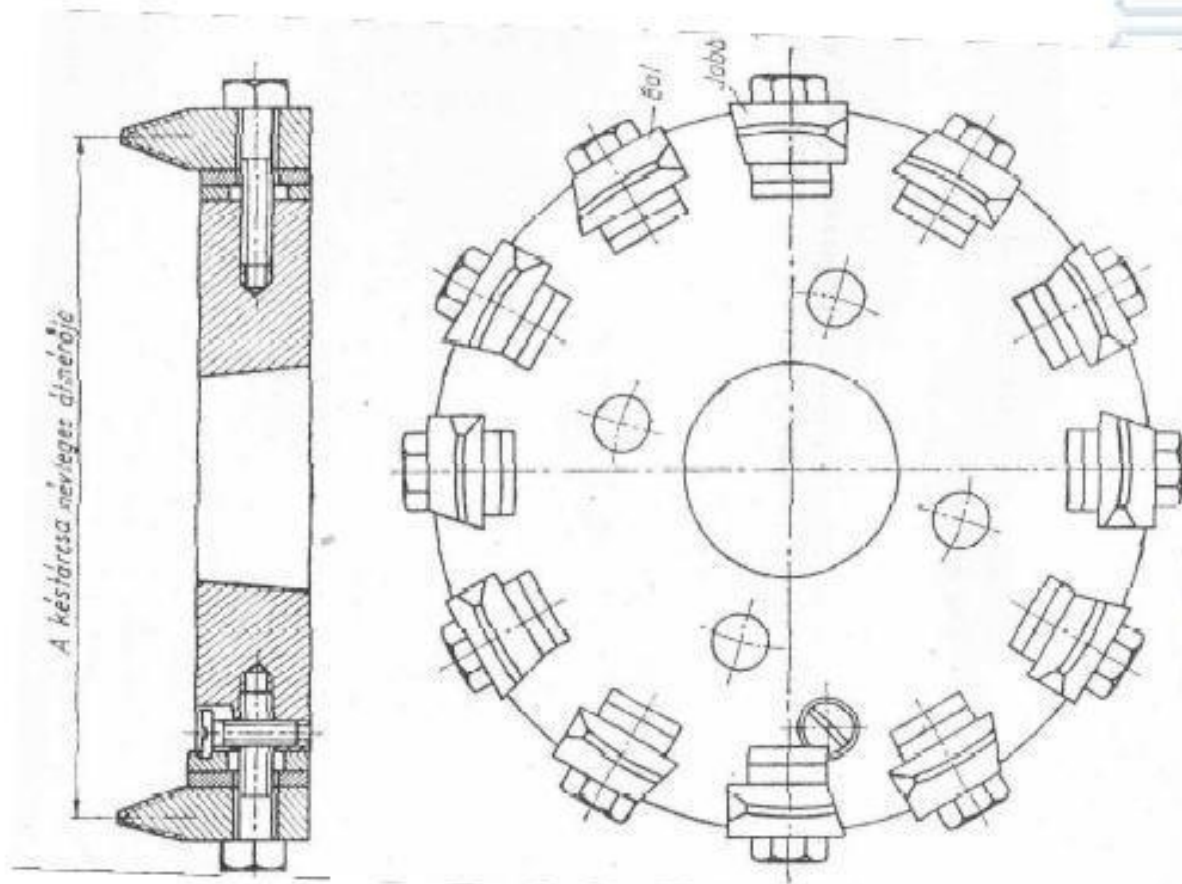
A forgácsoló főmozgás (késtárcsa forgása) független a legördítéstől.

Megmunkálási idő meghatározása:

$t_g = z \cdot t_{kl}$, t_{kl} : késtárcsa lengési ideje (gépkönyv)

$t_{fl} = f(\text{mdb anyag, fogszám, modul, gép})$

Körív fogazás – Gleason-eljárás



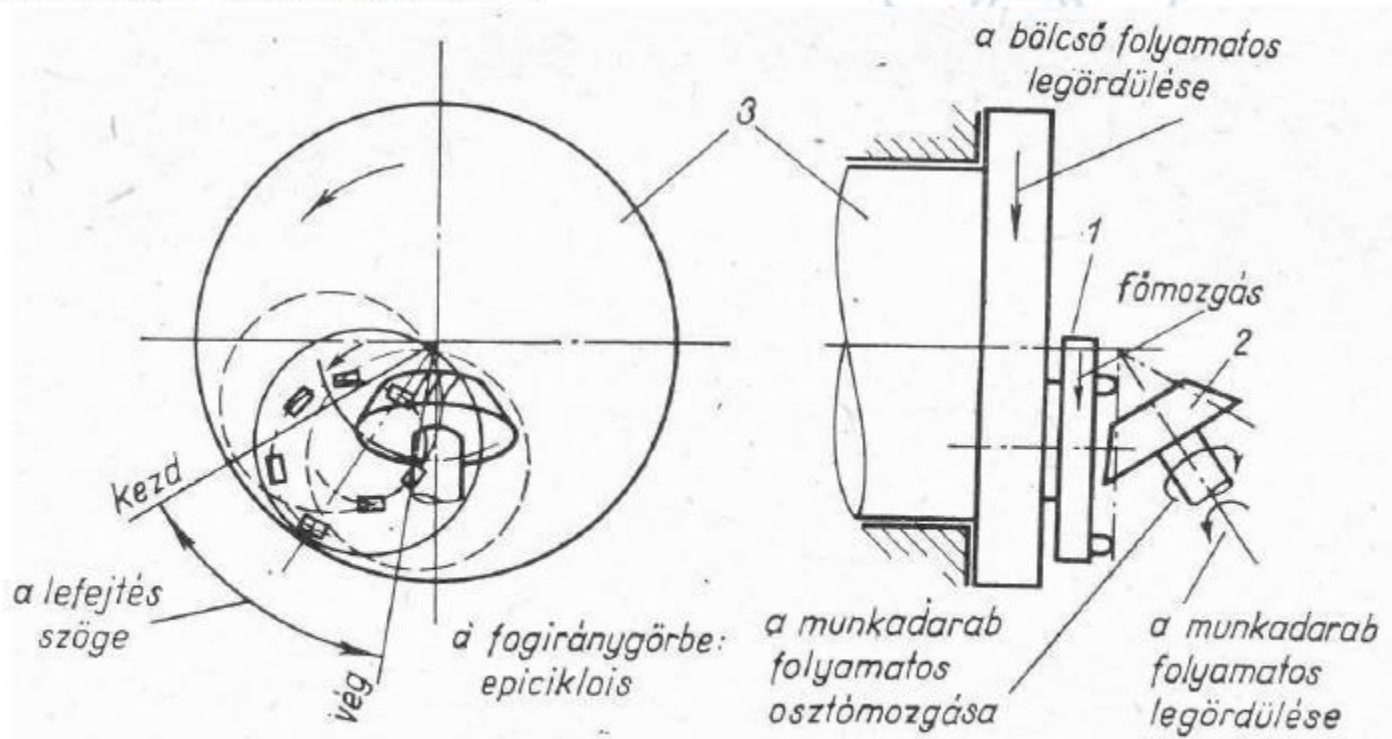
Epiciklois ívű fogazás – Oerlikon-elj.

Folyamatos, összehangolt forgó mozgások kombinációja:

Az 1 késtárcsa forgácsoló főmozgása.

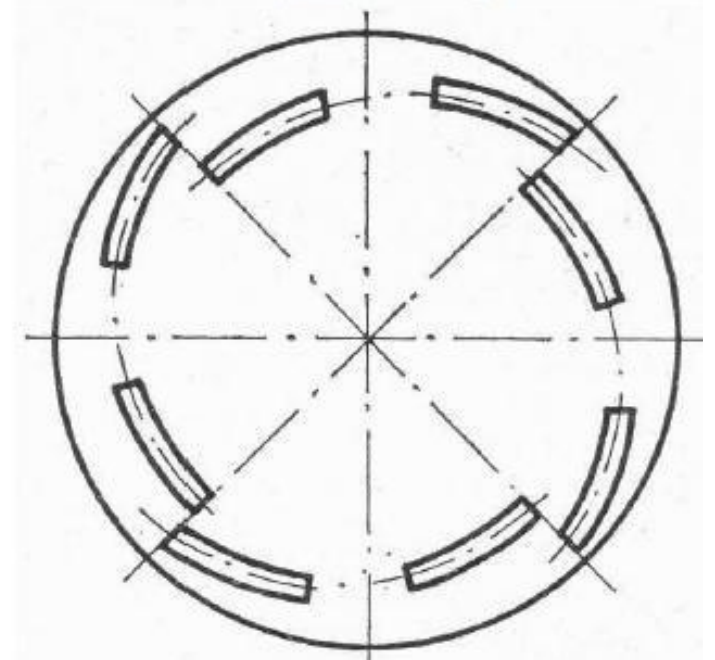
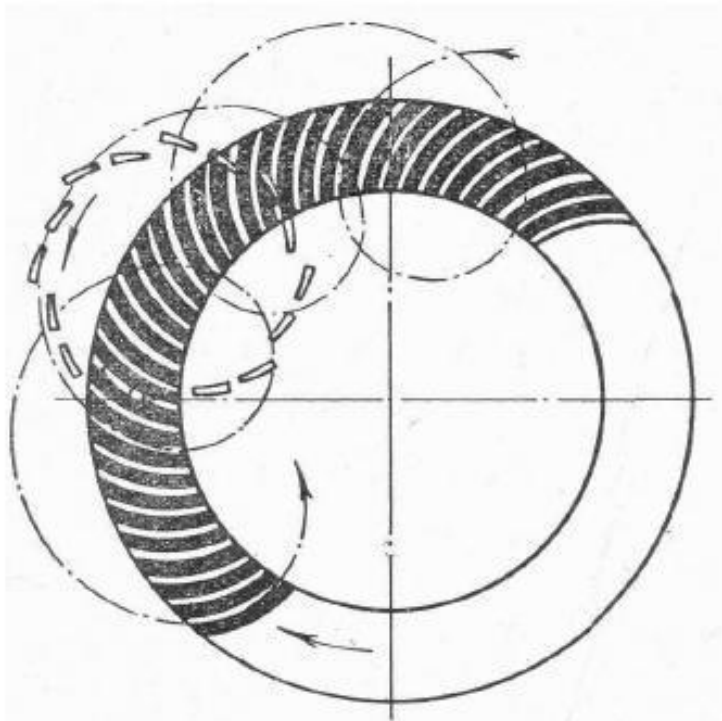
A 2 keréktест folyamatos legördülése.

A 3 szerszámfej előtoló legördülése.

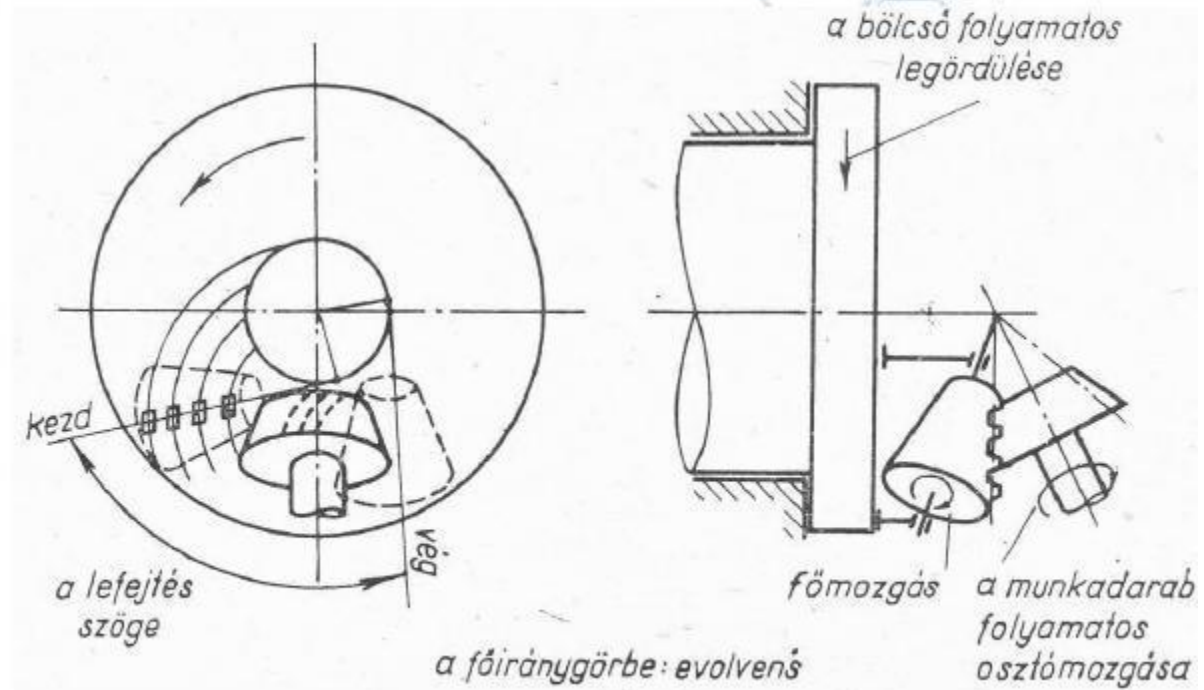
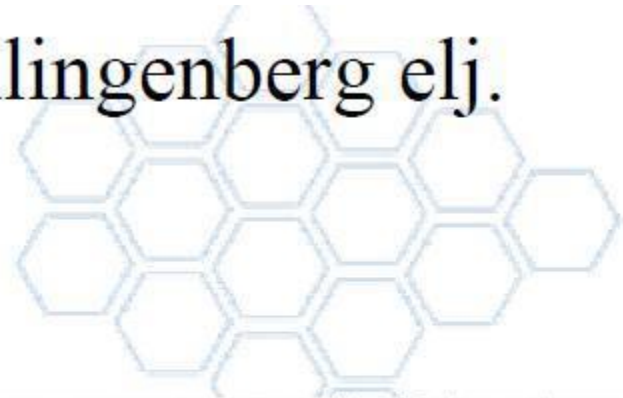


Epicyklois ívű fogazás – Oerlikon-elj.

Nincs üresjáratú idő, nagyobb termelékenység.



Evolvens ívű fogazás – Klingenberg elj.



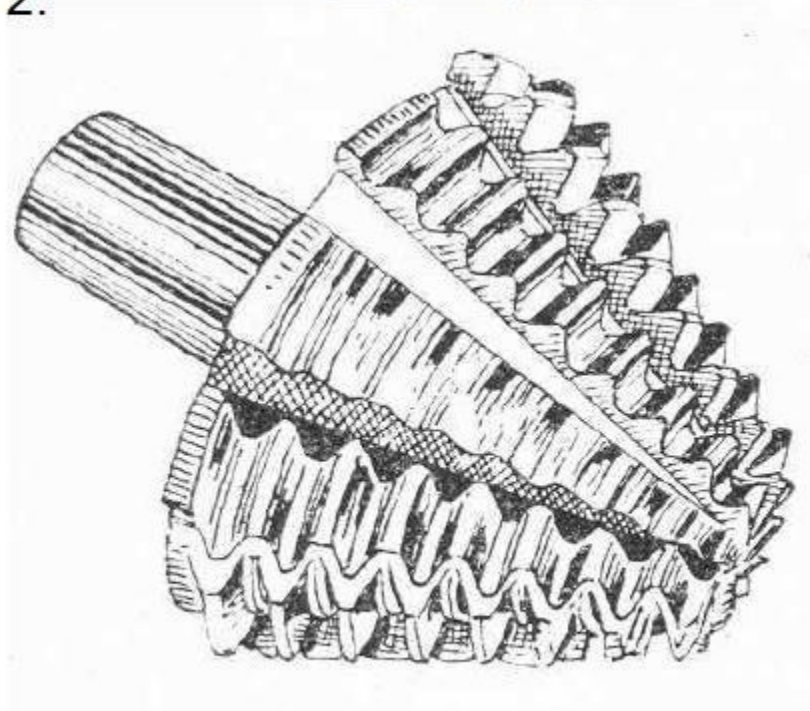
Evolvens ívű fogazás – Klingenberg elj.

Állandó menetemelkedés, de változó emelkedési szög.

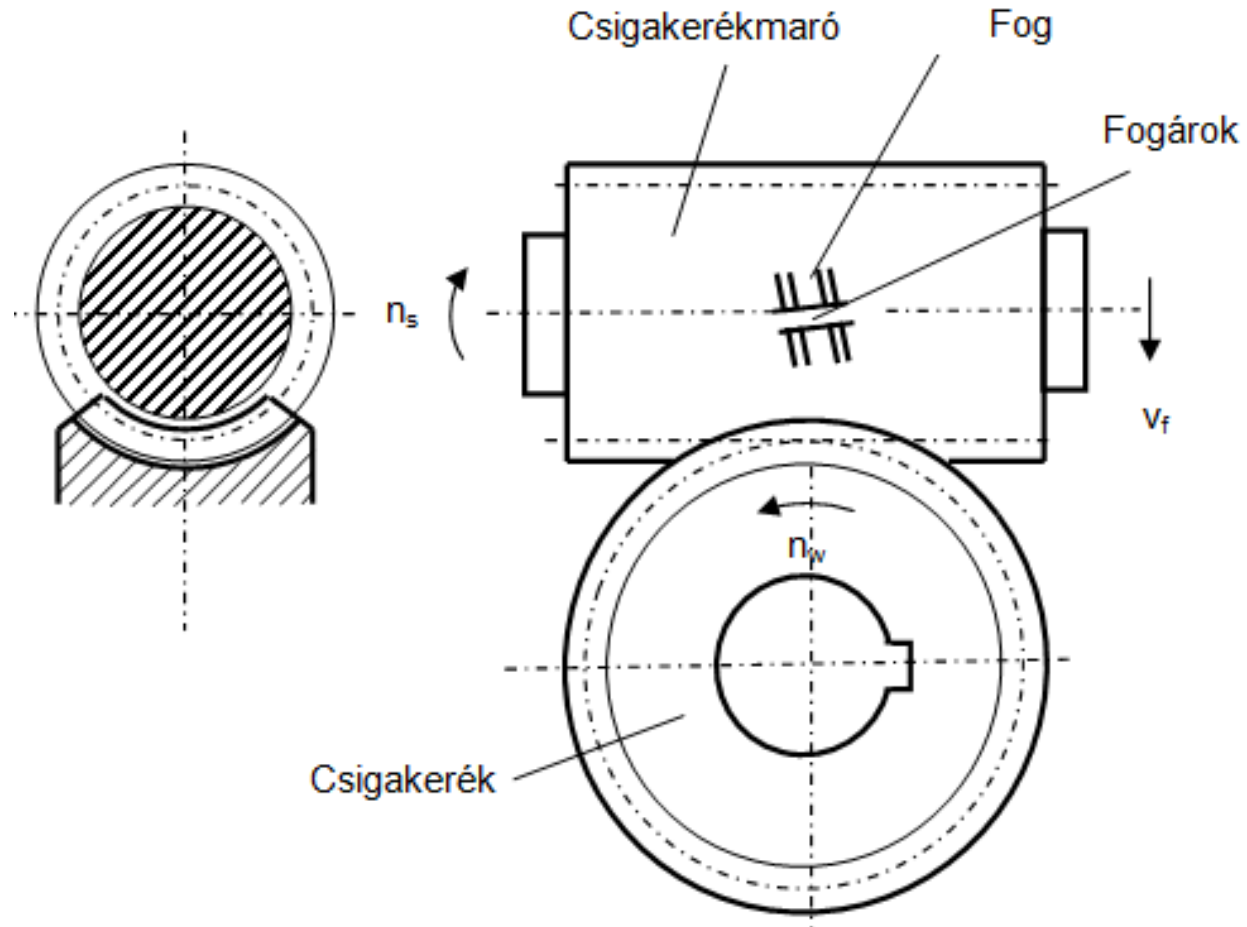
Egy kerékpárhoz két szerszám szükséges.

Minden normálmodulhoz és alapprofilszöghöz külön maró kell.

Bekezdések száma 1, ritkán 2.

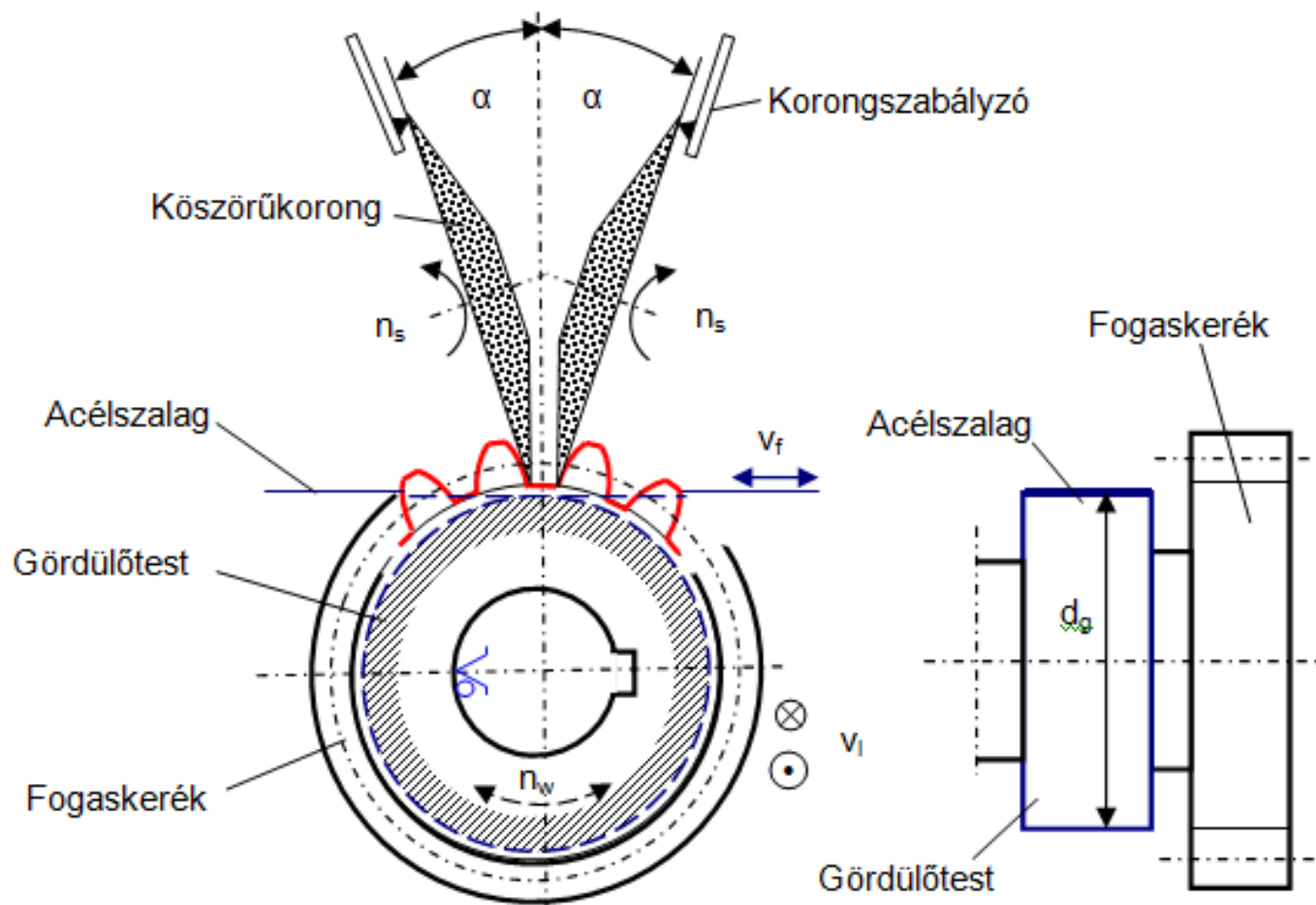


Csigakerék gyártása



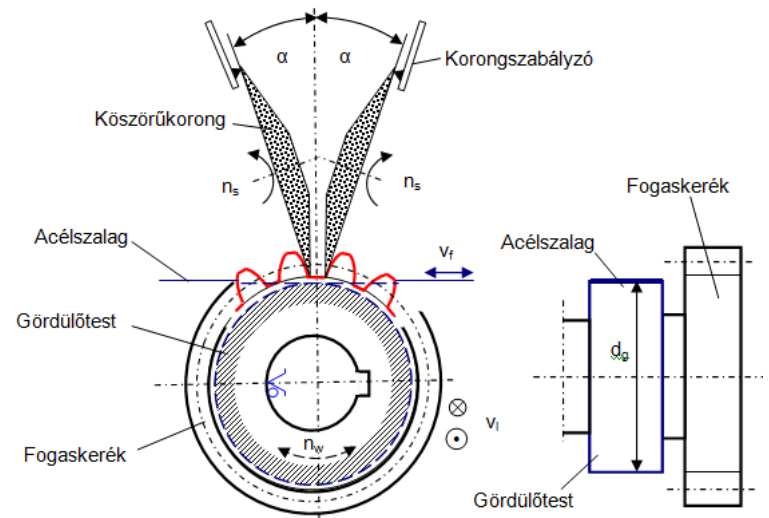
Fogaskerekek köszörülése

Lefejtő fogköszörülés



Ez - hasonlóan a fésűskéses lefejtő fogvéséshez - az evolvens fogprofil a fogasléc profilja mentén alakítja ki. A fogaskereket a gördülőtesttel közös tengelyre fogják fel. A henger alakú gördülőtest átmérője megegyezik az fogprofil lefejtő gördülőkör átmérőjével (d_g), és rá egy acélszalag feszül. A fogasléc egy fogát a két tányérkorong homlokfelülete testesíti meg, amihez érintkezve a fogárok jobb és bal profilja az acélszalag kétirányú mozgásával (v_f), ennek következtében a fogaskerék n_w fordulátú begördülésével, elkészül.

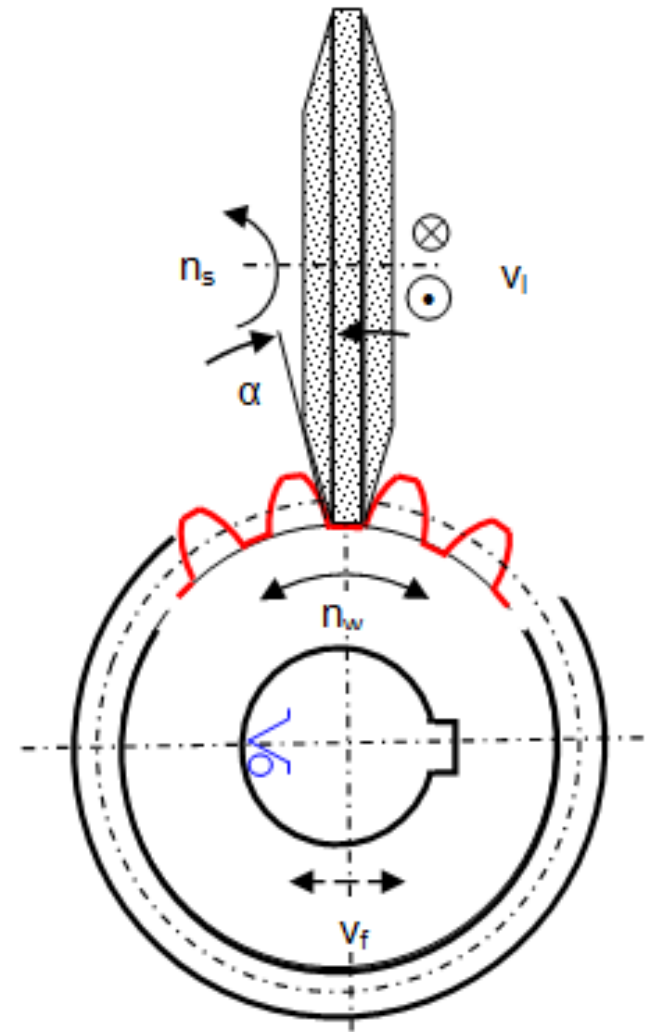
- A korongok n_s fordulatszámmal forognak és a fogirányban a munkadarab v_l alternáló mozgást végez. A lefejtés foganként megy végbe. Az egyik fog elkészülte után a berendezés automatikusan oszt, és rááll a következő fogárokra. A korongok fogárok irányba való elfordításával és a munkadarab pótlólagos forgatásával lehetőség van ferde fogazat készítésére is.



Niles féle lefejtő fogkösörű

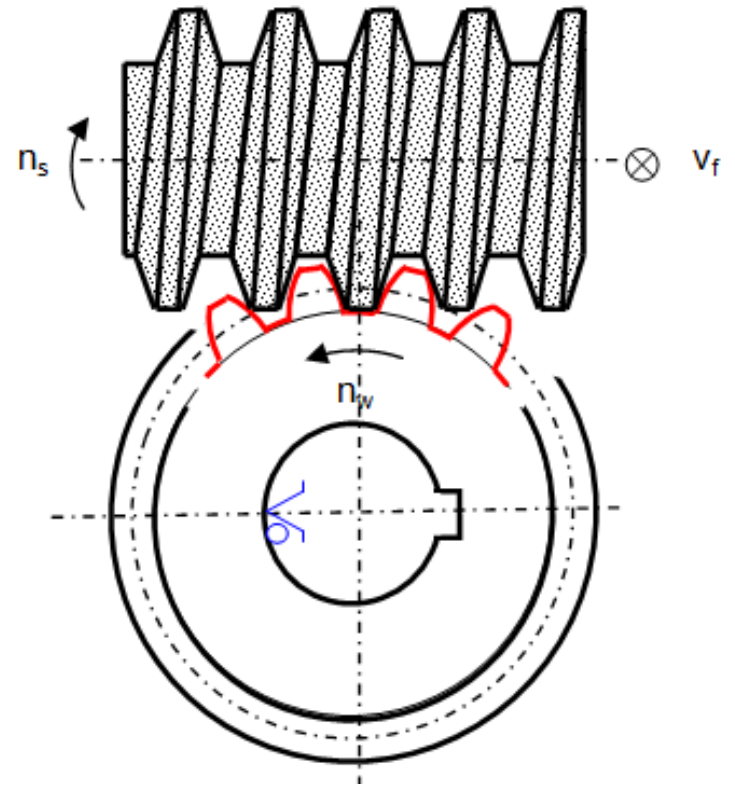
❖ A fogaskereket függőleges tengelyű, n_w fordulatszámú körasztalra fogják, ami egy v_f irányba elmozdulni képes szánon helyezkedik el. A lefejtés e két összehangolt mozgásból adódik. A korong n_s fordulatszámmal forog és a fogárok irányába v_l alternáló mozgást végez, minek következtében egyenes és ferde fogazat készítésére is lehetőség van. A megmunkálás osztással, fogankénti és ezen belül fogoldalankénti lefejtéssel történik.

❖ A korong félkúpszöge a fogazás α kapcsolószögének kiegészítő szöge, alkotója fogaslécprofilnak megfelelő egyenes.



Reishauer féle fogkösörülés

- ❖ A Reishauer-féle folyamatos fogkösörülés szerszáma a csigamaróhoz hasonló csigakorong, melyen az élek a kösörűszemcsék élei.
- ❖ A normálmetszeti profil e szerszámnál is fogasléc profil.
- ❖ A korongot a - a Pfauter-eljáráshoz hasonlóan - a fog ferdeségének megfelelően kell bedönteni, és a szerszám a fogirányba v_f előtoló-sebességgel mozgatni.



Köszönöm a figyelmet!