



**DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA**

**Dr.t.n. FIRSTNER STEVAN**  
Főiskolai docens

**GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA**  
(FORGÁCSOLÁS)

**DUNAÚJVÁROS**  
2007

## BEVEZETÉS

Ebben a jegyzetben tartalmazó tananyag, tartalmilag megegyezik a *GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA* elnevezésű tantárgy, forgácsolásra vonatkozó részével.

A forgácsolási folyamatokról, magyar és világnyelveken is, igen sok irodalom található, hiszen hagyományos technológiáról van szó. Az említett irodalom egészét nézve, tartalmazza a programban foglalt anyagot, sőt többszörösen meghaladja azt. Sajnos, az újabb keltű (beszerezhető) irodalom sem tartalmazza egy helyen a minimális, de elegendő törzsanyagot, és emiatt nem alkalmas az alaptudások (vizsgán igényelt) elsajátítására.

Megállapítható, hogy az utóbbi évek során, magyar nyelven megjelent (egyetemi karokon) egy sorozat minőséges, tananyagokra vonatkozó könyv, de ezek inkább a magasabb fokú egyetemi oktatásnak tesznek eleget, főiskolai szintre csak részben alkalmazhatók, mivel a hallgatók struktúrája igen heterogén (gimnazisták, középfokú technikusok, más középiskolák,).

Ebben a jegyzetben a tananyag ismertetése, a hallgatók meglévő alaptudásához alkalmazkodik, de egyidejűleg, eleget tesz a főiskolai minimális és egyúttal elegendő tudáskritériumainak is.

## FŐBB CÉLKITŰZÉSEK

- a. A forgácsolási folyamatok természetének megismerése.
- b. A technológiai adatok (gépen beállítható) számítása.
- c. Konkrét problémák megoldása empirikus és táblázati módszerekkel.

A tananyag, a tantárgy programmal összhangban, a következő részeket tartalmazza:

### 1. ALAPISMERETEK.

Ez a rész a megmunkáló rendszer elemeit tanulmányozza. Külön kitér a forgácsolás struktúrájára, a forgácsképződésre, majd ezt követően tárgyalja a fő forgácsolási tényezőket, valamint a forgácsolás következményeit. Külön ismerteti a szerszámok tulajdonságait, majd alapismeretekkel szolgál a használt dolgozóréssz anyagokról, a hő jelenségekről, a szerszámkopásról, stb.

### 2. ALAP FORGÁCSOLÁSI FOLYAMATOK

Az alap forgácsolási folyamatok köze vannak sorolva, az esztergálás, gyalulás, fúrás, marás és a köszörülés. Mindegyik eljárás tanulmányozás során, be van mutatva a munkatér és annak jellemzői, a használt szerszámok egy része, a géptípusok, valamint a

technológiai adatokra vonatkozó számítások ( $a$ ,  $f$ ,  $n$ ,  $t_{fg}$ ). Az alap technológiai adatok számítása mellett, a teljesítmény és a termelékenység számítása is be van mutatva.

### 3. EGYÉB FORGÁCSOLÁSON ALAPULÓ FOLYAMATOK

Ebben a részben ismerheti meg a hallgató az üregelést, a fűrészelést, a menetmegmunkálást, a fogazást, valamint a ma még nem hagyományosnak nevezhető folyamatokat (különleges folyamatok). A különleges folyamatok közül, tájékoztatás jellegűen vannak illusztrálva a szikraforgácsolás, a koptatás, a szemcseszórás, a sugaras megmunkálások, a folyadékos folyamatok, az elektrokémiai folyamatok,...

### 4. AZ ÉLŐGYÁRTMÁNY

Az élőgyártmány meghatározására irányuló alap számítási módszer (javasolt és táblázati adatok alapján) van bemutatva,

### 5. IDŐELEMZÉS

Az időelemzésre vonatkozó alapismereteket sajátíthatja el a hallgató, beleértve a darabidő és a sorozatidő számítási modelljét.

### 6. KÖLTSÉGELEMZÉS

A költségelemzés során, az önköltségek számítása szolgál alapul, de a végleges (számlázott) költségek számítási modellje is be van mutatva.

A tananyag tartalmazza mind azokat az adatokat (táblázatok), melyek használatával konkrét példákat lehet, (numerikusan) megoldani.

Minden rész végén, az anyagra jellemző kérdések is találhatók. Ezek egyben parciális (ZH), vagy végleges vizsgakérdések.

A tananyag külön része a TANULÁSI UTMUTATÓ mely egyrészt metodikai javaslatokat tartalmaz, és konkrét példákkal szolgál.

DUNAÚJVÁROS, 2007. február

Dr.t.n. Firstner Stevan  
főiskolai docens

## MODULPROGRAM

A modulprogram tartalmazza a tananyag típusát, óraszámokat, pontszámokat, aláírási feltételeket és a tudásfelmérési formákat

Külön részt képez a tananyag tartalma.

A tantárgy neve			<b>GYÁRTÁSTECHNO LÓGIA</b>			Kódja:	<b>DFANGE-41</b>					
Felelős oktatási egység:			<b>Karbantartástechnológia Mechanika –</b>			<b>Gépészeti Intézet</b>						
Kötelező előtanulmány:			/			Kódja:						
Típus:	Heti óraszám					Gyakorlat vagy labor	Köv.	Kred.	Nyelve			
	Előadás	Gyakorlat	Labor									
<b>150/75</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>15 óra -</b>		<b>V</b>	<b>5</b>	<b>magyar</b>				
				<b>15 óra -</b>								
<b>Mintatantervi elhelyezkedés szakok szerint</b>												
Szak:		Szakirány			Mintatanter vi félév:	Választhatóság:						
<b>Gépészmérnöki</b>		<b>minden</b>			<b>2</b>	<b>kötelező</b>						
<b>Gépészmérnök mérnöktanár</b>		<b>minden</b>			<b>2</b>	<b>kötelező</b>						
Jellemző átadási módok:		Előadás:			Minden hallgatónak, nagy előadóban, táblás előadás, írásvetítő							
		Gyakorlat:			Maximum 25 fős kistermi táblás gyakorlatok,							
		Labor/			Forgácsoló műhelyben végzett bemutatók és gyakorlások							
		/Műhely:			Hegesztő műhelyben végzett bemutatók és gyakorlások							
Oktatási célkitűzések:		A gyártástechnológia alapjainak megismerése										
		<b>HEGESZTÉS</b>										
		- A hegesztés és forrasztás elveinek, használhatóságainak, és eljárásainak megismerése.										
		- A hegesztési varrat és hegesztett kötés kialakulásának hőfizikai jelenségeinek, tanulmányozása.										
		- A kézi ívhegesztés és a lánghegesztés alkalmazhatósága, a hegesztőanyagok választékának										
		- A munkavédelmi szempontok megismerése.										
Oktatási célkitűzések:		- Az alap felszerelés alkalmazása és használata (műhelyszinten).										
		<b>FORGÁCSOLÁS</b>										
		- A forgácsolás alapelveinek és következményeinek megismerése.										
		- Az alap forgácsolási eljárások megismerése.										
		- A technológiai adatok számítása, és kiválasztása.										
		- A gépidő és a normaidő számítás, valamint, a költségek meghatározása.										
		- Egyéb forgácsolási eljárások megismerése.										
		- Az alap forgácsoló gépek kezelése és használata (műhelyszinten).										

Tananyag tartalom (heti bontásban)	Hét	<i>Előadások (hegesztés)</i>	Gyakorlat
	1	Hegesztési és forrasztási alapfogalmak - hegesztőeljárások csoportosítása - hegesztési varrat és hegesztett kötés kialakulása - hegesztett kötés jelölései	Bemutató gyakorlat, videofilm vetítés, konzultáció
	2	Hegesztéshez alkalmazott hőforrások - hegesztőív kialakulása - elektrotechnikai alapfogalmak	
	3	Hegesztőeljárások alapelvei, alkalmazása - ömlesztő hegesztések - - sajtoló hegesztések	
	4	Különleges hegesztő eljárások típusai Hegesztett varrat helye a szerkezetben - hegesztési feszültségek, deformációk - hegeszthetőség - hegesztett varrat hibái	
	5	Kézi ívhegesztés technológiája - ívhegesztő áramforrások jellemzői - ívhegesztő elektródák alkalmazhatósága - kézi ívhegesztés technológiája - kézi ívhegesztés biztonságtechnikája	
	6	Lánghegesztés - a lánghegesztés hegesztőanyagai - a lánghegesztés berendezései - a lánghegesztés technológiája - a kézi lángvágás technológiája - a lánghegesztés biztonságtechnikája <b>ZH tudásfelmérés</b>	
	7	- Ívhegesztő minősítések jelölési rendszere - Bemutató gyakorlat - <b>ZH tudásfelmérés (pótlás)</b>	
		<b><i>Előadások (forgácsolás)</i></b>	
	8	Alapismeretek - a munkadarab és a szerszám viszonylagos mozgásai. - a forgácsoló szerszám jellemzői (geometria, - Forgácsképződés, forgácsfajták nyírási modell Fő forgácsolási tényezők - Forgácsoló erő, forgácsoló sebesség. Forgácsolás következményei - Forgács tulajdonságok, nyírási modell, hő jelenségek, szerszámkopás, strukturális elváltozások, alakváltozások, élettartam, érdesség.	Műhelygyakorlat
	9	Esztérgálás: - Munkatér, gépek, befogási módok, használatos - Technológiai jellemzők számítása (a, n, f, t <sub>fg</sub> ) - Numerikus példa kidolgozása	
	10	Gyalulás. Fúrás. - Munkatér, gépek, befogási módok, használatos - Technológiai jellemzők számítása (a, n, f, t <sub>fg</sub> ) - Numerikus példa kidolgozása	
	11	Marás: - Munkatér, gépek, befogási módok, használatos - Technológiai jellemzők számítása (a, n, f, t <sub>fg</sub> ) - Numerikus példa kidolgozása	

Tananyag tartalom (heti bontásban)	12	Köszörülés: - Munkatér, gépek, befogási módok, használatos szerszámok - Technológiai jellemzők számítása (a, n, f, t <sub>ig</sub> ) - Numerikus példa kidolgozása	- Munkadarab - Egy gép részletes leírása
	13	A forgácsolási eljárásokon alapozott eljárások (ismertető) - Fűrészelés, üregelés, menetvágások. - Fogaskerek megmunkálása (MAG, Pfauter, FIAT, KLINGENBERG, GLIZON) .- köszörülés	
	14	Különleges forgácsolási eljárások (ismertető szinten): - Elektroeróziós eljárások. - Vibrációs és szemcsefúvó eljárások - Plazma, vízsugár, és laser alkalmazása. - Előgyármány meghatározás. Időelemzés. Költségelemzés.	
	15	- műhelygyakorlaton készíthető darab bemutatása és - <b>ZH tudásfelmérés (pótlás)</b>	
Követelmények:	Vizsgára bocsátás, aláírás feltételei: 1. Az előadások 70%- án való részvétel, 2. A zárthelyik pozitív osztályzata. 3. A gyakorlatokon való 100%-os részvétel 4. A gyakorlatokon (pozitívan értékelt) feladat és legyártott munkadarab átvétele.		
Kötelező irodalom és elérhetősége	1. Dudás Illés: Gépgyártástechnológia I., Miskolci Egyetemi Kiadó, 2000. 2. Simon Béla: Forgácsolás elmélete, és szerszámai, Tankönyvkiadó, Bp. 1989. 3. Fülöp Zsoltné: A hegesztés alapjai ME DFK Kiadó, Dunaújváros, 1993.		
Ajánlott irodalom és elérhetősége:	- Dr. Gáti József szerk.: Hegesztési zsebkönyv. COKOM Kft, Miskolc, 2003.		
Beadandó feladatok/mérési jegyzőkönyvek leírása:	1. A feladat egy munkadarab hegesztéstechnológiájának elkészítése, a WPS lapokkal együtt. 2. Egy egyszerű munkadarab legyártása. 3. Egy, a műhelyben található forgácsoló gép részletes leírása		
Zárthelyik leírása, időbeosztása:	1. Egy zárthelyi tudás felmérés (hegesztésből),6. héten, a 1 ÷ 5. heti elméleti előadások anyagából. A zárthelyi tudás felméréseket (pótlás, javítás) 7. hét 2. Egy zárthelyi tudás felmérés (forgácsolásból),13. héten, a 7 ÷ 12. heti elméleti előadások anyagából. A zárthelyi tudás felméréseket (pótlás, javítás) 15. hét		
Érdemjegy megszerzésének feltétele, kialakítása:	<b>Az érdemjegy meghatározása:</b> 1. Írásbeli vizsga (numerikus példák megoldása) 25 ÷ 50 pont. 2. Szóbeli vizsga (elméleti tudás felmérés) 25 ÷ 50 pont Ezek alapján az érdemjegy meghatározása: - 51 – 60 %: elégséges, - 61 – 70 %: közepes, - 71 – 80 %: jó, - 81 – 100 %: jeles		

## ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK

MEGJEL ÖLÉS	MÉRETEGYSÉG	ÉRTELMEZÉS
()M	/	Munkadarab
()S	/	Szerszám
A	[mm <sup>2</sup> ]	Normálmetszet felülete
a	[mm]	Fogásmélység
A <sub>1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	Végleges keresztmetszet felülete
A <sub>i</sub> , B <sub>i</sub>	[Ft]	Számlázott ár állandó költségek
A <sub>k</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	Forgácskitöltésű tényező
A <sub>k</sub>	[Ft]	Készülékár
A <sub>o</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	Kiinduló keresztmetszet felülete
A <sub>r</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	Igénybevett terület
A <sub>SZ</sub>	[Ft]	Szerszámár
b	[mm]	Fogásban lévő szélesség
C	[μm]	Sérült réteg
c	/	A köszörülőkorong mértani jellemzője
C <sub>F</sub>	[N mm]	Fajlagos előtoló erő (fúrás)
C <sub>k</sub> , k <sub>c</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	Fajlagos erő
C <sub>m</sub>	[N ]	Fajlagos nyomaték
c <sub>o</sub>	/	A szerszámszár mértani jellemzője
C <sub>v</sub> , C <sub>v</sub> "	[m/perc]	Fajlagos sebességek
D	[mm]	Átmérő (diaméter)
d <sub>1</sub>	/	A köszörülőkorong külső átmérője
D <sub>1</sub>	[mm]	Végleges átmérő
d <sub>2</sub>	/	A köszörülőkorong nyílásának átmérője
D <sub>c</sub>	[mm]	Köszörűátmérő
D <sub>o</sub>	[mm]	Kiinduló átmérő
D <sub>v</sub>	[mm]	Vezető köszörűkorong átmérő
E	[mm]	
E	[N/mm <sup>2</sup> ]	Young rugalmassági tényező
f	[mm/ford.]	Fordulatkénti előtolás
F	[N]	Erő
f <sub>1</sub>	[mm/fog.]	Fogankénti előtolás
F <sub>c</sub>	[N]	Fő forgácsolóerő
F <sub>f</sub>	[N]	Előtoló forgácsolóerő
F <sub>M</sub>	[N]	Munkadarabot terhelő erő

$F_p$	[N]	Beható forgácsolóerő
$F_s$	[N]	Szerszámot terhelő erő
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	Gravitációs együttható
$h$	[mm]	Forgácsvastagság
$H$	[mm]	Horonymagasság
HB	/	Brinell keménység
HV	/	Vickers keménység
$i$	/	Fogások száma
$I$	[mm <sup>4</sup> ]	Axiális másodrendű nyomaték
$K$	/	Fajlagoserők korrekciós tényezői
$k$	/	Élettartamra vonatkozó kitevő
$K$	/	Gyaluló sebességarány
$kc_{1,1}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Fajlagos erő ( $a=1$ , $b=1$ )
$K_{xxx..}$	[Ft]	Költségek
$l$	[mm]	Munkadarab hossz
$L$	[mm]	Munkadarab hossz
$l_n$	[mm]	Szerszámszár hossza
$n$	[ford./perc]	Fordulatszám
$v$	/	Biztonsági tényező
$n_c$	[ford./perc]	Köszörűkorong fordulatszáma (köszörülés)
$n_g$	[ford./perc]	Fordulatszám a gép teherbírása szerint
$n_k$	[k.l./perc]	Kettőslöketek száma
$n_s$	[darab/sor.]	Sorozatban legyártott darabszám
$n_{sk}$	[darab/sor.]	Kritikus sorozatban legyártott darabszám
$n_{sz}$	[ford./perc]	Fordulatszám a szerszám sebességbírása szerint
$n_w$	[ford./perc]	Munkadarab fordulatszáma (köszörülés)
$P$	[kW]	Gép beépített teljesítménye
$Q$	[kg/perc]	Forgácsolási termelékenység
$q$	[kg/dm <sup>3</sup> ]	Fajlagos tömeg
$q$	/	Sebességarány (köszörülés)
$r$	[mm]	Szerszámcsúcs rádiusz
$R$	[ $\mu$ m]	Tényleges érdesség
$R$	[mm]	Örökölt hibák összege
$R_a$	[ $\mu$ m]	Átlagos felületi érdesség
$R_g$	[%]	Gép járulékos költsége
$R_k$	[%]	Készülék járulékos költsége
$R_m$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Szakítószilárdság
$R_{sz}$	[%]	Szerszám járulékos költsége
$r_{xxx..}$	[mm]	Örökölt hibák
$R_z$	[ $\mu$ m]	Maximális felületi érdesség
$\sigma_l$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Fő feszültség
$\sigma_m$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Megengedett normál feszültség
SZÁ	[Ft]	Számlázott ár
$T$	[perc]	Élettartam
$t_{fg}$	[perc]	Fő gépidő
$T_s$	[mm]	Simításra vonatkozó tűréstartomány
$t_{xxx..}$	[perc]	Részidők
$u$	[mm]	Alakváltozás
$u_c$	[mm]	A fő forgácsolóerő hatásától létrejött alakváltozás
$u_f$	[mm]	A beható forgácsolóerő hatásától létrejött alakváltozás
$u_p$	[mm]	Az előtoló forgácsolóerő hatásától létrejött alakváltozás
$V$	[m/perc]	Forgácsoló sebesség
$V_{60}$	[m/perc]	Hatvanperces élettartamra vonatkozó sebesség
$V_c$	[m/perc]	Fő forgácsolási sebessége
$V_c$	[m/sec.]	Köszörűkorong peremsebessége
$V_f$	[m/perc]	Előtoló forgácsolási sebessége
$V_f$	[m/perc]	Előtoló sebesség



V	[m/perc]	Forgácsoló sebesség
V <sub>60</sub>	[m/perc]	Hatvanperces élettartamra vonatkozó sebesség
V <sub>c</sub>	[m/perc]	Fő forgácsolási sebessége
V <sub>c</sub>	[m/sec.]	Köszörűkorong peremsebessége
V <sub>f</sub>	[m/perc]	Előtoló forgácsolási sebessége
V <sub>f</sub>	[m/perc]	Előtoló sebesség
V <sub>L</sub>	[m/perc]	Leválósebesség
V <sub>M</sub>	[m/perc]	A munkadarab abszolút sebessége
V <sub>ny</sub>	[m/perc]	Nyíróirányú sebesség
V <sub>p</sub>	[m/perc]	Behatoló forgácsolási sebessége
V <sub>r</sub>	[m/perc]	Hátramenetsebesség
V <sub>S</sub>	[m/perc]	A szerszám abszolút sebessége
V <sub>T</sub>	[m/perc]	T-élettartamra vonatkozó sebesség
V <sub>v</sub>	[m/sec]	Vezetőkorong sebesség
V <sub>w</sub>	[m/perc]	Munkadarab sebessége (köszörülés)
V <sub>x</sub> , V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub>	[m/perc]	Forgácsoló sebesség összetevői
W	[Nmm]	Munka
x, y	/	Sebességet meghatározó kitevők
x, y, z	[mm]	Koordináták
x <sub>1</sub> , y <sub>1</sub>	/	Erőmeghatározó kitevők
Z	/	Fogaskerék fogak száma
z	/	Marószerszám fogak száma
α <sub>o</sub>	[o]	Hátszög
β <sub>o</sub>	[o]	Ékszög
γ <sub>o</sub>	[o]	Homlokszög
δ	[mm]	Ráhagyás
Δ	[mm]	Tényleges mérethiba
ε <sub>K</sub>		Erő meghatározó kitevő
φ	[o]	Írányvonal hajlásszög
ξ	/	Sebesség korrekciók
η		Kihasználási tényező
φ <sub>o</sub>	[o]	Fúrószerszám csúcshézag
λ	[o]	Terelőszög
λ	/	Alakváltozási tényező
μ	/	Munkadarab befogására vonatkozó al. v. tényező
μ		Csúszó állandó
μ <sub>o</sub> , x <sub>o</sub> , y <sub>o</sub>	/	Fúró peremsebesség meghatározó értékek
v	/	Biztonsági tényező
σ <sub>l</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	Fő feszültség
σ <sub>m</sub>	[N/mm <sup>2</sup> ]	Megengedett normál feszültség

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS .....</b>	<b>2</b>
<b>MODULPROGRAM .....</b>	<b>4</b>
<b>ALKALMAZOTT JELÖLÉSEK .....</b>	<b>7</b>
<b>TARTALOMJEGYZÉK .....</b>	<b>10</b>
<b>1. ALAPISMERETEK .....</b>	<b>16</b>
1.1. FORGÁCSOLÓ TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT .....	16
1.1.1. A FORGÁCSKÉPZŐDÉS .....	17
1.1.2. FORGÁCSOLÁS ALAPFELTÉTELEI .....	18
1.2. A FORGÁCSOLÁS FŐ TÉNYEZŐI .....	18
1.2.1. FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK .....	18
1.2.1.1. A FŐ FORGÁCSOLÓSEBESSÉG SZÁMITÁSA .....	20
▪ KATALÓGUSADATOK .....	20
▪ EMPIRIKUS MEGKÖZELÍTÉSEK .....	20
• KRONENBERG MÓDSZER .....	20
• WALICH MÓDSZER .....	22
• FAJLAGOSSEBESSÉG KORREKCIÓ .....	22
1.2.1.2. A FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK LÉTREHOZÁSA .....	23
▪ A FOLYAMATOS MOZGÁSOK: .....	23
▪ A PERIODIKUS (SZAKASZOS) MOZGÁSOK: .....	23
• SZABVÁNYOS FORDULATSZÁMOK .....	24
• SZABVÁNYOS ELŐTOLÁSOK .....	25
1.2.2. FORGÁCSOLÓERŐK .....	25
1.2.2.1. FORGÁCSOLÓERŐK SZÁMITÁSA .....	26
▪ EGYSZERŰSÍTETT MÓDSZER .....	26
• A MUNKADARAB SZAKÍTÓSZILÁRDSÁGA ALAPJÁN .....	27
• KOREKCIÓS ADATOK SZERINT: .....	27
▪ BŐVÍTET MÓDSZER .....	29
▪ KRONENBERG MÓDSZER .....	29
1.3. A FORGÁCSOLÓSZERSZÁM JELLEMZŐI .....	30
1.3.1. FORGÁCSOLÓSZERSZÁM RÉSZEI .....	30
1.3.1.1. A SZERSZÁM DOLGOZÓRÉSZÉNEK JELLEMZŐI .....	31
▪ ANYAGOK .....	31
○ SZERSZÁMACÉLOK .....	32
○ GYORSACÉLOK .....	32
○ KEMÉNYFÉMEK .....	32
○ KERÁMIA .....	32
○ BEVONATOK .....	32
○ GYÉMÁNTOK .....	33
▪ SZERSZÁMSÍKOK ÉS METSZETEK .....	33
▪ SZERSZÁMSZÖGEK .....	34
▪ CSÚCSSUGARAK ÉS SZERSZÁMSZÁR MÉRTEK .....	35
▪ KIVITELEZÉSI MÓDOK .....	36
• LAPKASZORÍTÓ ÉS FORGÁCSZÖRŐ MEGOLDÁSOK .....	36
• FÓRRASZTÁSSAL FELERŐSÍTETT LAPKÁK .....	36

• KEMÉNYFÉMEK ÉS KERÁMIALAPKÁK .....	36
▪ DOLGOZÓRÉSZ MÓDOSÍTÁSAI .....	37
1.3.1.2. A SZERSZÁMSZÁR JELLEMZŐI .....	37
1.4. A FORGÁCSOLÁS KÖVETKEZMÉNYEI .....	38
1.4.1. FORGÁCSKÉPZŐDÉS .....	38
1.4.1.1. FORGÁCS ALAKVÁLTOZÁSI TÉNYEZŐ .....	38
1.4.1.2. FORGÁCSALAKOK .....	39
1.4.2. ÉRDESSÉG .....	40
1.4.3. HŐKÉPZŐDÉS .....	42
1.4.3.1. HŐELOSZLÁS .....	42
1.4.3.2. FORGÁCS ÉS A DOLGOZÓRÉSZ FELMELEGEDÉS .....	43
1.4.3.3. HŰTŐ - KENŐ FOLYADÉKOK .....	43
1.4.4. SÉRÜLT RÉTEG .....	44
1.4.5. SZERSZÁMKOPÁS .....	44
1.4.5.1. KOPÁSKRITÉRIUMOK .....	45
▪ MÉRETHIBA .....	45
▪ ÉRDESSÉG NÖVEKEDÉS .....	45
▪ DOLGOZÓRÉSZ KOPÁSMÉRETE .....	46
1.4.6. DOLGOZÓRÉSZ ÉLETTARTAM (TAYLOR KÉPLET) .....	46
• NUMERIKUS PÉLDA .....	47
○ KÉRDÉSEK .....	49
<b>2. ALAP FORGÁCSOLÁSI FOLYAMATOK .....</b>	<b>50</b>
2.1. ESZTERGÁLÁS .....	50
2.1.1. MUNKATÉR (BEFOGÁSI ÉS ERŐTERV) .....	51
2.1.2. GÉPEK (ESZTERGAPADOK) .....	52
2.1.3. SZERSZÁMOK .....	53
▪ SZERSZÁMFUNKCIÓK .....	53
▪ SZERSZÁMSZABVÁNYOK .....	53
▪ SZERSZÁMFAJTÁK .....	54
2.1.4. FOGÁSMÉLYSÉG .....	55
2.1.4.1. PALÁSTESZTERGÁLÁS .....	55
▪ $\delta_1$ ...NAGYOLÓ RÁHAGYÁSOK (PALÁSTESZTERGÁLÁS) .....	55
▪ $\delta_2$ ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (PALÁSTESZTERGÁLÁS) .....	55
▪ $\delta_3$ ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (PALÁSTKÖSZÖRÜLÉS) .....	56
2.1.4.2. HOMLOKESZTERGÁLÁS .....	56
▪ $\delta_1$ ...NAGYOLÓ RÁHAGYÁSOK (HOMLOKESZTERGÁLÁS) .....	56
▪ $\delta_2$ ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (HOMLOKESZTERGÁLÁS) .....	57
▪ $\delta_3$ ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (HOMLOKKÖSZÖRÜLÉS) .....	57
2.1.4.3. ÜREGESZTERGÁLÁS: $\delta_1$ ...NAGYOLÓ $\approx 0,7\delta_1$ (PALÁSTESZTERGÁLÁS)	
$\delta_2$ ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (ÜREGESZTERGÁLÁS) .....	57
▪ $\delta_3$ ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (ÜREGESZTERGÁLÁS) .....	58
2.1.5. SEBESSÉGEK .....	58
▪ HASZNÁLT ANYAGOK ÉS FŐ FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉGEK .....	58
2.1.6. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS .....	59
2.1.6.1. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a szerszám teherbirása szerint: .....	59
2.1.6.2. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a MUNKADAB ( $R_z$ ) IGÉNYELT FELÜLETIÉRDESSÉGE	
SZERINT 61	
2.1.6.3. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a MEGENGEDETT ALAKVÁLTOZÁS szerint: .....	62
▪ A ( $u$ ) NAGYOLÁSBÓL VISSZAMARADT ALAKVÁLTOZÁS .....	63
▪ A FŐ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT ALAKVÁLTOZÁS .....	63
• A KERESZTÍRÁNYU - BEHATOLÓ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT	
ALAKVÁLTOZÁS .....	64
• AZ ELŐTOLÓ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT ALAKVÁLTOZÁS .....	65
• A NAGYOLÁSBÓL VISSZAMARADT ÉRDESSEG .....	65

▪ Fő simító forgácsolóerő ( $F_{cs}$ ).....	65
▪ MÉRVADÓ FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSOK .....	66
• NAGYOLÁS ESETÉN .....	67
• SIMÍTÁS ESETÉN .....	67
2.1.7. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS .....	67
2.1.7.1. FORDULATSZÁMSÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBIRÁSA SZERINT .....	67
2.1.7.2. FORDULATSZÁMSÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTÉSE SZERINT .....	67
2.1.7.3. MÉRVADÓ FORDULATSZÁM .....	68
2.1.8. FŐ GÉPIDŐ .....	68
2.1.8.1. PALÁSTESZTERGÁLÁS.....	68
2.1.8.2. HOMLOKESZTERGÁLÁS .....	68
2.1.8.3. FOGÁSOK SZÁMA.....	68
2.1.9. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY .....	69
2.1.10. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG .....	69
2.1.10.1. PÉLDA.....	69
▪ MEGMUNKÁLÁSI SORREND (műveleti utasítások) .....	70
▪ FELADAT MEGOLDÁS (technológiai adatok számítása) .....	70
○ KÉRDÉSEK .....	74
2.2. GYALULÁS .....	75
2.2.1. GÉP ÉS MUNKATÉR .....	75
2.2.2. SZERSZÁMOK .....	76
2.2.3. FOGÁSMÉLYSÉG .....	76
2.2.4. SEBESSÉGEK .....	76
2.2.5. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS.....	77
2.2.6. KETŐSLÖKETEK SZÁMÍTÁSA.....	77
2.2.6.1. KETŐSLÖKETSÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBIRÁSA SZERINT .....	77
2.2.6.2. KETŐSLÖKETSÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTMÉNYE SZERINT .....	78
2.2.6.3. MÉRVADÓ KETŐSLÖKETSZÁM.....	78
2.2.7. FŐ GÉPIDŐ .....	78
▪ FOGÁSOK SZÁMA.....	78
2.2.8. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY.....	79
2.2.9. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG .....	79
2.2.9.1. PÉLDA.....	80
○ KÉRDÉSEK.....	82
2.3. FÚRÁS.....	83
2.3.1. MUNKATÉR .....	83
• CSÚCSSZÖG.....	84
2.3.2. GÉPEK .....	85
• ASZTALI ÉS OSZLOP FÚRÓGÉP .....	85
• KONZOL FÚRÓGÉP ÉS FÚRÓKÖZPONT .....	85
2.3.3. SZERSZÁMOK .....	86
2.3.4. RÁHAGYÁSOK .....	86
2.3.5. SEBESSÉGEK .....	87
2.3.6. FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS.....	88
2.3.6.1. ELŐTOLÁS MEGHATÁROZÁS, TAPASZTALATI ADATOK SZERINT:.....	88
2.3.6.2. ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A SZERSZÁM TEHERBÍRÁSA SZERINT:.....	89
2.3.6.3. MÉRVADÓ FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSOK .....	90
2.3.7. FORDULATSZÁMSZÁMÍTÁS .....	90
2.3.7.1. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBIRÁSA SZERINT.....	90
2.3.7.2. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTÉSE SZERINT .....	91
2.3.7.3. MÉRVADÓ FORDULATSZÁM .....	91
2.3.8. FŐ GÉPIDŐ .....	91
2.3.9. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY.....	92
2.3.10. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG .....	92
2.3.10.1. PÉLDA.....	92
▪ FELADAT MEGOLDÁS (technológiai adatok számítása) .....	93
○ KÉRDÉSEK.....	95
2.4. MARÁS.....	96
2.4.1. MUNKATÉR .....	96

2.4.2.	GÉPEK .....	98
2.4.2.1.	OSZTÓFEJEK .....	99
▪	EGYETEMÉS OSZTÓFEJ .....	99
▪	DIFERENCIÁL OSZTÓFEJ .....	100
▪	NC OSZTÓFEJEK .....	102
▪	EGYÉB OSZTÓFEJEK (PRECIZIÓS, HIDRAULIKUS, PNEUMATIKUS) .....	102
2.4.3.	SZERSZÁMOK .....	103
2.4.4.	FOGÁSMÉLYSÉGEK .....	104
2.4.5.	SEBESSÉGEK .....	104
2.4.5.1.	EMPIRIKUS MODSZER .....	104
2.4.5.2.	TÁBLÁZATI MÓDSZER .....	105
2.4.6.	FORGÁCSOLÓERŐK SZÁMÍTÁSA .....	105
2.4.6.1.	A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE SZIMMETRIKUS MARÁS ESETÉN .....	108
2.4.6.2.	A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE ASZIMMETRIKUS MARÁS ESETÉN .....	108
2.4.6.3.	A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE ELLENÍRÁNYÚ ÉS EGYENÍRÁNYÚ MARÁS ESETÉN .....	108
2.4.7.	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS .....	109
2.4.7.1.	TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ TÁBLÁZATI ADATOK szerint .....	109
2.4.7.2.	ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A SZERSZÁM SZILÁRDSÁGA SZERINT .....	109
•	HOMLOKMARÁS ESETÉN: .....	110
•	PALÁSTMARÁS ESETÉBEN: .....	111
2.4.7.3.	ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A FELÜLETI ÉRDESSÉG SZERINT .....	111
2.4.7.4.	MÉRVADÓ ELŐTOLÁS .....	112
2.4.8.	FORDULATSZÁMSÁMÍTÁ. ....	112
2.4.8.1.	FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBIRÁSA SZERINT .....	112
2.4.8.2.	FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTÉSE SZERINT .....	112
2.4.8.3.	MÉRVADÓ FORDULATSZÁM .....	113
2.4.9.	ELŐTOLÁSI SEBESSÉG SZÁMÍTÁS .....	113
2.4.10.	FŐ GÉPIDŐ .....	113
▪	FOGÁSOK SZÁMA .....	113
2.4.11.	HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY .....	113
2.4.12.	FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG .....	113
2.4.12.1.	PÉLDA .....	114
○	KÉRDÉSEK .....	118
2.5.	KÖSZÖRÜLÉS .....	120
2.5.1.	MUNKATÉR .....	120
2.5.2.	KÖSZÖRÜLÉSI MÓDSZEREK .....	121
2.5.3.	GÉPEK .....	122
2.5.4.	KÖSZÖRŰSZERSZÁMOK .....	123
▪	KORONG ALAPALAKOKOK .....	123
•	KIVITELEZÉSI PÉLDÁK .....	123
▪	KÖSZÖRŰKORONGOK STRUKTURÁJA .....	124
•	KÖTŐANYAGOK .....	124
•	SZEMCSEANYAGOK .....	124
•	SZEMCSEMÉRETEK .....	124
•	POROZITÁS .....	125
2.5.5.	SEBESSÉGEK .....	125
2.5.5.1.	SEBESSÉGSZÁMÍTÁS A KORONG SZILÁRDSÁGA SZERINT .....	125
2.5.5.2.	A SEBESSÉGEK TÁJÉKOZTATÓ TÁBLÁZATI HATÁRÉRTÉKEI .....	127
2.5.5.3.	A SEBESSÉGEK JAVASOLT TÁBLÁZATI ÉRTÉKEI .....	127
2.5.5.4.	KÖSZÖRŰK HASZNÁLATA (tájékoztató adatok) .....	128
2.5.5.5.	A SEBESSÉGEK JAVASOLT VISZONYAI .....	129
2.5.6.	FOGÁSMÉLYSÉGEK .....	129
2.5.7.	KÖSZÖRÜLŐ ERŐK .....	129
▪	MARÁSON MEGALAPOZOTT MÓDSZER .....	129
▪	EMPIRIKUS MÓDSZER .....	130
▪	MEGKÖZELÍTŐ ERŐVISZONYOK .....	130
2.5.8.	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS .....	131
	TAPASZTALATI TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ ADATOK .....	131

1.1.1.1.	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS A GÉP TEHERBIRÁSA SZERINT .....	131
▪	CSÚCSKÖZTI ÉS SÍKKÖSZÖRÜLÉS .....	131
▪	FAZÉK KÖSZÖRÜLÉS .....	132
▪	CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRÜLÉS .....	132
1.1.2.	FORDULATSZÁMSZÁMÍTÁS .....	132
1.1.2.1.	A KÖSZÖRÜLŐKORONG FORDULATSZÁMA .....	132
▪	A KÖSZÖRŰKORONG FORDULATSZÁM (A KORONG SZILÁRDSÁG ALAPJÁN) 132	
▪	AKÖSZÖRŰKORONG FORDULATSZÁM TÁBLÁZATI ADATOK ALAPJÁN .....	132
1.1.2.2.	A MUNKADARAB FORDULATSZÁM .....	133
▪	A MUNKADARAB FORDULATSZÁM (A KÖSZÖRÜLÉS FORMÁJA SZERINT) ...	133
•	KÖRALAKÚ MEGMUNKÁLÁS .....	133
•	SÍKALAKÚ MEGMUNKÁLÁS .....	133
1.1.2.3.	VEZETŐ KORONG FORDULATSZÁM (CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRÜLÉS) .....	133
1.1.3.	FŐ GÉPIDŐ .....	134
1.1.3.1.	KÖRKÖSZÖRÜLÉS .....	134
1.1.3.2.	SÍKKÖSZÖRÜLÉS .....	134
1.1.3.3.	FAZÉKKÖSZÖRÜLÉS .....	134
1.1.4.	HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY .....	134
1.1.4.1.	KÖRKÖSZÖRÜLÉS .....	135
1.1.4.2.	SÍKKÖSZÖRÜLÉS .....	135
1.1.4.3.	FAZÉKKÖSZÖRÜLÉS .....	135
1.1.5.	FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG .....	135
▪	KÖRKÖSZÖRÜLÉS .....	135
▪	SÍKKÖSZÖRÜLÉS .....	135
▪	FAZÉKKÖSZÖRÜLÉS .....	135
1.1.5.1.	PÉLDA .....	136
▪	FELADAT MEGOLDÁS (technológiai adatok számítása) .....	136
○	KÉRDÉSEK .....	139
<b>2.</b>	<b>EGYÉB FORGÁCSOLÁSON ALAPOZOTT ELJÁRASOK .....</b>	<b>140</b>
2.1.	FÚRÉSZELES .....	140
2.1.1.	FÚRÉSZELESI MÓDOK .....	140
2.1.2.	GÉPEK .....	141
2.1.2.1.	FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK .....	142
2.2.	ÜREGELÉS .....	143
2.2.1.	MUNKATÉR .....	143
2.2.2.	GÉPEK .....	144
2.2.2.1.	A HORONY MÉRETSZÁMÍTÁS .....	144
▪	FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉGEK .....	145
▪	FORGÁCSOLÁSI ERŐ .....	145
2.3.	MENETFORGÁCSOLÁS .....	146
2.3.1.1.	ESZTERGÁLÁSI FOLYAMATOK .....	146
2.3.1.2.	MARÁS FOLYAMATOK .....	146
2.3.1.3.	KÉZI MENETMEGMUNKÁLÁS .....	146
2.3.1.4.	SZERSZÁMOK .....	147
2.4.	FOGASKEREKEK FORGÁCSOLÁSI ELJÁRÁSAI .....	147
2.4.1.1.	RELATÍV GÖRDÜLÉSIMÓDSZEREK .....	147
2.4.1.2.	nGÉPEK .....	148
2.4.1.3.	SZERSZÁMOK .....	149
○	KÉRDÉSEK .....	149
<b>3.</b>	<b>KÜLÖNLEGES FORGÁCSOLÁSI FOLYAMATOK .....</b>	<b>150</b>
3.1.	SZIKRAFORGÁCSOLÁS .....	150
3.1.1.	GÉPEK .....	150
3.2.	KOPTATÓCSISZOLÁS .....	151
3.3.	SZEMCSESZÓRÁS .....	151
3.3.1.	GÉPEK .....	152
3.4.	SUGARAS FOLYAMATOK .....	152
3.4.1.	GÉPEK .....	153

3.5.	EKEKTROKÉMIAI ÉS EGYÉBB FOLYAMATOK (FELSOROLÁS).....	154
○	KÉRDÉSEK.....	154
4.	ELŐGYÁRTMÁNY.....	155
○	KÉRDÉSEK.....	158
5.	A NORMAIDŐ ELEMZÉSE.....	159
○	KÉRDÉSEK.....	161
6.	KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS.....	162
▪	$K_O$ ...Előállítási önköltség.....	162
•	$K_A$ ...AZ ANYAGKÖLTSÉGEK.....	163
•	$K_b$ ...A bérköltség.....	163
•	$K_r$ ...Rezsi költség.....	163
•	$K_g$ ... Gépköltség.....	163
•	$K_k$ ...Készülék költség.....	164
•	$K_{sz}$ ...Szerszám költség.....	164
▪	$K_M$ ...Belső működtető költségek.....	164
▪	$K_P$ ...Piacköltségek.....	165
▪	$K_A$ ...Állami (ÁFA) költségek.....	165
6.1.	KRITIKUS SOROZAT.....	165
○	KÉRDÉSEK.....	166
	<b>FELHASZNÁLT IRODALOM.....</b>	<b>167</b>
	<b>TÁRGYSZAVAK JEGYZÉKE.....</b>	<b>168</b>

# 1. ALAPISMERETEK

## 1.1. FORGÁCSOLÓ TECHNOLÓGIAI FOLYAMAT

A technológiai folyamatok során a munkadarab tulajdonságai (méretek, alakok, a struktúra, mechanikai tulajdonságok, vegyi összetétel, felületi érdesség, stb.) megváltoznak.

A technológiák nagy csoportját az anyagleválasztáson megalapozott folyamatok teszik. Ezek közül a forgácsolás egy igen jelentős csoportot képez, hiszen a megmunkálások nagy hányadát jelenti.

A forgácsolási eljárás megmunkáló (**MKGS**) rendszere

A forgácsolási folyamat megvalósítására a következő fő műszaki tényezők jellemzők:

**M**.....az a munkadarab, mely méretei és felületi érdességei a forgácsolás során megfognak változni.

**K**..... a munkadarab és a használt szerszám befogására, és megfelelő vezetésére használt eszköz.

**G**.....az a szerszámgép, mely megvalósítja a munkadarab és a szerszám közötti relatív mozgást.

**S**.....a használt szerszám.

**I**.....kézi, vagy automatikus irányítás.

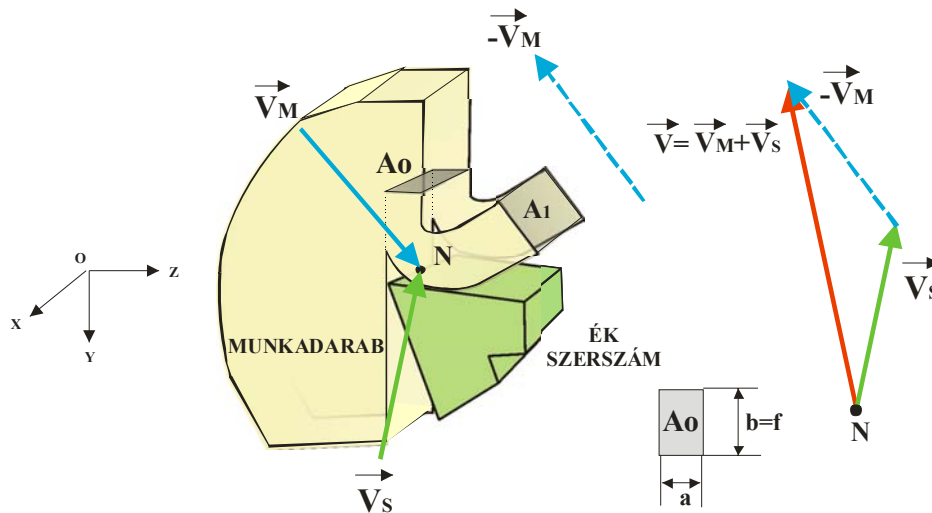
<b>M</b>	<b>K</b>	<b>G</b>	<b>S</b>	<b>I</b>
MUNKADARAB	KÉSZÜLÉK	SZERSZÁMGÉP	SZERSZÁM	IRÁNYÍTÁS



### 1.1.1. A FORGÁCSKÉPZŐDÉS

A felhasználó szempontjából a ( $G$ ) szerszámgép képezi a nyugvó testet, melyhez hozzárendelhető egy  $(x,y,z)$  derékszögű koordináta rendszert. A szerszámgép a saját mechanikájától függően létrehozza a ( $M$ ) munkadarab és a ( $S$ ) szerszám mozgásait.

Általánosítva, (egy adott időpontban), a munkadarab és a szerszám dolgozóréssz (*ék forma*) valamennyi pontjában, egyértelműen meg lehet határozni az  $(x,y,z)$  koordináta rendszerhez számított abszolút ( $V_M, V_S$ ) sebességeket. Eszerint, egy tetszőlegesen kiválasztott ( $N$ ) érintkező pontban, a megfelelő abszolút sebességek a következők (1.1. ábra):



1.1. ábra

A munkadarab abszolút sebessége:

$$\vec{V}_M = f(x, y, z) \quad (1.1.)$$

A szerszám abszolút sebessége:

$$\vec{V}_S = f(x, y, z) \quad (1.2.)$$

A további elemzés során csak a munkadara és a szerszám érintkezésének környezetét lesz bemutatva (1.1. ábra).

Ha a két test térbeli mozgásai egy meghatározott munkatérben megegyeznek, akkor az egyik test behatol a másikba. Az érintkezés következményeként belső erők jönnek létre. Az akció-reakció elv alapján, a létrejött erők hatásai (intenzitás) a munkadarabra ( $F_M$ ) és a szerszámra ( $F_S$ ) megegyeznek. Az erők irányai megegyeznek, az irányítások pedig ellenkezők (1.3. ábra).

$$\vec{F}_S = -\vec{F}_M = |\vec{F}| \quad (1.3.)$$

A belső erők, a munkadarabban és a szerszámban feszültségeket idéznek elő, az utóbbiak pedig rugalmas és képlékeny alakváltozásokat hoznak létre.

A belső erők eloszlása az érintkező felületen nem egyenletes, ezért a további tanulmányozás során, a *szilárdságtan* egyik hipotézise alapján, az erők koncentrikus erőkként lesznek kezelve (megtartva azok intenzitását, valamint az érintkező felületen való elhelyezést).

A gyakorlatban, a szerszám anyagának a mechanikai tulajdonságai jóvá meghaladják a megfelelő munkarab tulajdonságait, így az alakváltozások nagyobbak lesznek a munkadarabban, mint a szerszámban.

### 1.1.2. FORGÁCSOLÁS ALAPFELTÉTELEI

Ha a munkadarabban létrejött  $(\sigma_1)_M$  főfeszültség meghaladja a szakítószilárdság  $(R_m)_M$  értékét, az ékben pedig létrejött  $(\sigma_1)_S$  főfeszültség nem meghaladja meg a megengedett szakítószilárdság  $(\sigma_m)_S$ , az ék éle előtt repedés keletkezik, és a munkadarab anyagának egy része leválik (**FORGÁCS KELETKEZIK**).

$$\begin{aligned} (\sigma_1)_M &\geq (R_m)_M \\ (\sigma_1)_S &\leq (\sigma_m)_S \end{aligned} \quad (1.4.)$$

A gyakorlatban a szerszám dolgozórészének (ék) keménysége  $(3 \div 5)$  - szor nagyobb a munkadarab keménységétől.

$$HV_{ék} \approx (3 \div 5) \cdot HV_M \quad (1.5.)$$

Természetesen, a szerszám dolgozórésze (ék) is sérüléseket szenved, de azok aránylag kisméretűek és az él kopását idézik elő.

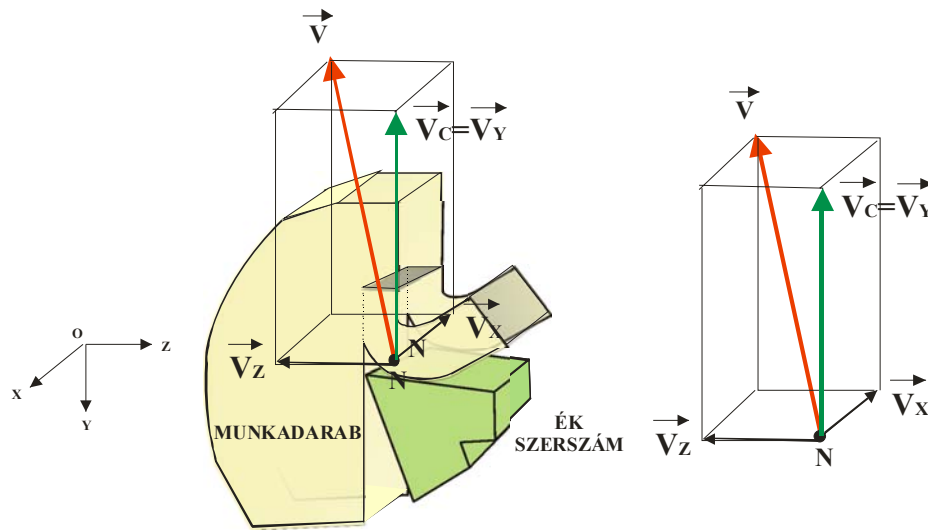
## 1.2. A FORGÁCSOLÁS FŐ TÉNYEZŐI

### 1.2.1. FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK

A munkadarab és a szerszám érintkezése során egy  $(Ao)$  felület jön létre (1.1. ábra). Ennek a felületnek valamennyi pontja egyidejűleg a munkadarabhoz és a szerszámmal is tartozik. Szakmai megfontolásból, a szerszámmal fekvő érintkező pontok a legmegfelelőbbek a további elemzésre, hiszen az esedékes mérési hozzáférhetőség adott.

A szerszámmal fekvő érintkező pontok közül, egy  $(N)$  pontban a munkadarab és a szerszám  $(\vec{V}_M, \vec{V}_S)$  abszolút sebességei működnek (1.1. ábra).

Ha pillanatnyilag az egész rendszernek hozzárendelünk egy ( $-V_M$ ) sebességet, mely intenzitása és iránya megegyezik az ( $N$ ) pontban működő( $V_M$ ) sebességgel, de az irányítása ellenkező:



1.2. ábra

Akkor a munkadarabhoz tartozó ( $N$ ) pontnak a sebessége (1.1. ábra):

$$\vec{V}_M' = \vec{V}_M - \vec{V}_M = 0 \quad (1.6.)$$

A szerszámhoz tartozó ( $N$ ) pontnak a sebessége pedig:

$$\vec{V}_S' = \vec{V}_s - \vec{V}_M = \vec{V} \quad (1.7.)$$

Az így meghatározott ( $\vec{V}$ ) sebességi vektor, a munkadarab és a szerszám közötti RELATÍV sebességet képezi és **FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG** - nek nevezik.

$$\boxed{\vec{V} = \text{FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG}} \quad (1.8.)$$

A szerszámgép adta relatív mozgásszabadságok irányában elvégezzük a ( $\vec{V}$ ) forgácsoló sebesség felbontását:

$$\vec{V} = \vec{V}_x + \vec{V}_x + \vec{V}_y = \vec{V}_c + (\vec{V}_x + \vec{V}_y) \quad (1.9.)$$

Az összetevő sebességek közül a legnagyobb intenzitásút **FŐ FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG** – nek nevezzük. A másik két összetevő **KISEGÍTŐ** (előtoló – behatoló - keresztirányú) jellegű.

$$\boxed{\vec{V}_c = \text{FŐ FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG}} \quad (1.10.)$$

A gyakorlatban a kisegítő sebességek egy, de inkább két nagyságrenddel kisebbek a fő forgácsolási sebességtől, ezért a használt irodalomban a következő megközelítést alkalmazzák:

$$\vec{V} \cong \vec{V}_c \quad (1.11.)$$

*Az utóbbi eljárás érvényes abban az esetben is, ha a hozzárendelt sebesség megegyezik az (N) pontban működő ( $V_s$ ) sebességgel. Ebben az esetben a munkadarab relatív sebessége lenne meghatározva, mely intenzitásban és irányban megegyezik a ( $\vec{V}$ ) sebességgel, csak az irányítása ellenkező.*

### 1.2.1.1. A FŐ FORGÁCSOLÓSEBESSÉG SZÁMITÁSA

*A forgácsoló sebesség mindig a munkadarab és szerszám anyagainak tulajdonságaitól függ.*

A fő forgácsoló sebességet kétféleképpen lehet meghatározni:

#### ▪ KATALÓGUSADATOK

Szerszámgyártók használati (javasolt) adataiból (termékkatalógusok). Ezekben a katalógusokban, a javasolt (maximális) FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK találhatók, a megmunkálandó munkadarab és a használt szerszám függvényében. Ha külön nincs feltüntetve, a táblázati adatok gyorsacélra és ( $T=60$ ) hatvan perces élettartamra vonatkoznak ( $V_c=V_{60}$ ).

Konkrét forgácsolási módok esetében a javasolt sebességek értékei táblázatokban vannak foglalva (esztergálás, marás, fúrás,...), és a munkadarab anyagától és a szerszám dolgozórészének anyagától függenek.

#### ▪ EMPIRIKUS MEGKÖZELÍTÉSEK

Az empirikus megközelítések nagyszámú kísérlet alapján jöttek létre. Itt csak néhány példára utalunk.

#### • KRONENBERG MÓDSZER

A KRONENBERG módszer a ( $C_v$ ) fajlagos sebesség, és a forgács ( $A$ ) kiinduló normálmetszet értékeken alapszik. A ( $\xi_k \cdot \xi_m$ ) korrekciós tényezők a munkadarab és a szerszámanyag, valamint a szerszámszögek függvényei.

$$V_{60} = \frac{C_v}{\sqrt[{\epsilon_v}]{A}} \cdot \xi_k \cdot \xi_m \quad (1.12.)$$

Értelmezés:

$A=A_o$  [mm<sup>2</sup>] . a forgács kiinduló normálmetszete

$C_V$  [m/perc]....fajlagos sebesség (1.1. táblázat)

$\varepsilon_V$ ,  $\xi_K$ ,  $\xi_m$ .....kísérleti adatok (1.1., 1.2., 1.3. táblázatok)

1.1. táblázat

SZERZSAM		GYORSACÉL	
MUNKADARAB		$\epsilon_v$	$C_v$
RÉZ		1,65	112
BRONZ		2,23	80
ACÉL ÖNTVÉNY		2,75	28,7
ACÉLOK	500 N/mm <sup>2</sup>	2,4	50
	Rm=500-600 N/mm <sup>2</sup>		35
	Rm=600-800 N/mm <sup>2</sup>		20
ÖNTÖTTVAS-PUHA		3,6	42
ÖNTÖTTVAS-KÖZEPES			26
ÖNTÖTTVAS-KEMÉNY			15

1.2. táblázat

FŐÉLELHELYEZÉSI SZÖG	$\kappa$	20	30	40	50	60	70	80	90
MÓDOSÍTÓ TÉNYEZŐ	$\xi_K$	1,27	1,17	1,05	0,95	0,86	0,79	0,75	0,74

1.3. táblázat

MUNKADARAB ANYAG	$\xi_m$		
	SZERSZÁMACÉL	GYORSACÉL	KEMÉNYFÉM
ACÉL	0,25	1	4...8
ÖNTÖTTVAS	0,3	1	5 és több

## • WALICH MÓDSZER

A WALICH módszer, a ( $C'_v$ ) fajlagos sebesség, és a forgács kiinduló normálmetszet méretein alapszik. Ez a módszer pontosabb a KRONENBERG módszertől, mivel a forgács normálmetszetének felületi ( $a$ ,  $b$ ) eloszlásával is számít, nem csak a ( $A$ ) felület értékét. A kitevők, a munkadarab és a szerszámanyag függvényei.

$$V_{60} = \frac{C'_v}{a^x \cdot b^y} \quad (1.13.)$$

Értelmezés:

$a$  [mm] ..... a forgács kiinduló normálmetszetének magassága

$b$  [mm] ..... a forgács kiinduló normálmetszetének szélessége

$C'_v$  [m/perc].....fajlagos sebesség (1.4., 1.5. táblázat)

$x, y$ .....kísérleti adatok (1.4. táblázat)

1.4. táblázat

MUNKADARAB	$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	HB	GYORSACÉL					
			NAGYOLÁS			SIMÍTÁS		
			$C_v$	$x$	$y$	$C_v$	$x$	$y$
ACÉLOK	450		55,6	0,26	0,66	85,9	0,18	0,26
	600		36,1	0,26	0,66	55,8	0,18	0,26
	700		28,6	0,26	0,66	44,3	0,18	0,26
SZÜRKE ÖNTVÉNY		160	26	0,16	0,38			
BRONZ	30 - 40		66	0,4	0,6	85,1	0,4	0,4
ALUMINIUM		80 - 100	182	0,4	0,6	235	0,4	0,4

## • FAJLAGOSSEBESSÉG KORREKCIÓ

A ( $C'_v$ ) fajlagos sebesség értéke, a munkadarab anyaga mellett, függ a szerszám dolgozórészének anyagának tulajdonságaitól is. Általában, a táblázati adatok gyorsacélra vonatkoznak ( $C_v$ ). Egyéb anyagok alkalmazása esetében a ( $C_v$ ) értéket korrigálni kell ( $\Delta C_v$ ) értékkel (1.14. képlet). A konkrét, tájékoztató jellegű adatok a (1.5.) táblázatban találhatók.

$$C'_v \approx C_v \cdot \Delta C_v \quad (1.14.)$$

1.5. táblázat

$\Delta C_v$ - FAJLAGOS SEBESSEGGKORREKCIÓ			
SZERSZÁMANYAG			
MUNKADARAB	GYORSACÉL	KEMÉNYFÉM	KERÁMIA
ACÉLOK	1	6	14
ÖNTÖTTVAS	0,7	4,2	9,8
Cu, Cu ÖTVÖZET	1,8	10	25
Al ÖTVÖZETEK	4	24	56

### 1.2.1.2. A FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK LÉTREHOZÁSA

A relatív FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK, a munkadarab és a szerszám abszolút sebességeiből határozhatók meg. A forgácsolási folyamatoktól függően, a megfelelő szerszámgépeken a mozgások folyamatosak vagy periodikusak lehetnek, ezen belül pedig forgó (rotációk) és egyenes vonalúakra (transzlációk) csoportosíthatók:

#### ▪ A FOLYAMATOS MOZGÁSOK:

**$n$**  [ford./perc] a percenkénti fordulatszám (esztergálás, fűrés, marás, köszörülés). A gépeken a fordulatszámokat meghatározott értékekre lehet beállítani. Az értékváltozást folyamatosan is létre lehet hozni (ez különösen az CNC gépekre vonatkozik). Ilyen megoldás esetén a forgácsoló sebesség állandó - függetlenül a munkadarab átmérőjétől (a technológiai folyamat optimalizálható. A fordulatszámok értékei szabványosítva vannak (1.6. táblázat )

**$V_f$**  [mm/perc] előtolási sebesség (marás, fazékköszörülés).

**$f$**  [mm/ford] fordulatkénti előtolás (esztergálás, fűrés, külső és belső hengerköszörülés). A fordulatkénti előtolás értékei szabványosítva vannak (1.7. táblázat).

#### ▪ A PERIODIKUS (SZAKASZOS) MOZGÁSOK:

**$n_k$**  [kl./perc ] percenkénti kettőslöketek (gyalulás, síkköszörülés, fűrészelés). A szabványos értékek megegyeznek a percenkénti fordulatszámokra vonatkozó értékekkel (1.6. táblázat) (az eredetük azonos).

**f** [mm/kl.] kettőslöketkénti oldalirányú elmozdulás (gyalulás, síkköszörülés) A szabványos értékek megegyeznek a fordulatkénti előtolás (1.7. táblázat) vonatkozó értékekkel.

**f<sub>l</sub>** [mm/fog] fogankénti előtolás (marás). Az értékeket ki kel számítani, vagy gyártói adatokat kel használni.

### • SZABVÁNYOS FORDULATSZÁMOK

1.6. táblázat

ALAPSOR									
R20	R20/2	R20/3			R20/4		R20/6		
φ=1,12	φ=1,4	φ=1,4			φ=1,6		φ=2		
100									
112	112	11,2				112	11,2		
125			125						
140	140	16		1400	140				1400
160									
180	180		180			180		180	
200				2000					
224	224	22,4			224		22,4		
250			250						
280	280			2800		280			2800
315		31,5							
355	355		355		355			355	
400				4000					
450	450	45				450	45		
500			500						
560	560			5600	560				5600
630		63							
710	710		710			710		710	
800				8000					
900	900	90			900		90		
1000			1000						

A (1.6. és 1.7.) táblázatok, a szabványos fordulatszámok, valamint a szabványos előtolások kötelezően alkalmazandó értékeit tartalmazza.

Ha a számítások során meghatározott értékek nem egyeznek meg a szabványos értékek egyikével, alkalmazni kel az első kisebb szabványos értékek. Kivételesén, ha a számított érték, kevesebb mint 5% - kal kisebb a legközelebbi szabványos értéktől, a nagyobb számot lehet alkalmazni.

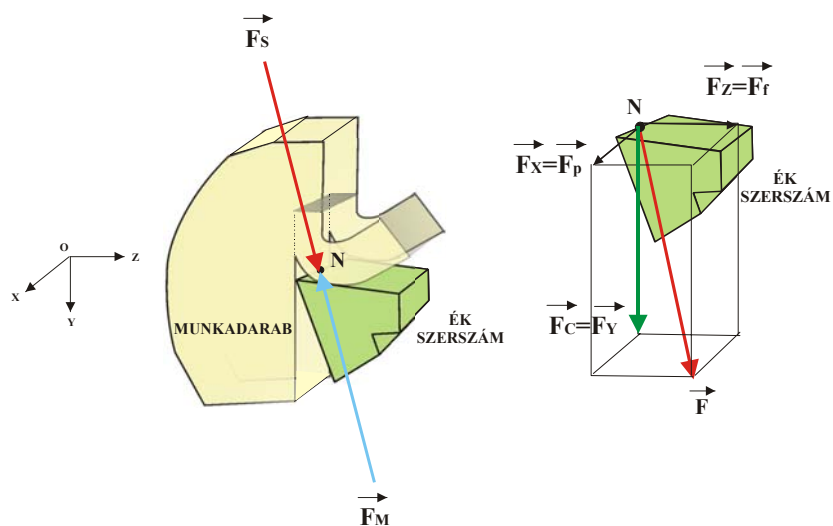


## • SZABVÁNYOS ELŐTOLÁSOK

1.7. táblázat

ALAPSOR								
R20 $\varphi=1,12$	R10 $\varphi=1,25$	R20/3 $\varphi=1,4$			R5 $\varphi=1,6$	R10/3 $\varphi=2$		
1	1		1		1		1	
1,12				11,2				
1,25	1,25	0,125				0,125		
1,4			1,4					
1,6	1,6			16	1,6			16
1,8		0,18						
2	2		2				2	
2,24				22,4				
2,5	2,5	0,25			2,5	0,25		
2,8			2,8					
3,15	3,15			31,5				31,5
3,55		0,355						
4	4		4		4		4	
4,5				45				
5	5	0,5				0,5		
5,6			5,6					
6,3	6,3			63	6,3			63
7,1		7,1						
8	8		8				8	
9				90				
10	10				10			

### 1.2.2. FORGÁCSOLÓERŐK



1.3. ábra

*A forgácsolóerő elsődlegesen a munkadarab anyagának tulajdonságaitól függ.*

Az ( $A$ ) érintkező felületen, erők működnek (1.3. ábra). Az előző magyarázatot követve, ezeket az erőket összpontosított erőként lehet kezelni, és hatáspontként a tetszőlegesen megválasztott ( $N$ ) pontot lehet tekinteni.

*A gyakorlatban a hatáspont úgy kel meghatározni (kiválasztani), hogy az adódó számítási eredmények, a lehető legnagyobb műszaki biztonságot eredményezzék.*

Mivel a sebességek elemzésékor a szerszámot használtuk relatív mozgó testként, célszerű az erők elemzése esetében is megfigyelni a szerszámmra ható eredő erőt:

$$\vec{F}_s = \vec{F} \quad (1.15.)$$

A szerszámgép adta relatív mozgásszabadságok irányában elvégezzük a ( $\vec{F}$ ) forgácsolóerő felbontását:

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y + \vec{F}_z = \vec{F}_c + (\vec{F}_y + \vec{F}_z) \quad (1.16.)$$

Az összetevő erők közül a legnagyobb intenzitását **FŐ FORGÁCSOLÓERŐ** – nek nevezzük. A másik két összetevő **KISEGÍTŐ** (előtoló – behatoló - keresztirányú) jellegű.

$$F_c = \text{FŐ FORGÁCSOLÓERŐ} \quad (1.17.)$$

A gyakorlatban a kisegítő erők kisebbek a fő forgácsolóerőtől, ezért a használt irodalomban esetenként (esztergálás, gyalulás) a következő megközelítést alkalmazzák:

$$\vec{F}_c : \vec{F}_p : \vec{F}_f \approx 5 : 2 : 1 \quad (1.18.)$$

↓

$$F_p = 0,4 \cdot F_c$$

$$F_f = 0,2 \cdot F_c$$

A forgácsolóerőket több empirikus módszer segítségével (tapasztalati módszerek) lehet meghatározni:

### 1.2.2.1. FORGÁCSOLÓERŐK SZÁMITÁSA

#### ▪ EGYSZERŰSÍTETT MÓDSZER

$$F_c = k_c \cdot A \quad (1.19.)$$

Értelmezés:

$A=A_o$  [mm<sup>2</sup>]....a forgács kiinduló normálmetszete

$k_C$  [N/mm<sup>2</sup>]...fajlagos forgácsolóerő

A ( $k_C$ ) fajlagos forgácsolóerőt többféleképpen lehet meghatározni:

• **A MUNKADARAB SZAKÍTÓSZILÁRDSÁGA ALAPJÁN**

$$k_C \approx c \cdot R_m \quad (1.20.)$$

$$c=4 - 6$$

• **KOREKCIÓS ADATOK SZERINT:**

A ( $k_C$ ) fajlagos forgácsolóerőt pontosítani lehet a forgácsolási folyamatot befolyásoló tényezők igénybevételével (1.8. táblázat, 22.÷26.függvények).

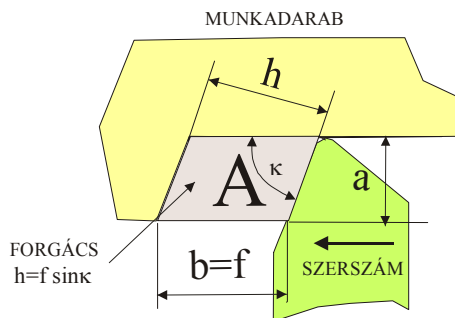
1.8. táblázat

ANYAG	z	$k_{c1.1}$ N/mm <sup>2</sup>	ANYAG	z	$k_{c1.1}$ N/mm <sup>2</sup>
S235JR	0,34	1610	34CrNiMo6	0,2	1725
E360	0,3	1960	42CrMo4	0,24	1950
C15	0,28	1590	50CrV4	0,25	1885
C35	0,29	1570	55NiCrMoV6	0,24	1795
C45E (Ck45)	0,25	1765	X5NiCrTi26 15	0,27	1975
15CrMo5	0,23	1755	GG-25	0,26	1140
15CrNi6	0,24	1580	Meehanite	0,26	1245
16MnCr5	0,27	1680	GS-45	0,17	1570
18CrNi6	0,24	1710	GS-52	0,17	1750
20MnCr5	0,25	1580	G-AlSi	0,27	450
30CrNiMo8	0,22	1695	G-AlMg5	0,16	445
34CrMo4	0,23	1760	GK-MgAl9	0,34	235

$$k_C = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_V \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_a \quad (1.21.)$$

$$k_{c1.1} = f(R_m, \sigma_m, H_B)$$

$$z = f(R_m, \sigma_m, H_B)$$



1.4. ábra

Értelmezés:

$k_{Cl,l}$  [N/mm<sup>2</sup>]..... (a=1 mm b=1 mm) fajlagos forgácsolóerő (1.8. táblázat)  
derékszögű négyszögre vonatkozik

$h$  [mm].....a forgács vastagsága (1.4. ábra)

Befolyásoló tényezők

Homlokszög korrekció

$$K_{\gamma} = 1 - \frac{1,5 \cdot \gamma - a}{100} \quad (1.22)$$

Sebesség korrekció

$$K_v = \left( \frac{100}{V_c} \right)^{0,1} \quad (1.23)$$

Homlokkopás korrekció

$$K_k = 1 + b \quad (1.24)$$

$b$ -(1.19. táblázat)

Szerszám korrekció

$$K_s = 1,2(\text{gyosacél}) \dots 0,9(\text{kerámia}) \quad (1.25)$$

Felület korrekció

$$K_a = \begin{pmatrix} 1(\text{külső}) \\ 1,05 \frac{l}{D}(\text{belső}) \\ 1,05(\text{sík}) \end{pmatrix} \quad (1.26)$$

## ▪ BŐVÍTET MÓDSZER

$$F_c = A \cdot \frac{C_K}{\varepsilon_K \sqrt{A}}$$

(1.27.)

1.9. táblázat

MUNKADARAB	C <sub>k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ε <sub>κ</sub>
ACÉLOK	1900	8,1
ROZSDAMENTES ACÉL	2410	10,4
ACÉLÖNTVÉNY	1760	6,7
SYÜRKE ÖNTÖTVAS	955	7,4
BRONZ	800	4
SÁRGARÉZ	700	6,8
ALUMINIUM	1100	8

Értelmezés:

C<sub>K</sub> [ N/mm<sup>2</sup>] fajlagos forgácsolóerő (1.9. táblázat)ε<sub>κ</sub>.....(1.9. táblázat)A=A<sub>o</sub> [ mm<sup>2</sup>]...... a forgács kiinduló normálmetszete

## ▪ KRONENBERG MÓDSZER

$$F_c = C_K \cdot a^{x_1} \cdot b^{y_1}$$

(1.28.)

Értelmezés:

C<sub>K</sub> [ N/mm<sup>2</sup>] fajlagos forgácsolóerő (1.10. táblázat)

a [mm]..... a forgács kiinduló normálmetszetének magassága

b [mm]..... a forgács kiinduló normálmetszetének szélessége

x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>.....(1.10. táblázat)

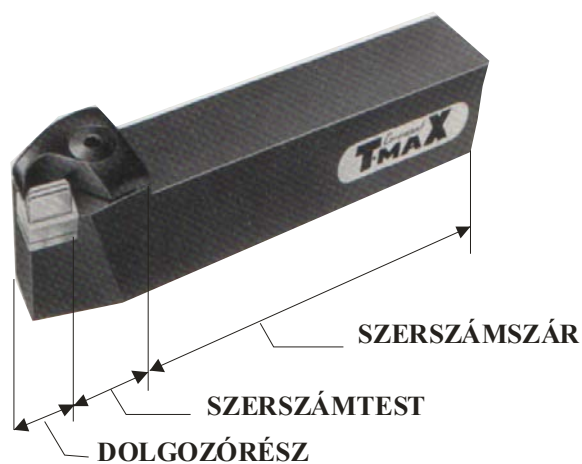
1.10. táblázat

MUNKADARAB	$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	HB	$C_k$	$x_1$	$y_1$
ÖTVÖZETLEN	450		1570	1	0,78
	600		1710	1	0,78
ACÉLOK	700		1840	1	0,78
ÖTVÖZÖTT ACÉL	450		1720	1	0,78
	500		1780	1	0,78
	700		2030	1	0,78
ÖNTÖTVAS		140	960	1	0,73
		180	1100	1	0,73
		200	1170	1	0,73
BRONZ	200-300		800	1	0,73
	300-380		1000	1	0,73
SÁRGARÉZ	220-360		700	1	0,78
	360-480		850	1	0,78
ALUMINIUM		60-80	400	1	0,8
		80-100	600	1	0,8

### 1.3. A FORGÁCSOLÓSZERSZÁM JELLEMZŐI

#### 1.3.1. FORGÁCSOLÓSZERSZÁM RÉSZEI

A forgácsolószerszámok részeinek kialakítása a megmunkáló folyamatoktól függenek, de azoktól függetlenül a következő részekből állnak (1.5. ábra)



1.5. ábra

### 1.3.1.1. A SZERSZÁM DOLGOZÓRÉSZÉNEK JELLEMZŐI

A szerszám dolgozó részének a jellemzői az alkalmazott anyagok, szerszámszögek, és a szerszámcsőcs mérete.

A következő (1.11.) táblázatban, a körszerű anyagok egy részének tájékoztató jellegű adatok vannak bemutatva. A gyártók a pontos összetételeket, használati tulajdonságokat, külön termékkatalógusokban foglalják össze, és az árú szállításakor mellékelik.

#### ■ ANYAGOK

1.11. táblázat

ANYAG		TÁJÉKOZTATÓ ADATOK						ALKALMAZÁS (MEGMUNKÁLÁS)
		MEGJEJÖLÉS	SZABVÁNY	CHÉMIAI ÖSSZETÉTEL	KEMÉNYSÉG		MAXIMÁLIS HASZNÁLATI HŐMÉRSEKLET °C	
CSOPORT	ÖSSZETEVŐK				HRC	HV		
SZERSZÁMACÉL	ÖTVOZETLEN	S						
	GYENGÉN ÖTVOZÓTT	W, K	MSZ 4352÷72	C=0,6÷1,5..Cr=0,25÷1,75...Si=0,5...Ni=1,5..V=0,1÷0,2...Mo=0,3÷1...	63÷65		200÷250	Kézi szerszámok, kis forgácsolási sebességek
GYORSACÉL		13202		C=0,75÷1,3..W=1,5÷1,8				
		13207		..				
		13243	MSZ 4352÷72	Mo=1÷9..V=1,2÷3,8..	62÷70		550 - ig	Nagyteljesítményű forgácsoló szerszámok
		13355		Co=4,8÷10				
KEMÉNYFÉM		P (KÉK).....P10÷P50	MSZ ISO 513	WC, Ti, C, Co	50÷88		1000 - ig	Acél és acélötvözetek
		M (SÁRGA)..M10÷P40						Temper öntvények, szürkeöntvény
		K (VÖRÖS)...K01÷K40						Temper öntvények, szürkeöntvény, edzett acélok, Al, Cu, műanyagok
	CERMET			TiN, TiC, AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		1500÷1750	1350÷1500	Nagyoló és egyéb nehéz megmunkálások
KERÁMIA	OXID	CA (FEHÉR)	MSZ ISO 1832	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	92÷96	1500÷2500	800 - ig	Szürkeöntvény, edzett acélok nagyoló és simító megmunkálás
	VEGYES	CM (FEKETE)		AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiC, TiN, WC,	92÷97	1600÷2500	800 - ig	Edzett acélok, öntöttvas nagy vágósebességgel való megmunkálás
	NEM OXID	BN, CBN KÖBOS - KRISTÁLYOS BÓRNITRID				3000÷3500	2000 - ig	Edzett acélok, gyorsacélok, hőállóacélok megmunkálása, köszörülés helyettesítése
		CN SZILICIUM NITRID		Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>		1300 ÷ 1660	1200 - ig	Szürkeöntvények nagyoló esztergálása nagy vágósebességekkel
BEVONATOK	EGY VAGY TÖBB RÉTEGŰ	CC		TiN, TiCN, TiALN		1600÷1800	800 - ig	Acél, acélöntvények, szürkeöntvény megmunkálása
GYÉMÁNT	POLIKRISTÁLYOS GYÉMÁNT				MOS 12	4000÷5000	600 - ig	Nem acél (kő, üveg, gumi, grafit, műanyagok, Al, Cu, keményfémek) megmunkálása
	GYÉMÁNT				MOS 12	4000÷5000	600 - ig	

Az alkalmazott anyagok a következő csoportokra lehet osztani:

## ○ SZERSZÁMACÉLOK

A szerszámacélok két csoportra lehet felosztani:

- Ötvözetlen szerszámacélok.

A mai termelési folyamatokban, ritkán találkozunk velük, mivel a megengedett forgácsolási sebességek, és a maximális dolgozórés-hőmérsékletek nem teszi lehetővé a gazdaságos termelést ( $250^{\circ}\text{C}$ , 50 m/perc). Ezek az anyagok alkalmazhatók időként egyéni megmunkálásnál és a karbantartásban.

- Ötvözött szerszámacélok

Az ötvözött acélokra is (kisebb mértékben) érvényesek az ötvözetlen acélokra vonatkozó jellemzők, azzal, hogy a (Cr, Si, Mn, Ni, V, W, Co, Mo) ötvöző összetevők növelik az anyagok forgácsolási sebességbírását és a maximális dolgozórés-hőmérsékletek.

## ○ GYORSACÉLOK.

A gyorsacélokat, nagyteljesítményű, forgácsolásra alkalmas anyagoknak lehet tekinteni. A szerszám dolgozó része elbírja az  $(550\div 650)^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletet és 100 (m/perc) – es forgácsolási sebességeket. A vegyi összetételek a gyártóktól függenek.

## ○ KEMÉNYFÉMEK.

A keményfémek olyan ötvözetek, melyek a magas olvadáspontú karbidoknak (TaC, TiC, WC,..), és Co, mint kötőfémeknek köszönhetik a forgácsolásra alkalmas tulajdonságaikat. Különösen meg kell említeni az  $1000^{\circ}\text{C}$  fokú dolgozó hőmérsékletet, és egyes anyagok megmunkálására használható 1500 (m/perc) – es forgácsolási sebességet. A keményfémeket leginkább nehéz megmunkálásokra alkalmazható (kemény öntvények, edzett acélok, stb. ).

## ○ KERÁMIA.

A keramikus anyagok karbidokból (TiC, TaC, WC,..), nitridekből ( $\text{SiN}_4$ ,  $\text{TiN}$ ,..) és oxidokból ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,..) tevődnek össze. A dolgozóhőmérséklet elérheti a  $1200^{\circ}\text{C}$  fokot, a forgácsoló sebesség pedig megközelítheti a 2000 (m/perc) – es értéket. Ezeknek, az anyagoknak a fő munkatere a simító megmunkálás, mely esetenként helyettesítheti a köszörülést is. A kerámia anyagok kiterjedése más megmunkálásokra is remélhető mivel a fejlesztések igen intenzíven folynak.

## ○ BEVONATOK.

A bevonatokat gyorsacélok, valamint keményfémeknél alkalmazzák. Ezek az anyagok magas szilárdsággal rendelkeznek, és az alapanyag sebességbírását esetenként megduplázzák. A bevonatok vastagsága  $5\div 12\ \mu\text{m}$ , az alkalmazott anyagok pedig, ( $\text{TiN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , TiC, CrN,  $\text{TiAl}$ ,  $\text{MoS}_2$ ). A dolgozó tulajdonságok függvényében, a bevonatok lehetnek egy, vagy többrétegűek,

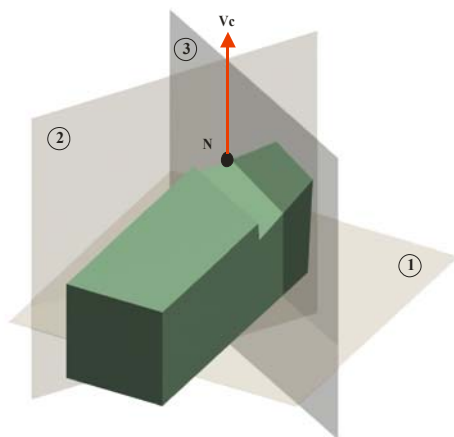


## ○ GYÉMÁNTOK.

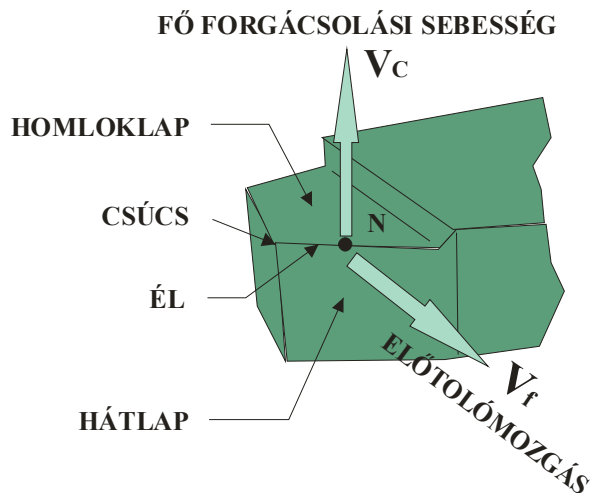
A gyémántok, a forgalomba, mint polikristályos gyémántok, vagy természetes illetve műgyémántok fordulnak elő. A természetben létező legnagyobb keménységgel rendelkező anyagnak a munkaterülete, az üveg, kő, gumi, színesfémek, grafit és hasonló anyagok megmunkálása (forgácsolása).

### ▪ SZERSZÁMSÍKOK ÉS METSZETEK

.Definíció szerint, a szerszámszögeket (1.8. ábra) úgy kapjuk, hogy a dolgozórészt (1.7. ábra), egymásra merőlegesek (1.6. ábra) síkokkal metsszük. Közülük a (3.) tartalmazza a ( $V_c$ ) forgácsoló sebességet.



1.6. ábra



1.7. ábra

Értelmezés:

$\gamma_o$ .....homlokszög (1.12. táblázat)

$\alpha_o$ .....hátszög (1.12. táblázat)

$\beta_o$ .....ékszög

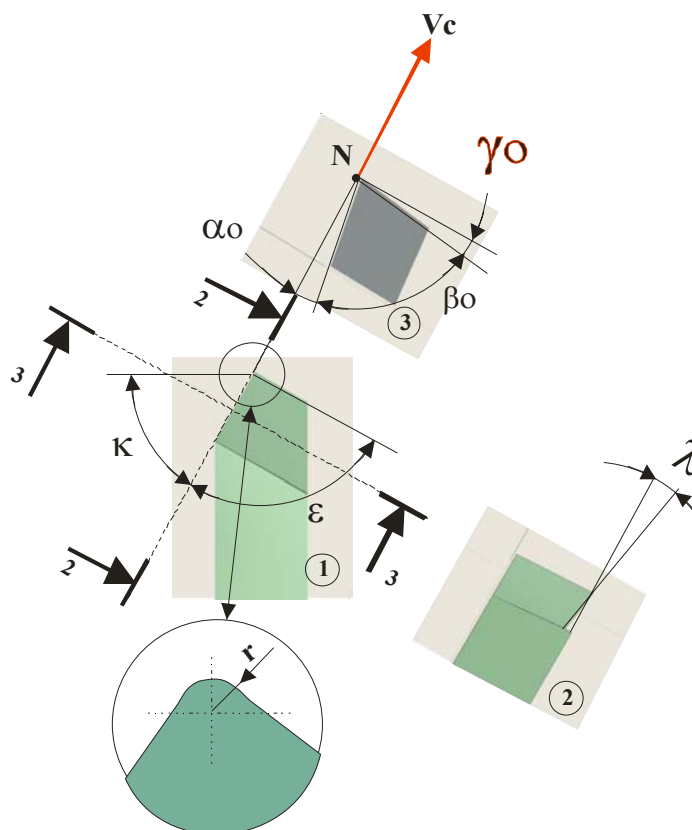
$\kappa$ .....elhelyezési szög

$\varepsilon$ .....csúcsházszög

$\lambda$ .....terelőszög (+- 5°)

r.....csúcsházszög (1.12. táblázat)

## ▪ SZERSZÁMSZÖGEK



1.8. ábra

A ( $\gamma_o$ ) homlokszögnek, a technológia folyamatra van legnagyobb kihatása. Elsősorban befolyásolja a forgács leválasztását. Ha homlokszög növekvésével, a forgács folyamatos (szalag formájú) lesz, ami megmunkálási szempontból nem megfelelő, viszont a forgácsolóerők csökkennek.

Ha a homlokszög értéke csökken, a forgács darabos lesz, ami megmunkálási szempontból jó, de a forgácsdarabolás következménye vibrációkat hozhat létre, és a forgácsolóerők növekednek.

A ( $\alpha_o$ ) hátszög mindég nagyobb kel, hogy legyen nullától. Ha ez a feltételnek nem teszünk eleget, a hátfelület intenzív kopásnak lesz kitéve, és a szerszám dolgozórészének élettartama fokozatosan csökken, a felületi minőség romlik.

A ( $\beta_o$ ) ékszög, a ( $\gamma_o$ ) homlokszög és a ( $\alpha_o$ ) hátszög függvénye, mivel összegezve  $90^\circ$  tesznek ki. A ( $\gamma_o$ ) és az ( $\alpha_o$ ) növekvésével, az ékszög csökken, elegendő esetben növekszik. Az említettek miatt a, a szerszám dolgozórésze gyöngül, illetve erősödik.

A (1.12. táblázat) tájékoztató jellegű, homlok és hátszög értékeket tartalmaz:

1.12. táblázat

MUNKADARAB	R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	SZERSZÁMANYAG					
		GYORSACÉL		KEMÉNYFÉM		KERÁMIA	
		α <sub>0</sub>	γ <sub>0</sub>	α <sub>0</sub>	γ <sub>0</sub>	α <sub>0</sub>	γ <sub>0</sub>
SZERKEZETI ACÉL	300 - 500	8	10	5	10	5 ÷ 8	-5 ÷ 12
	500 - 800	8	10	5	6	6 ÷ 8	-5 ÷ 12
	800 -1500	8	6	5	6	7 ÷ 8	-5 ÷ 12
ÖNTÖTTVAS	HB 250	8	0	5	0	5 ÷ 8	-5 ÷ 0
Cu, ÖTVÖZETEK		8	0	5	6	5 ÷ 7	0 ÷ 6
Al ÖTVÖZETEK		12	30	8	20	5 ÷ 7	0 ÷ 6
Mg, ÖTVÖZETEK		8	20	10	20		
TERMOPLASZTOK		8	0	5	0		
DUROPLASZTOK		8	5	8	0		

### ▪ CSÚCSSUGARAK ÉS SZERSZÁMSZÁR MÉRETEK

A szerszámszár normálmetszetének méretei és az alkalmazott anyagtulajdonságok, közvetlenül kihatnak a technológiai adatok értékeire (előtolások, fogásmélységek). Jobb minőség, és nagyobb normálmetszet nagyobb előtolás és fogásmélység alkalmazását teszik lehetővé.

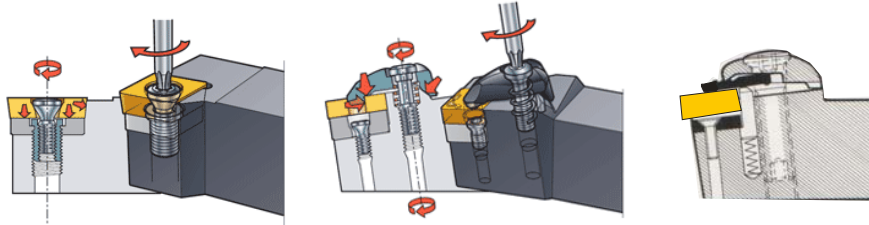
A (1.13. táblázat) a szerszámszár szabványos keresztmetszeit és a csúcssugar javasolt értékeket tartalmaz:

1.13. táblázat

MEGMUNKÁLÁS	SZERSZÁMANYAG	SZERSZÁMSZÁRAKNAK KERESZTMETSZETEI							
		6x6	8x8	10x10	10x16	12x20	16x25	20x32	25x45
					12x12	16x16	20x20	25x25	32x32
NAGYOLÓ	GYORSACÉL	0,5	0,5	0,5	0,5÷1	0,5÷1			
SÍMITÓ		0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1,5
NAGYOLÓ	KEMÉNYFÉM	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2
SÍMITÓ		1,5	1,5	1,5	2	2	2	3	3
BESZÚRÁSOK	r=0,2 - 0,5		Φ=8-20→r=0,6		Φ=25-32→r=1				

- **KIVITELEZÉSI MÓDOK**

- **LAPKASZORÍTÓ ÉS FORGÁCSTÖRŐ MEGOLDÁSOK**



1.9. ábra

- **FÓRRASZTÁSSAL FELERŐSÍTETT LAPKÁK**



1.10. ábra

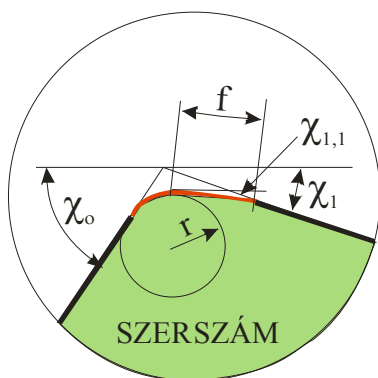
- **KEMÉNYFÉMEK ÉS KERÁMIALAPKÁK**



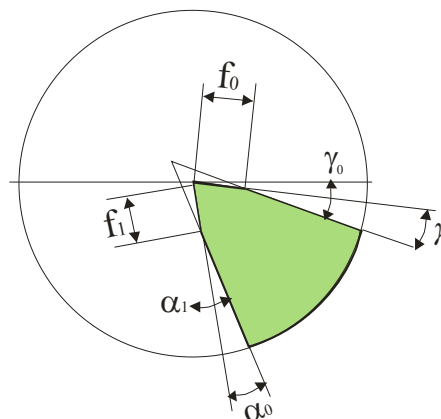
1.11. ábra

### ▪ DOLGOZÓRÉSZ MÓDOSÍTÁSAI

A módosításokat a felületi érdesség csökkentése céljából alkalmazzák (1.12. ábra), vagy a szerszám dolgozó részének erősítését szolgálják (1.13. ábra).



1.12. ábra



1.13. ábra

#### 1.3.1.2. A SZERSZÁMSZÁR JELLEMZŐI

A szerszámszár anyagaira vonatkozó adatokat (szabványok, szakítószilárdság, megengedett normálfeszültség) a (1.14.) táblázatban.

1.14. táblázat

TÁJÉKOZTATÓ ADATOK			
SZERSZÁM CSOPORT	HASZNÁLHATÓ SZERSZÁMSZÁRANYAG	SZAKÍTÓ SZILÁRDSÁG	MEGENGEDET T NORM. FESZÜLTSG
		$R_m$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_m$ (N/mm <sup>2</sup> )
ESZTERGALÓ	10.060	570÷710	200
GYALULÓ	11.170	750÷900	220
MARÓ	16.511	1000÷1200	300
FÚRÓ	12.067	1500÷2000	350
SÜLYESZTŐ	10.060	570÷710	200
DÖRZS	12.067	1500÷2000	300

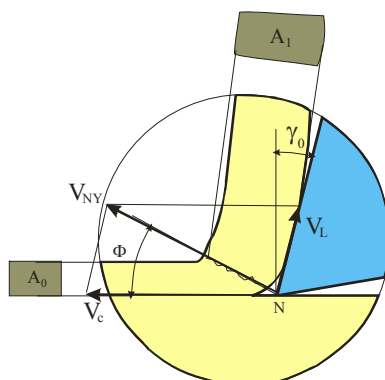
## 1.4. A FORGÁCSOLÁS KÖVETKEZMÉNYEI

### 1.4.1. FORGÁCSKÉPZŐDÉS

A forgácsképződés természete az (1.1.1.) részben volt tárgyalva. Ezen a helyen a forgácsolás alakváltozása lesz elemezve.

#### 1.4.1.1. FORGÁCS ALAKVÁLTOZÁSI TÉNYEZŐ

A forgácsolás során a kiinduló ( $A_0$ ) keresztmetszet, az alakváltozások miatt ( $A_1$ )-re megnövekszik (1.14. ábra). Az alakváltozás belső feszültségeket hoz létre. Ha az utóbbiak meghaladják a munkadarab szakító szilárdságát ( $R_m$ ), akkor, repedések - törések jönnek létre. Ez a jelenség, egy ( $\Phi$ ) szögben (irányvonal hajlásszög) fekvő síkban történik.



1.14. ábra

Értelmezés:

$\Phi$ ..... irányvonal hajlásszög

$V_C$ ....fő forgácsoló sebesség

$V_L$ ....leváló sebesség

$V_{NY}$ ...nyíróirányú sebesség

$A_0$ .....a forgács normálmetszetének felülete (alakváltozás előtt)

$A_1$ .....a forgács normálmetszetének felülete alakváltozást követően

Definíció szerint a *FORGÁCSOLÁS ALAKVÁLTOZÁSI TÉNYEZŐ*

$$\lambda \approx \frac{A_1}{A_0} = \frac{\cos(\phi - \gamma_0)}{\sin \phi} = \frac{\cos(\gamma_0)}{\tan \phi} + \sin \gamma_0 \quad (1.29.)$$

Az előzőegyenletből az irányvonal hajlásszög függvénye:

$$\phi = \arctg\left(\frac{\cos(\gamma_0)}{\lambda - \sin \gamma_0}\right) \quad (1.30.)$$

Mivel a térfogat nem változik, az (1.29.) arányból következik?

$$\frac{V_L}{V_C} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \gamma_0)} = \frac{1}{\lambda} \quad (1.31.)$$

Tapasztalati adatok szerint:

$$5 \geq \lambda \geq 2$$

$$\phi \approx \frac{k + \gamma_0 - 10}{2} (^{\circ}) \quad \begin{array}{ll} k = 75^{\circ} & (\text{acél}) \\ k = 47^{\circ} & (\text{réz}) \end{array} \quad (1.32.)$$

Az előző elemzésből látható, hogy a  $(\phi)$  hajlásszög csökken, ha a  $(\gamma_0)$  homlokszög csökken. Egyidejűleg a  $(\lambda)$  forgács alakváltozási tényező növekszik. Mivel a  $(\lambda)$  forgács alakváltozási tényező arányos az alakváltozással (1.29. képlet), arra lehet következtetni, hogy a forgácsban működő feszültségek változása fordított arányban vannak a  $(\phi)$  hajlásszög értékének változásával.

#### 1.4.1.2. FORGÁCSALAKOK

- Az anyagleválasztás során a forgácsban a létrejött feszültségek csak deformációt, hanem töredezéseket is okoznak. Ez a jelenség kihat a forgács formájára. A forgácsforma jelentősen kihat a munkafolyamat zökkenőmentes végrehajtására.
- Ha a forgács szalag alakú, fennáll a veszély, hogy a munkatérben marad, a munkadarab felületén sérüléseket okoz (növeli az érdességet), de előidézhet szerszámtörést is. Az említett tulajdonságok miatt, a technológiai adatokat és a szerszám dolgozórészének méreteit (formáját) úgy kell megválasztani, hogy ne jöhessen létre szalag alakú forgács. Ha a technológiai adatok betartása során mégis szalag alakú forgács jön létre, akkor forgácstörőt kell alkalmazni (a szerszám dolgozórészének megfelelő kialakítása, mely a forgácstörést, hirtelen, a forgácseltávolítás irányváltozással hozza létre).

- Ha a forgács aprószemcsés, a csúszófelületek alá kerülhet, a kezelő munkánál bőrsérüléseket idézhet elő, ezért ezt a forgácsfajtát is kerülni kel. A forgácsforma változtatását homlokszög változtatással lehet elérni.

A darabos ( $5 \div 25$  mm) forgácsa a megfelelő forgácsforma. Ezt a forgácsot könnyen lehet kezelni. Az eltávolítása a munkatérből könnyű és biztonságos, a hűtő folyadékból könnyű, a szűrők segítségével történő eltávolítása.

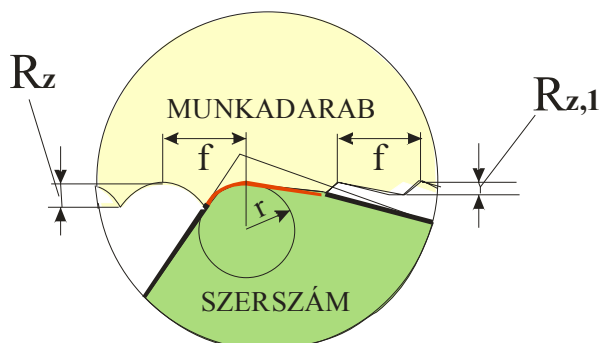
A (1.15. táblázat) egyes forgácsalakok használati minősítését mutatja:

1.15. táblázat

FORGÁCSALAK		TÉRKITÖLTÉSI TÉNYEZŐ	HASZNÁLATI MINŐSÍTÉS
ALAPALAK	VÁLTOZAT	$A_k$	
SZALAG	ÖSSZEFONÓD	$\geq 90$	KEDVEZŐTLEN
	CSŐALAKÚ	$\geq 90$	
	LAPOS	$\geq 50$	
DARABOS	CSAVAR	$\geq 25$	HASZNÁLHATÓ
	SPIRÁL	$\geq 10$	
	TÖREDEZETT	$\geq 3$	
APRÓ - SZEMCSÉS		$\geq 2$	KEDVEZŐTLEN

#### 1.4.2. ÉRDESSÉG

Az legfontosabb következmények közé tartozik az ( $R_z$ ) felületi érdesség. Ahogy az a (1.15. ábra) mutatja, az érdesség a szerszám dolgozó részének az ( $r$ ) hegycsúcsának kialakításától és az alkalmazott ( $f$ )előtolástól függ.



1.15. ábra



1.16. táblázat

GYÁRTÁSI ELJÁRÁS		ÉRDESSÉGI OSZTÁLY																
		N01	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	
		ÁLTALÁNOS ÉRDESSÉG										Ra (µm)						
		0,006	0,012	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	
		? EGYENETLENSÉGMAGASSÁG										Rz (µm)						
FŐ CSOPORT	MEGNEVEZÉS	0,02	0,04	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	200	350	...	
ÖNT.	Öntés homokformában																	
	Öntés héjformában																	
	Öntés kokillában																	
ALAKÍTÁS	Kovácsolás																	
	Hengerlés																	
	Húzás																	
	Sajtolás																	
	Dombornyomás																	
	Idomhengerlés																	
LEVÁLASZTÁS	Vágás																	
	Hosszsztergálás																	
	Síkesztergálás																	
	Beszúró esztergálás																	
	Gyalulás																	
	Vésés																	
	Hántolás																	
	Fúrás																	
	Simító fúrás																	
	Súlyesztés																	
	Dörzsölés																	
	Palástmarás																	
	Homlokmarás																	
	Marás tárcsával																	
	Üregelés																	
	Reszelés																	
	Külső hengeres köszörülés																	
	Hengeres síkköszörülés																	
	Hengeres beszúró köszörülés																	
	Síkköszörülés korongpalástartal																	
	Síkköszörülés koronghomlokkal																	
	Polírozás																	
	Görgőzés																	
	Hosszülökétű honolás																	
	Rövidlökétű honolás																	
	Palást leppelés																	
	Sík leppelés																	
	Szuperfínis																	
	Rezgő leppelés																	
	Homokfűvás																	
	Tisztítás dobban																	
	Lángvágás																	
	Lézeres vágás																	

Ha a hegycsúcs (ami a leggyakoribb eset) csak  $(r)$  rádiuszból van kiképezve, akkor arra kell törekedni, hogy a lehető legnagyobb értéket alkalmazzuk. A rádiusz mérete a munkadarabon létező átmérőváltozások kialakításaitól függ. Ha például az átmenet  $r=2$  mm – es, akkor a szerszám dolgozó részének hegycsúcsrádiusza is csak eddig a mértékig alakítható. Felületi érdességcsökkentés, a hegycsúcs különleges kialakításával lehet javítani (1.15. ábra)

Megmunkálási folyamatoktól függően, a funkcionális kapcsolatok változnak, ezért a megfelelő forgácsolási folyamatoknál (esztergálás, gyalulás, marás,) lesznek pontosan meghatározva.

A (1.16. táblázat) egyes forgácsolási folyamatra jellegzetes  $(Ra)$  átlagos érdességi, valamint az  $(N)$  érdeség tartományokat tartalmazza. A forgácsolási folyamat megválasztása során (nagyolás, simítás), a tartományok közepétől számítva a nagyobb értékek felé haladva, nagyolást alkalmazunk. A tartományok közepétől számítva a kisebb értékek felé haladva, simítást, alkalmazunk.

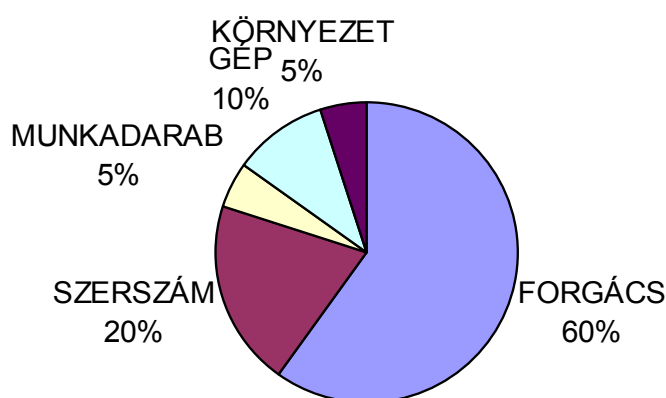
### 1.4.3. HŐKÉPZŐDÉS

A forgácsolás során elhasznált energia hőenergiakén jelentkezik. A hőenergia hőmérsékletemelkedést idéz elő az MKGS rendszer minden összetevőében.

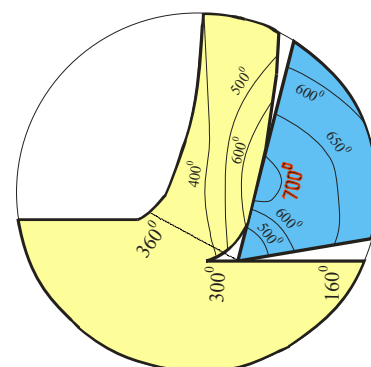
#### 1.4.3.1. HŐELOSZLÁS

A forgácsolás során elhasznált hőenergia hőeloszlás nem egyenletes. A (1.16. ábra) megközelítő eloszlási arányokra utal.

Az ábrán bemutatott hőeloszlás tájékoztató jellegű, hiszen a hőeloszlás befolyásolja a munkadarab tömege, a szerszám és a készülék kapcsolata, a gép szerkezeti kialakítása, a hűtő – kenő eszköz összetétele és a hűtő – kenő folyadék mennyisége.



1.16. ábra



1.17. ábra

### 1.4.3.2. FORGÁCS ÉS A DOLGOZÓRÉS FELMELEGEDÉS

Az (1.17. ábra) csak a forgács és a szerszám dolgozórészének hőmérsékleti eloszlás jellegére utal. A maximális hőmérséklet a használt szerszám anyagának hőbírásától és az alkalmazott technológiai értékektől ( $a$ ,  $f$ ,  $n$ ,) függ. Fontos tény, hogy a maximális hőmérséklet nem a dolgozórész élén, hanem a homloksíkon jön létre.

A hőmérséklet növekedés, a szerszám dolgozórészének mechanikai tulajdonságait rontja, strukturális elváltozásokat hozhat létre, könnyíti a kopás folyamatokat, tehát várható, hogy nagy hatással van a szerszám élettartamára, a felületi érdességre, valamint a munkadarab pontosságára.

### 1.4.3.3. HŰTŐ - KENŐ FOLYADÉKOK

A hűtő-kenő folyadékoknak az alkalmazása, a következő célkitűzéseknek kel, hogy eleget tegyen:

- A munkadarab és a szerszám dolgozórészének hűtése.
- A felületi érdesség csökkentése.
- A szerszám dolgozórész kopássebességének csökkentése.
- A hő alakváltozások csökkentése.
- A megmunkáló rendszer általános terhelésének csökkentése.

Sajnos a szerszám dolgozórészének a csúcsa közelében, ahol a felmelegedés legszámottevőbb, a hűtő-kenő folyadék nem jut el, úgy, hogy e helyeken csak indirekt hatást lehet észlelni.

A következő (1.17.) táblázat néhány tájékoztató jellegű használati adatot tartalmaz.

1.17. táblázat

MUNKADARAB	MEGMUNKÁLÁSI FOLYAMAT					
	NAGY. ESZTERGÁLÁS	SIM. ESZTERGÁLÁS	FÚRÁS	MENETVÁGÁS	MARÁS	KÖSZÖRÜLÉS
SZERKEZETI ACÉL	5% emulzió	10% emulzió	5% emulzió	5% emulzió	5% emulzió	1÷2 % emulzió
ÖTVÖZÖT ACÉL	10% emulzió	10% emulzió	20% emulzió	5% emulzió	10% emulzió	1÷2 % emulzió
ÖNTÖTTVAS	SZÁRAZON	5% emulzió, VAGY SZÁRAZON	5% emulzió, VAGY SZÁRAZON	5% emulzió, VAGY PETRÓLEUM	SZÁRAZON	1÷3 % emulzió
AI ÖTVÖZETEK	10% emulzió, VAGY PETRÓLEUM	OLAJAK	5% emulzió, OLAJ, VAGY PETRÓLEUM	5% emulzió, VAGY PETRÓLEUM	10% emulzió, VAGY SZÁRAZON	1÷2 % emulzió

A gyakorlatban a hűtő-kenő folyadékokat két csoportra lehet osztani:

1. Víz alapú folyadékok (emulziók). Az emulziók, olajból, vízből és emulgátorból (szappan) tevődnek össze. A (%) százalék megjelölés az olaj hányadára vonatkozik.
2. Olaj alapú folyadékok (repceolaj, ásványolaj, petróleum,...).

#### 1.4.4. SÉRÜLT RÉTEG

A megmunkálás során, az anyag leváláskor apró repedések keletkeznek, a magas hőmérséklet következtében pedig lokális strukturális elváltozások jönnek létre. Ezek egy (sérült) réteget képeznek, melyet egy következő megmunkálási fogásnál el kell távolítani.

A (1.18. táblázat) egyes megmunkáló folyamatokra jellegzetes ( $C$ ) sérült rétegek méreteit tartalmazza.

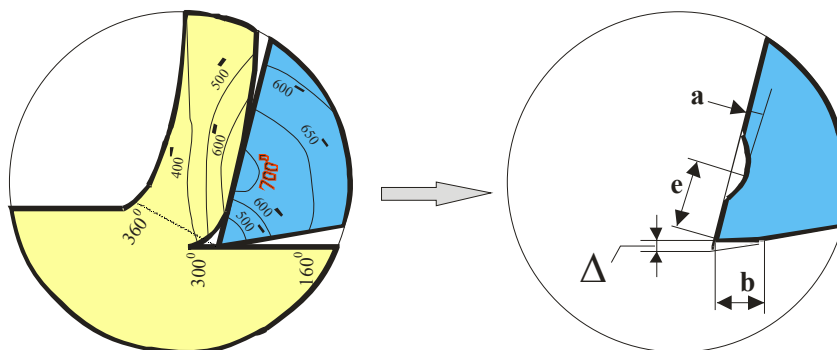
1.18. táblázat

MEGMUNKÁLÁS	SÉRÜLT RÉTEG
	$C \text{ } \mu\text{m}$
KOVÁCSOLÁS	500
HENGERLÉS	300
ESZTERGÁLÁS-NAGYOLÁS	40÷80
ESZTERGÁLÁS-SIMÍTÁS	30÷40
GYALULÁS-NAGYOLÁS	40÷50
GYALULÁS-SIMÍTÁS	25÷40
FÚRÁS	50÷60
DÖRZS-NAGYOLÁS	25÷30
DÖRZS-SIMÍTÁS	10÷20
MARÁS-NAGYOLÁS	40÷60
MARÁS-SIMÍTÁS	25÷40
PALÁSTKÖSZÖRÜLÉS	15÷25
FURATKÖSZÖRÜLÉS	20÷30
SÍKKÖSZÖRÜLÉS	15÷25

#### 1.4.5. SZERSZÁMKOPÁS

A forgácsképzés során a szerszám dolgozórése kopásra van kitéve. A kopás következménye a dolgozóréssz mértani változása. A változások a csúcs közelében észlelhetők (1.18. ábra), és kihatnak a dolgozóréssz hosszmereteire és szögeire. Valamennyi változás kihat a munkadarab felületi minőségére (érdesség) és annak méreteire (méréthibák).

A forgácsolási folyamat során (legnagyobb mértékben) a szerszám dolgozórése biztosítja a munkadarab pontos méreteit, és az elvárt felületi minőséget. A szerszám dolgozó részét kikopottnak (tompultnak) kel minősíteni – szerszámcserét, vagy élesítést kel alkalmazni, ha a kopások mértéke és jellege következményeiként, a mérethibák és a felületi érdesség eléri (de még nem haladják meg), a (műhelyrajzon feltüntetett) megengedett értékeket.



1.18. ábra

#### 1.4.5.1. KOPÁSKRITÉRIUMOK

A gyakorlatban a szerszám dolgozó részét kikopottnak kel tekinteni, ha a következő kritériumok közül, bármelyik bekövetkezik.

##### ▪ MÉRETHIBA

A szerszám dolgozó részének csúcskopása miatt, a munkadarab mérete kopásközben folyamatosan növekedik. Ez a növekedés nem haladhatja meg a műhelyrajzon megadott tűrés tartomány értékét (biztonsági okokból, annak egy harmadát)

Síkmegmunkálások esetében (gyalulás, marás)

$$\Delta \leq \frac{1}{3} T_d \quad (1.33.)$$

Körmegmunkálások esetében (esztergálás, fúrás,...)

$$\Delta \leq \frac{1}{6} T_d \quad (1.34.)$$

##### ▪ ÉRDESSÉG NÖVEKEDÉS

A szerszám dolgozó részének hátfelülete kopása miatt, a hátszög nullára csökken, így erőteljes súrlódás és forgácsolóerő növekedés következik be. Az említett jelenségekre csikorgás, felületi minőségromlás, valamint vibrációk jellemzők, és édességnövekedéssel lehet őket kimutatni. A bekövetkezett ( $R$ ) érdesség nem szabad hogy meghaladja a műhelyrajzon megadott ( $R_Z$ ) értéket:

$$R \leq R_z$$

(1.35.)

### ▪ DOLGOZÓRÉSZ KOPÁSMÉRETE

Egyes esetekben tájékoztató jellegű értékekre utal a következő táblázatban (1.19. táblázat) található adatok:

1.19. táblázat

MEGMUNKÁLÓ FOLYAMAT	MUNKADARAB ANYAG	b (mm)
NAGYOLÓ ESZTERGÁLÁS (keményfémme)	MINDEN ANYAG	0,6÷0,8
NAGYOLÓ ESZTERGÁLÁS (cserélhető lapkával)	MINDEN ANYAG	0,8÷1
ESZTERGÁLÁS NAGY FORGÁCSKERESZTMETSZETTEL	MINDEN ANYAG	0,8
NAGYOLÓ PALÁSTMARÁS	ÖNTÖTTVAS	0,2÷0,3
NAGYOLÓ HOMLOKMARÁS	ACÉLOK	0,6÷0,8
GYALULÁS	MINDEN ANYAG	0,8
SIMÍTO FOLYAMATOK	MINDEN ANYAG	0,1÷0,2

### 1.4.6. DOLGOZÓRÉSZ ÉLETTARTAM (TAYLOR KÉPLET)

Két élesítés (tompulás) között eltelt időt (nem megszakított forgácsolás) DOLGOZÓRÉSZ ÉLETTARTAMÁNAK nevezik, a méretegysége (perc).

Az élettartam igen fontos technológiai adat, hiszen ettől az időtől függ az élesítések, vagy a szerszámcserék száma, ami idővesztést jelent és kihat az önköltségekre.

A probléma megoldása Taylor – hoz kötődik, aki igen nagyszámú mérések alapján, a következő összefüggést határozta meg:

$$V \cdot T^{\left(\frac{1}{k}\right)} = C_v$$

(1.36.)

Értelmezés:

$T$  (perc.....élettartam

$C_v$  (perc).....fajlagos idő

$V$  (m/perc).....forgácsoló sebesség

$k$ .....anyagoktól függő kitevők (1.21. táblázat)

Ugyanazok az anyagok (munkadarab, szerszámanyag) esetében, két különböző ( $V_1$ ,  $V_2$ ), forgácsolási sebesség esetén, két különböző ( $T_1$ ,  $T_2$ ) élettartammal kel számolni:

$$V_1 \cdot T_1^{\left(\frac{1}{k}\right)} = C_V$$

$$V_2 \cdot T_2^{\left(\frac{1}{k}\right)} = C_V$$

Ha az utóbbi egyenleteket egymással osztjuk, a végleges TAYLOR - féle egyenletet kapjuk:

$$\frac{V_1}{V_2} \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\left(\frac{1}{k}\right)} = 1 \quad (1.37.)$$

A ( $k$ ) kitevő meghatározására a következő (1.12. táblázat) táblázat alkalmas

1.20. táblázat

MUNKADARABANYAG	SYERSZÁMANYAG	k (ÁTLAG)
ACÉLOK	KERÁMIA	-3,5
	KEMÉNYFÉM	-4
	GYORSACÉL	-7
ACÉLÖNTVÉNY	KERÁMIA	-3,5
	KEMÉNYFÉM	-4
	GYORSACÉL	-7
RÉZ ALAPU ÖTVÖZETEK	KEMÉNYFÉM	-3,5
NAGYOLÓ PALÁSTMARÁS	KEMÉNYFÉM	-3
KÖNNYŰFÉMEK	KEMÉNYFÉM	-2,5

### • NUMERIKUS PÉLDA

A munkadarab anyaga (S235JR) - szerkezeti acél. A ( $T_1$ ) hatvan perces élettartamra, és gyorsacélra vonatkozó ( $V_1$ ) forgácsolási sebesség (40 m/perc). A szerszám dolgozó része keményfém.

A ( $V_2=V$ ) forgácsoló sebességet úgy kel meghatározni, hogy annak élettartama ( $T_2$ ) négy óra legyen.

A TEYLOR tétel (1.37):

$$\frac{V_1}{V_2} \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\left( \frac{1}{k} \right)} = 1$$

Az alap idő:

$$T_1 = 60 \quad (\text{perc})$$

Az alap sebesség:

$$V_{1(\text{GYORSACÉL})} = V_{60(\text{GYORSACÉL})} = 40 \quad (\text{m / perc})$$

A WALICH (sebesség-meghatározó) tételek (1.13.)

$$V_{60(\text{GYORSACÉL})} = \frac{C'_V}{a^x \cdot b^y} = \frac{C_V \cdot \Delta C_{v(\text{GYORSACÉL})}}{a^x \cdot b^y} \quad (1.38.)$$

$$V_{60(\text{KEMÉNYFÉM})} = \frac{C'_V}{a^x \cdot b^y} = \frac{C_V \cdot \Delta C_{v(\text{KEMÉNYFÉM})}}{a^x \cdot b^y} \quad (1.39.)$$

A (1.5.) táblázatból, meghatározzuk a ( $\Delta C_v$ ) fajlagos sebesség korrekciókat:

$$\Delta C_{v(\text{GYORSACÉL})} = 1 \quad \Delta C_{v(\text{KEMÉNYFÉM})} = 6 \quad (1.40.)$$

A két sebesség *megközelítő* viszonya (kis hibával, hiszen az  $x, y$  a két anyagnál némileg különböznek):

$$\frac{V_{1(\text{GYORSACÉL})}}{V_{1(\text{KEMÉNYFÉM})}} = \frac{V_{60(\text{GYORSACÉL})}}{V_{60(\text{KEMÉNYFÉM})}} \approx \frac{\frac{C_{V(\text{GYORSACÉL})} \cdot \Delta C_{v(\text{GYORSACÉL})}}{a^x \cdot b^y}}{\frac{C_{V(\text{GYORSACÉL})} \cdot \Delta C_{v(\text{KEMÉNYFÉM})}}{a^x \cdot b^y}} = \frac{\Delta C_{v(\text{GYORSACÉL})}}{\Delta C_{v(\text{KEMÉNYFÉM})}} = \frac{1}{6}$$

Az előző egyenletből meghatározható a keményfémre vonatkozó sebesség – hatvan perces élettartamra:

$$V_{1(\text{KEMÉNYFÉM})} = V_{1(\text{GYORSACÉL})} \cdot 6 = 240 (\text{m / perc})$$

Mivel:

$$T_2 = 240 (\text{perc})$$

És a ( $k$ ) kitevő (1.20. táblázat):

$$k = -4$$



A keményfémre, és ( $T_2 = 240(\text{perc})$ ) élettartamra vonatkozó ( $V_{2(\text{KEMÉNYFÉM})}$ ) sebesség, a TEYLOR (1.37.) függvény szerint:

$$V_{2(\text{KEMÉNYFÉM})} = V_{1(\text{KEMÉNYFÉM})} \cdot \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\left( \frac{1}{k} \right)} = 240 \cdot \left( \frac{60}{240} \right)^{\left( \frac{-1}{-4} \right)} = 169,7(\text{m / perc})$$

$$V_{2(\text{KEMÉNYFÉM})} = 169,7(\text{m / perc}) \quad (1.41.)$$

### ○ KÉRDÉSEK

- Mi a forgácsoló folyamat kinematikai jellege?
- Mi a forgácsolás alap feltétele?
- Mik a forgácsolás fő tényezői?
- Melyek a forgácsoló sebesség meghatározás módjai?
- Melyek a forgácsolóerők meghatározás módjai?
- Melyek a forgácsolószerszám részei?
- Mik a szerszám dolgozó részének jellemzői?
- A szerszám dolgozó részének anyagai.
- Melyek a szerszám dolgozó részének mértani jellemzői?
- Mire hatnak a szerszám dolgozó részének módosításai?
- Mik a forgácsolás alap következményei?
- Mitől függ a felületi érdesség?
- Milyenek a hőeloszlás fő jellemzői?
- Melyek a hűtő – kenő folyadék tulajdonságai?
- Mik a szerszám dolgozó része kopásának a következményei?
- Melyek a kopáskritériumok?
- Mit nevezünk a szerszám dolgozó rész élettartamának?
- Milyen számításokra lehet alkalmazni a TAYLOR - tételt?

## 2. ALAP FORGÁCSOLÁSI FOLYAMATOK

Az alapforgácsolási folyamatok a következők:

- Esztergálás
- Gyalulás
- Fúrás
- Marás

### 2.1. ESZTERGÁLÁS

Az esztergálási folyamat technológiai adatai a következők:

**a** [mm].....fogásmélység.

**f** [mm/ford.].....fordulatkénti előtolás.

**n** (ford./perc ]...fordulatszám.

Az esztergálási munkatér mértani adatai a következők:

**D<sub>0</sub>** [mm] .....megmunkálás-előtti átmérő.

**D<sub>1</sub>** [mm] .....megmunkálást követő átmérő.

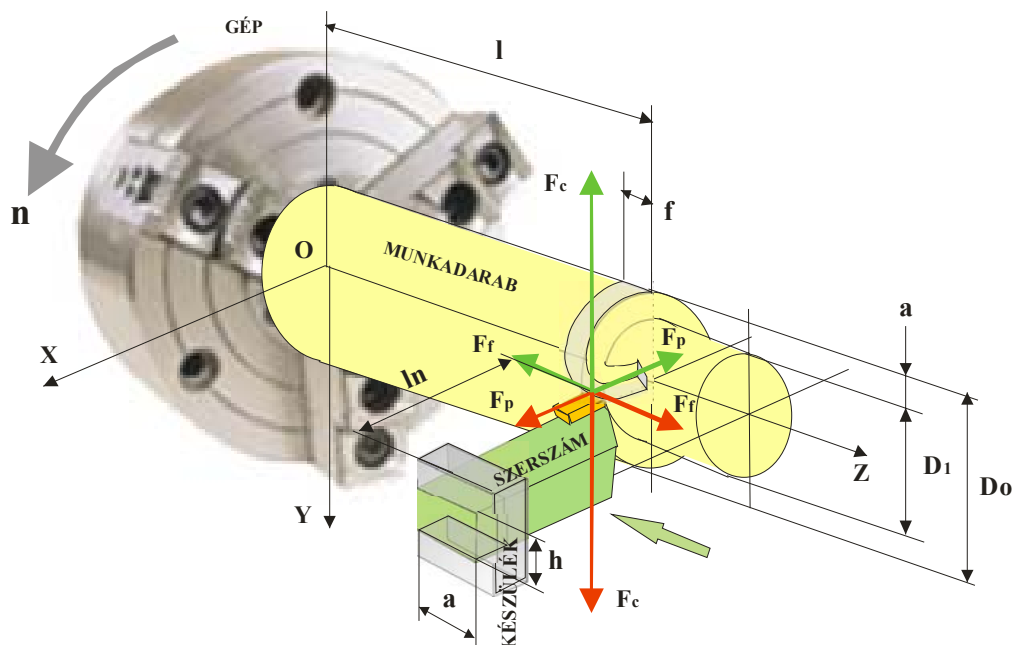
**l<sub>n</sub>** (mm).....szerszámszár hossz.

**b** [mm] ..... szerszámszár szélesség.

**h** [mm] ..... szerszámszár magasság.

**l** [mm] .....munkadarab hossz.

### 2.1.1. MUNKATÉR (BEFOGÁSI ÉS ERŐTERV)

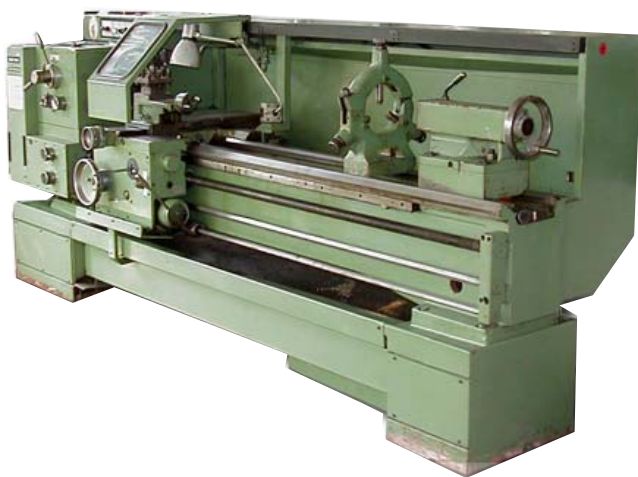


2.1. ábra



2.2. ábra

### 2.1.2. GÉPEK (ESZTERGAPADOK)



EGYETEMES (UNIVERZÁLIS)  
*[TOS TRENČIN SUI 50]*



REVOLVER  
*[KNUTH PRECIZION HRD42P]*



CNC  
*[CICLONE FB-1440]*

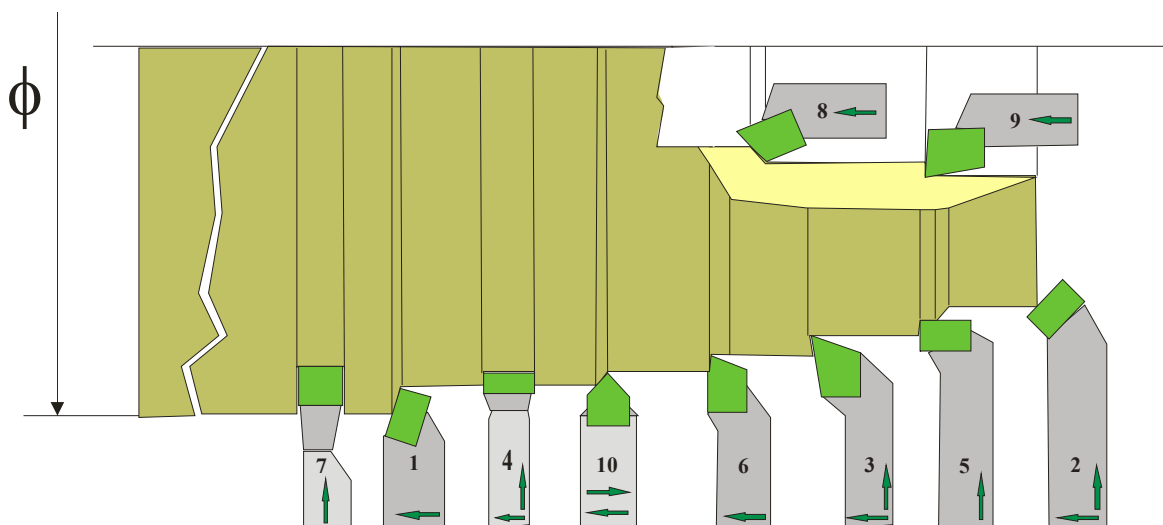


KARUSZEL  
*[TOSHULIN SKIQ 25]*

2.3. ábra

### 2.1.3. SZERSZÁMOK

#### ▪ SZERSZÁMFUNKCIÓK



2.4. ábra

#### ▪ SZERSZÁMSZABVÁNYOK

2.1. táblázat

SZERSZÁMSZÁM	FORGÁCSOLÓSZ	SZABVÁNY		
		ISO	MSZ	
			KEMÉNYFÉM	GYORSACÉL
1	EGYENES	1	1901	1287
2	HAJLITOTT	2	1902	1288
3	SAROK	3	1908	
4	SZÉLES	4	1909	
5	HOMLOKÉLŰ	5	1903	1289
6	OLDALÉLŰ	6	1904	1290
7	SZÚRÓ	7	1910	1294
8	ÁTMENŐFURAT	8	1912	1286
9	ZSÁKFURAT	9	1913	1297
10	HEGYES		1905	1291
11	BESZÚRÓ			1299
12	HAJLITOTT		1906	1292

## ▪ SZERSZÁMFAJTÁK

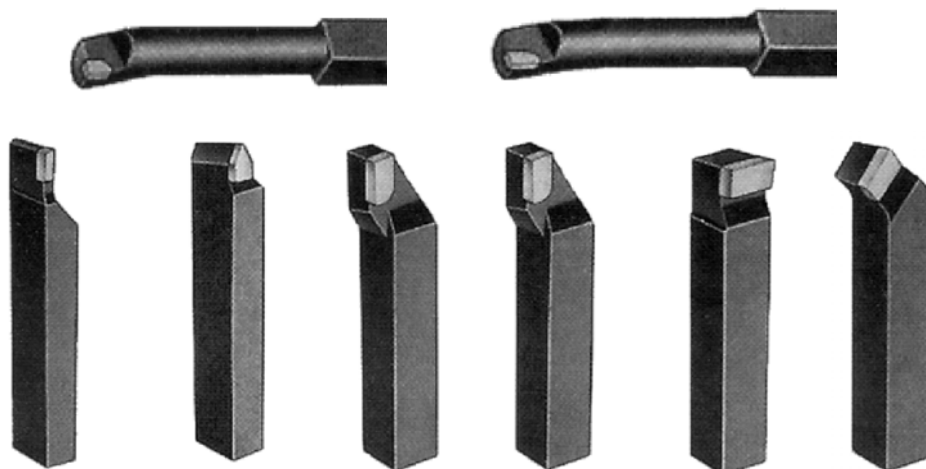
### SZERSZÁMTARTÓK



### VÁLTÓÉLŰ SZERSZÁMOK



### FORASZTOTTÉLŰ SZERSZÁMOK



2.5. ábra

## 2.1.4. FOGÁSMÉLYSÉG

### 2.1.4.1. PALÁSTESZTERGÁLÁS

A technológiai adatok közül, a fogásmélységet alap értéknek kel tekinteni. A nagyság meghatározás az (5. rész) előgyártmány ráhagyásaiból, vagy tapasztalati (javasolt) táblázati értékekből kel meghatározni. Palástszerű megmunkálások esetében a ( $\delta$ ) adatok átmérőkre érvényesek, úgy az ( $a$ ) fogásmélység a következő:

$$a = \frac{\delta}{2} \quad (2.1.)$$

#### ▪ $\delta_1$ ...NAGYOLÓ RÁHAGYÁSOK (PALÁSTESZTERGÁLÁS)

2.2. táblázat

MUNKADARABANYAG	$\delta_1=2a$ [mm]
SZÜRKE ÖNTVÉNY	1÷6
ÖNTÖTTVÉNYEK	1÷5
SZABAD KOVÁCSOLÁS	1,5÷3
ÖTVÖZÖTT ACÉL	2,5÷3,5
KOVÁCSOLÁS SZERSZÁMBAN	0,5÷1,5
HENGERELT SZELVÉNYEK	0,5÷1

#### ▪ $\delta_2$ ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (PALÁSTESZTERGÁLÁS)

2.3. táblázat

D [mm]	10	10÷18	18÷30	30÷50	50÷80	80÷120	120÷180	180÷260	260÷360	360÷500
L [mm] ↓	$\delta_2$									
100	0,7	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5
100÷250	0,8	0,8	0,9	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
250÷400	0,8	0,9	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
400÷630	0,9	1	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
630÷1000	*	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9
1000÷1600	*	*	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1
1600÷2500	*	*	*	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

▪  $\delta_3$  ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (PALÁSTKÖSZÖRÜLÉS)

2.4. táblázat

D [mm]	10	10÷18	18÷30	30÷50	50÷80	80÷120	120÷180	180÷260	260÷360	360÷500
L [mm] ↓	$\delta_3$									
100	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,2-0,3	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4	0,5	0,5
100÷250	0,2-0,3	0,2-0,3	0,3	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,5	0,5	0,5-0,6
250÷400	0,2-0,3	0,3	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5	0,5	0,6
400÷630	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6	0,6
630÷1000	*	0,3-0,4	0,3-0,4	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,5	0,4-0,6	0,6	0,6-0,7	0,7
1000÷1600	*	*	*	0,6	0,6-0,7	0,6-0,7	0,7	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8
1600÷2500	*	*	*	0,7	0,7-0,8	0,8	0,8	0,8-0,9	0,9	0,9

### 2.1.4.2. HOMLOKESZTERGÁLÁS

Ebben az esetben a ráhagyás táblázati értékek megegyeznek a fogásmélységgel:

$$a = \delta$$

(2.2.)

▪  $\delta_1$  ...NAGYOLÓ RÁHAGYÁSOK (HOMLOKESZTERGÁLÁS)

2.5. táblázat

MUNKADARAB HOSSZA [mm] ↓	ÁTMÉRŐ				
	÷18	18 - 50	50 - 120	120 - 260	260-...
÷18	0,9	1	1,1	*	*
18 - 50	1,1	1,2	1,3	1,5	*
50 - 120	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
120 - 260	1,8	1,9	2	2,1	2,3
260 - 500	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9
500-	2,7	2,8	2,9	3	3,2



▪  $\delta_2$  ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (HOMLOKESZTERGÁLÁS)

2.6. táblázat

MUNKADARAB HOSSZA [mm]	ÁTMÉRŐ				
	÷18	18 - 50	50 - 120	120 - 260	260-...
÷18	0,6	0,7	0,8	*	*
18 - 50	0,7	0,8	0,9	0,9	*
50 - 120	0,9	0,9	1	1	1,1
120 - 260	1	1,1	1,1	1,2	1,3
260 - 500	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
500-	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6

▪  $\delta_3$  ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (HOMLOKKÖSZÖRÜLÉS)

2.7. táblázat

MUNKADARAB HOSSZA [mm]	ÁTMÉRŐ				
	÷18	18 - 50	50 - 120	120 - 260	260-.....
÷18	0,3	0,3	0,3	*	*
18 - 50	0,3	0,3	0,4	0,4	*
50 - 120	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6
120 - 260	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
260 - 500	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
500-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8

2.1.4.3. ÜREGESZTERGÁLÁS:  $\delta_1$  ...NAGYOLÓ

$\approx 0,7\delta_1$  (PALÁSTESZTERGÁLÁS)

$\delta_2$  ...SIMÍTO RÁHAGYÁSOK (ÜREGESZTERGÁLÁS)

2.8. táblázat

NYÍLÁS ÁTMÉRŐ [mm] ↓	I MUNKADARAB HOSSZ					
	÷63	63÷100	100÷160	160÷250	250÷400	400÷360
10	0,9	*	*	*	*	*
10÷18	1	1	*	*	*	*
18÷30	1,1	1,1	1,1	*	*	*
30÷50	1,1	1,2	1,2	1,2	*	*
50÷80	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	*
80÷120	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6
120÷180	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7
180÷260	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8
260÷360	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9

▪  $\delta_3$  ...KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK (ÜREGESZTERGÁLÁS)

2.9. táblázat

NYÍLÁS ÁTMÉRŐ [mm] ↓	I MUNKADARAB HOSSZ					
	÷63	63÷100	100÷160	160÷250	250÷400	400÷360
10	0,2	*	*	*	*	*
10÷18	0,3	0,3	*	*	*	*
18÷30	0,3	0,3	0,3	*	*	*
30÷50	0,3	0,3	0,4	0,4	*	*
50÷80	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	*
80÷120	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6
120÷180	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
180÷200	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
200÷360	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
360÷500	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8

### 2.1.5. SEBESSÉGEK

Az elméleti számítás, (1.13.) WALICH és (1.12.) KRONENBERG fele módszer szerint lehetséges. A (2.10.) táblázat, egy (esztergálásra vonatkozó) tájékoztató jellegű adatokat tartalmaz.

▪ HASZNÁLT ANYAGOK ÉS FŐ FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉGEK

2.10. táblázat

MUNKADARAB	FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG (esztergálás) $V_{C60}$					
	SZERSZÁMANYAG					
	GYORSACÉL		KEMÉNYFÉM		KERÁMIA	
	NAGYOLÁS	SÍMITÁS	NAGYOLÁS	SÍMITÁS	NAGYOLÁS	SÍMITÁS
ACELOK	10÷60	30÷80	60÷400	200÷500	200÷800	300÷1200
Öntöttvas	7÷45	20÷50	40÷250	140÷350	140÷560	200÷800
Cu, Cu ötvözetek	18÷100	50÷150	100÷700	300÷900	320÷1400	500÷1600
Al ötvözetek	40÷240	120÷320	240÷1200	800÷1500	800÷1600	800÷1800

Mivel a sebességek ( $T_1=60$  perc) hatvanperces élettartamra vonatkoznak, elkel végezni a megfelelő átszámolás tetszőleges ( $T$ ) élettartamra

Egy meghatározott ( $T$ ) élettartamra:

$$T_1 = 60 \quad V_1 = V_{60,gyártó} \quad V_2 = V_C \quad T_2 = T \quad (2.3.)$$

A (1.37.) Taylor egyenlet a sebesség és az élettartam következő viszonyokra utal :

$$\frac{V_1}{V_2} \left( \frac{T_1}{T_2} \right)^{\left( -\frac{1}{k} \right)} = 1 \quad (2.4.)$$

Helyettesítjük be a (2.4.) egyenletbe a (2.3.) adatokat:

↓

$$\frac{V_{60,gyártó}}{V_C} \left( \frac{60}{T} \right)^{\left( -\frac{1}{k} \right)} = 1 \Rightarrow V_C = V_{60,gyártó} \cdot \left( \frac{60}{T} \right)^{\left( -\frac{1}{k} \right)} \quad (2.5.)$$

A szerszám sebességbírását, a szerszámgyártó adataiból, vagy a (1.13.) WALICH megközelítő módszer alapján határozzuk meg:

$$V_{60,gyártó} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{sz,60}}{1000} \leq \frac{C_V}{a^x \cdot f^y} \quad (2.6.)$$

Behelyettesítve a (2.6.) egyenletet a (2.5.) egyenletbe, ( $T_1=60$  perc) hatvanperces élettartamra vonatkozó forgácsolási sebesség képletét kapjuk:

$$V_C = V_{60,gyártó} \cdot \left( \frac{60}{T} \right)^{\left( -\frac{1}{k} \right)} = \frac{C_V}{a^x \cdot f^y} \cdot \left( \frac{60}{T} \right)^{\left( -\frac{1}{k} \right)} \quad (2.7.)$$

## 2.1.6. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS

Az előtolás értékét három kritérium szerint kell számítani:

### 2.1.6.1. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS A SZERSZÁM TEHERBÍRÁSA SZERINT:

A szerszámot a fő forgácsolóerő három összetevőé terheli. Az erők térbeli elrendezése, valamint a szerszám mértani jellemzői a (2.1.) ábrán láthatók. Ezek megközelítő arányai:

$$\vec{F}_c : \vec{F}_p : \vec{F}_f \approx 5 : 2 : 1$$

↓

$$\begin{aligned} F_p &= 0,4 \cdot F_c \\ F_f &= 0,2 \cdot F_c \end{aligned} \quad (2.8.)$$

A (2.1.) ábra szerint, a szerszámszár összetett feszültségi igénybevételre van kitéve. Ha a szerszámot hosszú rúdnak tekintjük, valamennyi feszültség normálfeszültség jellegű.

$$\begin{aligned} \sigma_z &= \frac{M_z}{W_z} = \frac{F_c \cdot l_n - F_p \cdot \frac{h}{2}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} \\ \sigma_y &= \frac{M_y}{W_y} = \frac{F_f \cdot l_n}{\frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2} \end{aligned} \quad (2.9.)$$

Ezek a feszültségek az (x) tengely irányában működnek, tehát össze lehet őket adni ( $\sigma_R$  - eredő feszültség):

$$\sigma_R = \frac{F_c \cdot l_n - 0,4 \cdot F_c \cdot \frac{h}{2}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{0,2 \cdot F_c \cdot l_n}{\frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2} + \frac{0,2 \cdot F_c}{b \cdot h} \quad (2.10.)$$

Ezt követően, használjuk a következő rövidítéseket:

$$\begin{aligned} \frac{h}{l} &= e \quad \frac{l_n}{h} = g \\ \frac{6 \cdot g + 1,2 \cdot e \cdot g - 0,8}{b^2 \cdot e} &= c_0 \end{aligned} \quad (2.11.)$$

A (2.8. és 2.11.) rövidítéseket használva, a (2.10.) egyenlet a következő formát veszi fel.

$$\begin{aligned} \sigma_R &= \frac{F_c \cdot l_n - 0,4 \cdot F_c \cdot \frac{h}{2}}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{0,2 \cdot F_c \cdot l_n}{\frac{1}{6} \cdot h \cdot b^2} + \frac{0,2 \cdot F_c}{b \cdot h} \\ &\Downarrow \\ \sigma_R &= F_c \cdot \frac{6 \cdot g + 1,2 \cdot e \cdot g - 0,8}{b^2 \cdot e} = F_c \cdot c_0 \end{aligned}$$

$$F_c = \frac{\sigma_R}{c_0} \Rightarrow \sigma_R = F_c \cdot c_0 \quad (2.12.)$$

Az előző egyenletbe, az erőt meghatározó (1.28.) bővített módszert alkalmazzuk:

$$F_c = C_K \cdot a^{x_1} \cdot f'^{y_1} \quad (2.13.)$$

Eszerint:

$$\sigma_R = C_K \cdot a^{x_1} \cdot f'^{y_1} \cdot c_0 \quad (2.14.)$$

A szerszám biztonságos működtetésének szilárdsági feltétele:

$$\sigma_R \leq \frac{R_m}{\nu} \quad (2.15.)$$

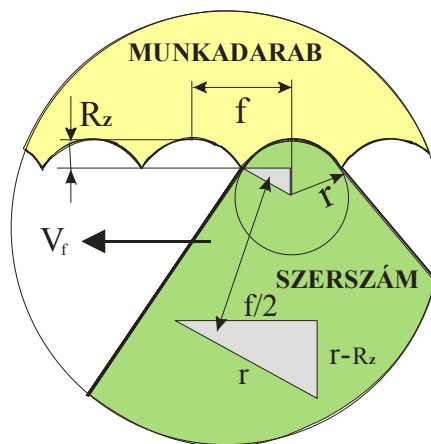
A (2.14. és 2.15.) egyenletek ball oldalai megegyeznek:

$$C_K \cdot a^{x_1} \cdot f'^{y_1} \cdot c_0 \leq \frac{R_m}{\nu} \quad (2.16.)$$

A (2.16.) egyenletből, a szerszámszár teherbírása szerinti, fordulatkénti előtolást határozzuk meg:

$$f' \leq \sqrt[y_1]{\frac{R_m}{c_0 \cdot C_K \cdot a^{x_1} \cdot \nu}} \quad (2.17.)$$

#### 2.1.6.2. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS A MUNKADAB ( $R_z$ ) IGÉNYELT FELÜLETIÉRDESEGE SZERINT



2.6. ábra

A (2.6.) ábra szerint, a megjelölt derékszögű háromszögből (Pitagorász tétel) :

$$\left(\frac{f''}{2}\right)^2 + (r - R_z)^2 = r^2 \quad (2.18.)$$

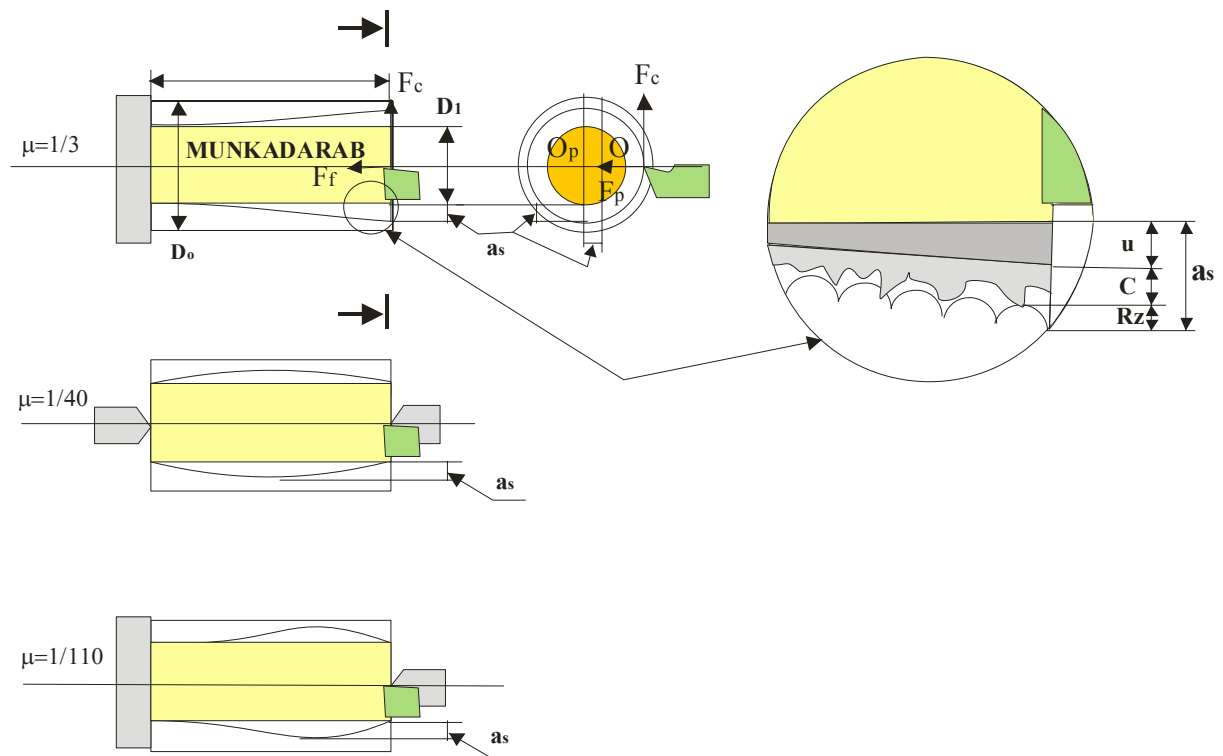
A (2.18.) egyenletet felbontjuk:

$$\left(\frac{f''}{2}\right)^2 + r^2 - 2 \cdot r \cdot R_z + R_z^2 = r^2 \quad R_z^2 \approx 0$$

$$\Downarrow$$

$$f'' \leq \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z} \quad (2.19.)$$

### 2.1.6.3. ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS A MEGENGEDETT ALAKVÁLTOZÁS SZERINT:



2.7. ábra

Az ( $u_s$ ) megengedett alakváltozás, az utolsó forgácsolási (simító) fogásra vonatkozik. A megengedett alakváltozás értékét a műhelyrajzon feltüntetett megengedett ( $T_f$ ) – tűrés tartomány szerint kell meghatározni.

Tapasztalat szerint:

$$u_s \leq \frac{1}{6} T_i \quad (2.20.)$$

Az (2.7.) ábrán, sematikusán, fel vannak tüntetve a nagyolásból (előző megmunkálás) visszamaradt rétegek, melyeket a simítás során elkel távolítani. Ezeknek a rétegeknek az összege képezi a simító megmunkálás minimális fogásmélységét:

$$a_s \geq (u + R_z + C)_{NAGYOLÓ} \quad (2.21.)$$

Ebből arra lehet következtetni, hogy a táblázati értékek akkor alkalmazhatók, ha nagyobbak:

$$\frac{\delta_2}{2} \geq a_s \quad (2.22.)$$

Értelmezés:

$u$  [mm] .....nagyolásból visszamaradt alakváltozás

$R_z$  [mm] .... nagyolásból visszamaradt érdesség (1.16. táblázat)

$C$  [μm] ..... nagyolásból visszamaradt sérült réteg (1.18. táblázat)

- **A (U) NAGYOLÁSBÓL VISSZAMARADT ALAKVÁLTOZÁS**
- **A FŐ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT ALAKVÁLTOZÁS**

A (2.8.) ábrán, a megjelölt derékszögű háromszögből (Pitagorász tétel) :

$$\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 + (u_c')^2 = \left(\frac{D_1}{2} + u_c\right)^2$$

$$\Downarrow$$

$$(u_c')^2 = D_1 \cdot u_c + u_c^2 \quad (2.23)$$

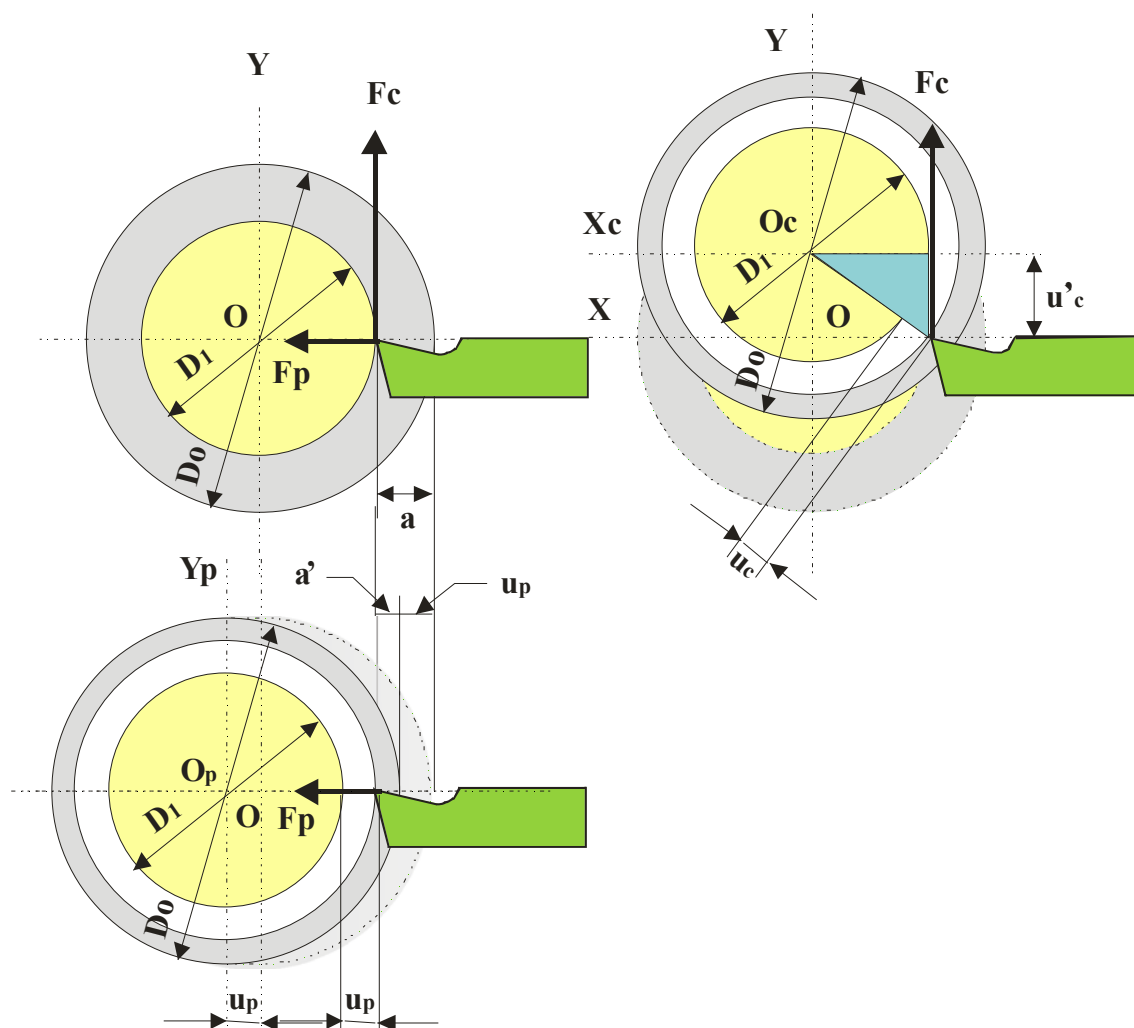
Az ( $F_C$ ) fő forgácsolóerő által létrejött ( $u_c$ ) radiális alakváltozás négyzetét (másodrendű kis érték), nem kel igénybevenni)- (2.10. ábra - jobb)

$$u_c^2 \approx 0$$

Ekkor az (2.24.) egyenletből, az ( $u_c$ ) radiális alakváltozás:

$$\boxed{u_c = \frac{(u_c')^2}{D_1} \Rightarrow 0} \quad (2.24.)$$

Az  $(u_c')^2$  másodrendű kis érték, osztva reális ( $D_1$ ) nagy értékkel, technológiai szempontból elhanyagolható.



2.8. ábra

• **A KERESZTÍRÁNYÚ - BEHATOLÓ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT ALAKVÁLTOZÁS**

Az ( $F_p$ ) radiális (keresztirányú) forgácsolóerő által létrejött ( $u_p$ ) radiális alakváltozás (kihat az átmérő értékére)-(2.8. ábra - alul)

$$u_p = \mu \cdot \frac{F_{p\text{ nagy.}} \cdot l^3}{E \cdot I} \quad (2.25.)$$

A ( $\mu$ ) mértani jellemző, és a munkadarab befogásától függ. A különböző befogásoknak megfelelő értékeket a (2.7.) ábra bal oldalán vannak feltüntetve.



Ha igénybe vesszük a (1.18.) megközelítő erőarányt

$$u_p = \mu \cdot \frac{0,4 F_{c_{nagy.}} \cdot l^3}{E \cdot I} \quad (2.26.)$$

• **AZ ELŐTOLÓ FORGÁCSOLÓERŐ ÁLTAL LÉTREJÖTT ALAKVÁLTOZÁS**

Az ( $F_f$ ) előtoló forgácsolóerő által létrejött ( $u_f$ ) alakváltozás (az érték minimális, és nem hat ki az átmérőre – hosszirányú)- (2.8. ábra)

$$u_f = 0 \quad (2.27.)$$

A nagyolásból visszamaradt (2.24., 2.25., 2.27.) értékek összege, a radiális alakváltozást eredményezi:

$$u = u_f + u_c + u_p \quad (2.28.)$$

⇓

$$u \approx \mu \cdot \frac{0,4 \cdot F_{c_{nagy.}} \cdot l^3}{E \cdot I} \quad (2.29.)$$

• **A NAGYOLÁSBÓL VISSZAMARADT ÉRDESSEG**

$$R_z = \frac{f_{nagyoló}^2}{8 \cdot r_{nagyoló}} \quad (2.30.)$$

A meghatározott (nagyolásból visszamaradt (2.29. és 2.30.) értékeket behelyettesítjük az (2.21.) egyenletbe, és megkapjuk a simításra vonatkozó legkisebb fogásmélységet:

$$a_s = (u + R_z + C)_{NAGYOLÓ} = \mu \cdot \frac{0,4 \cdot F_{c_{nagy.}} \cdot l^3}{E \cdot I} + R_z + C \quad (2.31.)$$

▪ **FŐ SIMÍTÓ FORGÁCSOLÓERŐ ( $F_{cs}$ )**

A (1.28.) képletet használva:

$$F_{cs} = C_K \cdot a_s^{x_1} \cdot f^{y_1} \quad (2.32.)$$

A (2.8.) ábrán látható, hogy a keresztirányú alakváltozás során a fogásmélység csökken, és egyensúlyi állapotban eléri az ( $a_s$ ) értéket, mely mérvadó a (2.33.) forgácsolóerő számításában:

$$a'_s = a_s - u_{ps} = a_s - u_s \quad (2.33.)$$

A (2.33.) ( $a'_s$ ) értéket behelyettesítjük a (2.32.) egyenletbe:

$$F_{cs} = C_K \cdot (a_s - u_s)^{x_1} \cdot f^{m \cdot y_1} \quad (2.34.)$$

A simító eljárás során létrejött radiális alakváltozások nem szabad, hogy meghaladják a simításnál igényelt túréstartomány hatodát (tapasztalati adat) ( $\frac{1}{6} T_s$ ):

$$u_s \leq \frac{1}{6} T_s \quad (2.35.)$$

A (2.29.) egyenlet alapján, a simítás során létrejött keresztirányú alakváltozás:

$$u_s \approx \mu \cdot \frac{0,4 \cdot F_{cs} \cdot l^3}{E \cdot I} \quad (2.36.)$$

Az előző egyenletbe behelyettesítjük az ( $F_{cs}$ ) simításra vonatkozó fő simító forgácsolóerőt (2.34.), és alkalmazzuk a (2.35.) feltételt:

$$\begin{aligned} u_s &\approx \mu \cdot \frac{0,4 \cdot F_{cs} \cdot l^3}{E \cdot I} = \mu \cdot \frac{0,4 \cdot C_K \cdot (a_s - u_s)^{x_1} \cdot f^{m \cdot y_1} \cdot l^3}{E \cdot I} \\ &= \mu \cdot \frac{0,4 \cdot C_K \cdot \left(a_s - \frac{1}{6} T_s\right)^{x_1} \cdot f^{m \cdot y_1} \cdot l^3}{E \cdot I} \leq \frac{1}{6} T_s \end{aligned} \quad (2.37.)$$

A (2.37.) egyenletből kifejezzük az ( $f^m$ ) megengedett, simításra vonatkozó fordulatkénti előtolás értékét:

$$f^m = \sqrt[y_1]{\frac{T_s \cdot E \cdot I}{\mu \cdot 2,4 \cdot C_K \cdot \left(a_s - \frac{1}{6} T_s\right)^{x_1} \cdot l^3}} \quad (2.38.)$$

#### ■ MÉRVADÓ FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSOK

A kiszámított értékek közül, a kisebb a mérvadó. A mérvadó érték meghatározást követően, a (1.7.) táblázatból ki kell választani a legközelebbi kisebb szabványos előtolást, (vagy a rendelkezésre álló gépen található – beállítható kisebb előtolást).

### • NAGYOLÁS ESETÉN

Nagyolás esetén mérvadók a (2.17. és 2.19.) szerszám teherbírása és a felületi érdesség szerint számított értékek:

$$f = \min(f', f'') \Rightarrow GÉP \quad (2.39.)$$

### • SIMÍTÁS ESETÉN

Simítás esetén, mérvadók a (2.19. és 2.38.) felületi érdesség, és a végleges tűréstartomány szerint számított értékek:

$$f = \min(f'', f''') \Rightarrow GÉP \quad (2.40.)$$

## 2.1.7. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS

A fordulatszámokat a következő két kritérium szerint lehet számolni:

- A használt szerszám sebességbírása szerint.
- Az alkalmazott gép teherbírása szerint.

### 2.1.7.1. FORDULATSZÁMSÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBÍRÁSA SZERINT

A szerszám sebességbírását, a szerszámgyártó adataiból, vagy a WALICH megközelítő módszer alapján számított, tetszőleges ( $T$ ) élettartamra határozzuk meg, (1.13., 1.37.) egyenletek alapján.:

$$V_C = V_{60, \text{gyártó}} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{k}\right)} = \frac{C_V}{a^x \cdot f^y} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{k}\right)} \leq \frac{D \cdot \pi \cdot n_{sz, T}}{1000} \quad (2.41.)$$

A (2.41.) egyenletből, az alkalmazott szerszám sebességbírása és a meghatározott élettartamnak megfelelő, ( $n_{sz, T}$ ) fordulatszámra vonatkozó képletet kapjuk:

$$n_{sz, T} = n_{SZ} \leq \frac{320 \cdot C_V}{D \cdot a^x \cdot f^y} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{k}\right)} = \frac{320}{D} \cdot V_{60} \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{k}\right)} \quad (2.42.)$$

### 2.1.7.2. FORDULATSZÁMSÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTÉSE SZERINT

A gép kihasználható teljesítménye, a motor névleges teljesítménye és a kihasználási tényező szorzata: ( $P_{motor} \cdot \eta_m$ ):

$$P_{motor} \cdot \eta_m \geq \frac{F_C \cdot V_C}{60 \cdot 1000} = \frac{(C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1}) \cdot \frac{D \cdot \pi \cdot n_g}{1000}}{60 \cdot 1000} \quad (2.43.)$$

↓

A (2.43.) egyenletből, az alkalmazott gép, ( $n_g$ ) fordulatszámra vonatkozó képletet kapjuk:

$$n_g \leq \frac{P_{motor} \cdot \eta_m \cdot 10^7 \cdot 1,95}{C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot D} \quad (2.44.)$$

### 2.1.7.3. MÉRVADÓ FORDULATSZÁM

A kiszámított értékek közül, a kisebb a mérvadó. A mérvadó érték meghatározást követően, a (1.6.) táblázatból ki kell választani a legközelebbi kisebb szabványos fordulatszámot, (vagy a rendelkezésre álló gépen található – beállítható kisebb értéket).

$$n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP \quad (2.45.)$$

## 2.1.8. FŐ GÉPIDŐ

### 2.1.8.1. PALÁSTESZTERGÁLÁS

$$t_{fg} = i \cdot \frac{L}{n \cdot f} \quad (2.46.)$$

$L$  [mm] .....megmunkáló BRUTTÓ hossz

$i$ .....fogások száma

### 2.1.8.2. HOMLOKESZTERGÁLÁS

$$t_{fg} = i \cdot \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \cdot n \cdot f_{\text{radiális}}} \quad (2.47.)$$

### 2.1.8.3. FOGÁSOK SZÁMA

$$i = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \cdot a} \quad (2.48.)$$

*Első nagyobb egész számot kell alkalmazni*

### 2.1.9. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY

A számítás során ügyelni kel a mértékegységek homogenitására.

$$P = F_C \cdot V_C = C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \cdot \frac{1}{1000}$$

⇓

$$P = \frac{C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot D \cdot n}{\eta_m \cdot 10^7 \cdot 1,95} \quad [kW] \quad (2.49.)$$

### 2.1.10. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG

$$Q = f \cdot a \cdot V_C \cdot q = \frac{f}{100} \cdot \frac{a}{100} \cdot \frac{D \cdot \pi \cdot n}{100} \cdot q \quad g \left[ \frac{kg}{dm^3} \right] \quad (2.50)$$

⇓

$$Q = \frac{f \cdot a \cdot D \cdot \pi \cdot n}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{kg}{perc} \right] \quad (2.51.)$$

#### 2.1.10.1. PÉLDA

Elkel végezni azokat a forgácsolási eljárásokat, melyek biztosítják a műhelyrajzon feltüntetett méreteket és a felületi érdességet.

$$\Phi 60 \text{ h8} \rightarrow T_d = 0,05 \text{ [mm]} \quad Ra = 3,2 \text{ [}\mu\text{m]} \rightarrow Rz = 0,0125 \text{ [mm]}$$

- A munkadarab anyaga: S235JR  $\rightarrow R_m = 400 \text{ [N/mm}^2\text{]}$

- Az alkalmazott szerszám dolgozórésze: *gyorsacél*.
- A munkagép tulajdonságai:  $P=3,7$  [kW],  $\eta_M=0,8$

### ▪ MEGMUNKÁLÁSI SORREND (MŰVELETI UTASÍTÁSOK)

- Első lépés (művelet) a nagyoló megmunkálás. Az előgyártmány méretei ismertek, de egyéb adatok, melyből számítással meglehetne határozni (számolni) a fogásmélységet, nem ismertek.

Ebből arra lehet következtetni, hogy tapasztalati (2.2. javasolt táblázati) adatokat kell alkalmazni.

A nagyolás következményekén, a felületi érdességet  $Ra=12,5$  [ $\mu\text{m}$ ] - re lehet előrelátni (1.16.) táblázatot alkalmazva.

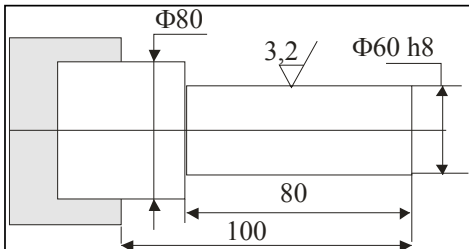
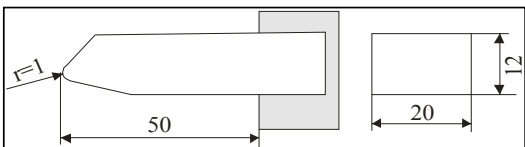
- Második lépés (művelet) a simító megmunkálás. A simító megmunkálás során, ismertek az összes feltételek, hiszen az általunk elvégzett nagyoló megmunkálás előzi meg.

A felsorolt körülmények miatt a (4.3.1.2., 4.3.2.1.) részben meghatározott eljárási sorrendet kell alkalmazni:

### ▪ FELADAT MEGOLDÁS (TECHNOLÓGIAI ADATOK SZÁMÍTÁSA)

Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok, a következő ábratáblázatban vannak összefoglalva.

SZÁMÍTÁSI SORREND		
1	FOGASMÉLYSEG MEGHATÁROZÁSA	<b>a</b>
2	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS	<b>f</b>
3	CIKLUSSZÁMSZÁMÍTÁS	<b>n<sub>kw</sub></b>
4	FŐ GÉPIDŐSZÁMÍTÁS	<b>t<sub>fg</sub></b>

MUNKADARAB									
ADATOK			BEFOGÁSI TERV						
R <sub>m</sub>	400	[N/mm <sup>2</sup> ]							
v	1.μσρ	/							
E	2,1 x 10exp5	[N/mm <sup>2</sup> ]							
l	80	[mm]							
D	80	[mm]							
Ra	3,2	[μm]							
Td	0,05	[mm]							
SZERSZÁM					GÉP				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV			ADATOK			
R <sub>m</sub>	600	[N/mm <sup>2</sup> ]				P	3,7	[kW]	
v	3	/				η <sub>M</sub>	0,8	/	
b	12	[mm]				BEÁLLÍTÁSOK			
h	20	[mm]				n,	1.6. táb.	[ford./perc]	
ln	50	[mm]				nk		[k.l./perc]	
Vc		[m/perc]				f	1.7. táb.	[mm/ford]	
r	1	[mm]				Vf		[mm/perc]	

A számítások táblázatban vannak bemutatva, ami az egyszerű és teljes áttekintést biztosítja.

	JELÖLÉS	SZÁMÍTÁSOK (NAGYOLÁS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$(2.1. \text{ képlet}) \Rightarrow a = \frac{\delta}{2}$ $(2.2. \text{ táblázat}) \Rightarrow \delta = 3,5$ $\Downarrow$ $a = \frac{3,5}{2} = 1,75$	1,8	mm
ELŐTOLÁS	<b>f'</b>	$(2.17. \text{ képlet}) \Rightarrow f' \leq y_1 \sqrt{\frac{R_m}{c_0 \cdot C_K \cdot a_{Rm}^{x_1} \cdot v}}$ $(2.11. \text{ képlet}) \Rightarrow c_0 = \frac{6 \cdot g + 1,2 \cdot e \cdot g - 0,8}{b^2 \cdot e}$ $g = \frac{l_a}{h} = \frac{50}{20} = 2,5$ $e = \frac{h}{b} = \frac{20}{12} = 1,7$ $c_0 = \frac{6 \cdot 2,5 + 1,2 \cdot 1,7 \cdot 2,5 - 0,8}{12^2 \cdot 1,7} \approx 0,1$ $(1.10. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_K = 1570$ $x_1 = 1$ $y_1 = 0,78$ $\Downarrow$ $f' \leq 0,78 \sqrt{\frac{600}{0,1 \cdot 1570 \cdot 1,8^1 \cdot 3}} = 0,66$	0,66	mm/ford
	<b>f''</b>	$(2.19. \text{ képlet}) \Rightarrow f'' \leq \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_a = 12,5 \Rightarrow R_z = 0,05 \text{ [mm]}$ $\Downarrow$ $f'' \leq \sqrt{8 \cdot 1 \cdot 0,05} = 0,63$	0,63	
	<b>f</b>	$(2.39. \text{ képlet}) \Rightarrow f = \min(f', f'') \Rightarrow GÉP$ $(1.7. \text{ táblázat}) \Rightarrow f = 0,63$	0,63	
FORDULATSZÁM	<b>nsz</b>	$(2.42. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{sz,T} = n_{sz} \leq \frac{320 \cdot C_v}{D \cdot a^x \cdot f^y} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{-1}{k}\right)}$ $(1.4. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_v = 55,6$ $x = 0,26$ $y = 0,66$ $T = 300$ $k = -7$ $\Downarrow$ $n_{sz} \leq \frac{320 \cdot 55,6}{80 \cdot 1,8^{0,26} \cdot 0,63^{0,66}} \cdot \left(\frac{60}{300}\right)^{\left(\frac{-1}{-7}\right)} \approx 206$	206	ford/perc
	<b>ng</b>	$(2.44. \text{ képlet}) \Rightarrow n_g \leq \frac{P_{motor} \cdot \eta_m \cdot 10^7 \cdot 1,95}{C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot D}$ $\Downarrow$ $n_g \leq \frac{3,7 \cdot 0,7 \cdot 10^7 \cdot 1,95}{1570 \cdot 1,8^1 \cdot 0,63^{0,78} \cdot 80} = 319$	319	
	<b>n</b>	$(2.45. \text{ képlet}) \Rightarrow n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP$ $(1.6. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 180$	180	
FŐ GÉPIDŐ	<b>tfg</b>	$(2.46. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = i \cdot \frac{L}{n \cdot f}$ $(2.48. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{D_{max} - D_{min}}{2 \cdot a} = \frac{80 - 60}{2 \cdot 1,8} = 5,55 \Rightarrow 6$ $\Downarrow$ $t_{fg} = 6 \cdot \frac{85}{180 \cdot 0,63} = 4,49 \approx 4,5$	4,5	perc



	JELÖLÉS	SZÁMÍTÁSOK (SÍMÍTÁS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$(2.31. \text{ képlet}) \Rightarrow a_s = \mu \cdot \frac{0,4 \cdot F_{c, \text{nagy}} \cdot I^3}{E \cdot I} + R_z + C$ $(2.7. \text{ ábra}) \Rightarrow \mu = \frac{1}{3}$ $(1.28. \text{ képlet}) \Rightarrow F_c = C_K \cdot a^{n_1} \cdot b^{n_1}$ $\Downarrow$ $F_c = 1570 \cdot 1,8^1 \cdot 0,63^{0,78} = 1970$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_z = 12,5 \Rightarrow R_z = 0,05 \text{ [mm]}$ $(1.18. \text{ táblázat}) \Rightarrow C = 0,08$ $I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 60^4}{64} = 635.850$ $\Downarrow$ $a_s = \frac{1}{3} \cdot \frac{0,4 \cdot 1970 \cdot 100^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 635.850} + 0,05 + 0,08 = 0,132$ $(2.1. \text{ képlet}) \Rightarrow a_{s, \text{nagy}} = \frac{\delta}{2}$ $(2.3. \text{ táblázat}) \Rightarrow \delta = 1$ $\Downarrow$ $a_{s, \text{táblázat}} = \frac{1}{2} = 0,5$ $\frac{\delta}{2} = a_{s, \text{táblázat}} \geq a \geq a_s$ $\Downarrow$ $a = 0,5$	<b>0,5</b>	mm
ELŐTOLÁS	<b>f''</b>	$(2.19. \text{ képlet}) \Rightarrow f'' \leq \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_z = 3,2 \Rightarrow R_z = 0,0125 \text{ [mm]}$ $\Downarrow$ $f'' \leq \sqrt{8 \cdot 1 \cdot 0,0125} = 0,316$	0,316	mm/ford
	<b>f'''</b>	$(2.19. \text{ képlet}) \Rightarrow f''' = \sqrt[3]{\frac{T_s \cdot E \cdot I}{\mu \cdot 2,4 \cdot C_K \cdot \left(a_s - \frac{1}{6} T_s\right)^{n_1} \cdot I^3}}$ $\Downarrow$ $f''' = \sqrt[3]{\frac{0,05 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 635.850}{\frac{1}{3} \cdot 2,4 \cdot 1570 \cdot \left(0,5 - \frac{1}{6} \cdot 0,05\right)^1 \cdot 80^3}} = 45,6$	45,6	
	<b>f</b>	$(2.40. \text{ képlet}) \Rightarrow f = \min(f'', f''') \Rightarrow GÉP$ $\Downarrow$ $(1.7. \text{ táblázat}) \Rightarrow f = 0,315$	<b>0,315</b>	
FORDULATSZÁM	<b>nsz</b>	$(2.42. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{sz, f} = n_{sz} \leq \frac{320 \cdot C_v}{D \cdot a^x \cdot f^y} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{i}\right)}$ $\Downarrow$ $n_{sz} \leq \frac{320 \cdot 55,6}{80 \cdot 0,5^{0,26} \cdot 0,315^{0,66}} \cdot \left(\frac{60}{300}\right)^{\left(\frac{1}{-7}\right)} \approx 464$	464	ford/perc
	<b>ng</b>	$(2.44. \text{ képlet}) \Rightarrow n_g \leq \frac{P_{motor} \cdot \eta_m \cdot 10^7 \cdot 1,95}{C_K \cdot a^{n_1} \cdot f^{n_1} \cdot D}$ $\Downarrow$ $n_g \leq \frac{3,7 \cdot 0,7 \cdot 10^7 \cdot 1,95}{1570 \cdot 0,5^1 \cdot 0,315^{0,78} \cdot 80} = 1961$	1961	
	<b>n</b>	$(2.45. \text{ képlet}) \Rightarrow n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP$ $\Downarrow$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 450$	<b>450</b>	
FŐ GÉPIDŐ	<b>tfg</b>	$(2.46. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fs} = i \cdot \frac{L}{n \cdot f}$ $(2.48. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}}{2 \cdot a} = \frac{61 - 60}{2 \cdot 0,5} = 1$ $\Downarrow$ $t_{fs} = 1 \cdot \frac{85}{464 \cdot 0,5} = 0,366 \approx 0,4$	<b>0,4</b>	perc

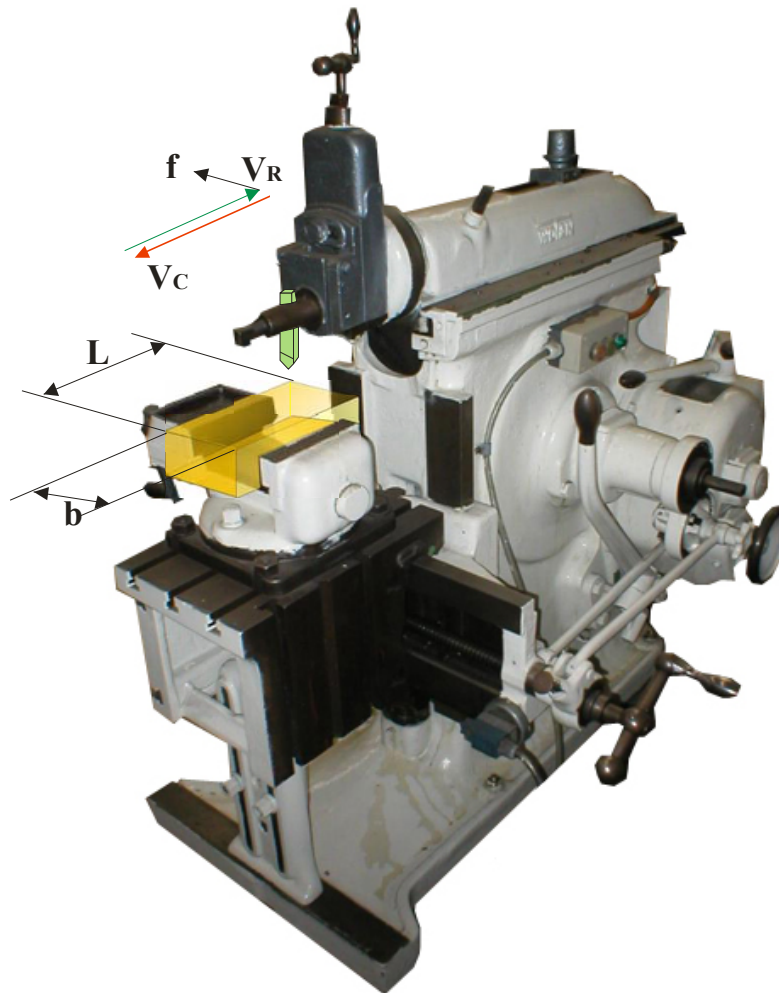
### ○ KÉRDÉSEK

- Melyek az esztergáló munkatér technológiai jellemzői?
- Melyek az esztergáló munkatér mértani jellemzői?
- Nevezze meg az esztergáló gépek alap csoportjait.
- Melyek az esztergáló szerszám részei?
- Melyek az esztergáló szerszám alap kialakítási formái?
- Hogy határozzák meg táblázati módszerrel a fogásmélységet?
- Milyen sebességi tartományokban működtetik a dolgozó rész anyagait?
- Melyek az ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁSRA használt kritériumok?
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a szerszám teherbírása szerint.
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a munkadarab igényelt felületi érdesség szerint.
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a munkadarab megengedett alakváltozása szerint.
- Mérvadó előtolás meghatározása.
- Melyek a fordulatszámok számítására használt kritériumok?
- Fordulatszám számítás a szerszám sebességbírása szerint.
- Fordulatszám számítás a szerszámgép teljesítménye szerint.
- Mérvadó fordulatszám meghatározása.
- A fő gépidő számítása.
- A fogások számának számítása.
- Használt gépteljesítmény számítása.
- A forgácsolás termelékenységének számítása.

## 2.2. GYALULÁS

A gyalulást egy végtelenül nagy átmérőjű munkadarab esztergálásának lehet tekinteni. Ezért a technológiai adatok számítására vonatkozó elmélet egészében megegyezik az esztergálásnál használtakkal. Kivételt kell alkalmazni csak a fogásmélység és a forgácsolási sebesség esetében.

### 2.2.1. GÉP ÉS MUNKATÉR



[TOS HM45]

2.9. ábra

A gyalulási folyamat technológiai adatai a következők:

$a$  [mm] .....fogásmélység.

$f$  [ mm/k.lök.] ...kettőslöketenkénti előtolás.

$n_k$  [ k.lök./perc ]...kettőslöketek.

A gyalulási munkatér mértani adatai a következők:

$l_n$  [mm] .....készár hossz.

$b$  [mm] .....készár szélesség.

$h$  [mm] .....készár magasság.

$L$  [mm] .....munkadarab hossz.

### 2.2.2. SZERSZÁMOK

A szerszámok alap-kivitelezési formái megegyeznek az esztergálásnál alkalmazottakkal (külső nagyoló megmunkálásra alkalmazott formákkal).

### 2.2.3. FOGÁSMÉLYSÉG

A gyalulásnál alkalmazott ( $a$ ) fogásmélységeket az esztergálásnál használt táblázatokból kel kiválasztani, azzal a kikötéssel, hogy az egész ( $\delta_{esztergáló}$ ) kel igénybevenni, mivel a forgácsolás csak a munkadarab egyik oldalán történik:

$$a = \delta_{esztergáló} \quad (2.52.)$$

### 2.2.4. SEBESSÉGEK

A ( $V_C$ ) fő forgácsolási sebességet az esztergálásnál használt értékek alapján kel meghatározni, de mivel a szerszám befogókészülék mozgás a megmunkálási folyamat stabilitását rontja, a tényleges alkalmazott értékeket némileg csökkenteni kel:

$$V_C \cong (0,5 \div 0,7) V_{C,ESZTERGÁLÓ} \quad (2.53.)$$

A gyalulás, a szerszám szakaszos egyenes vonalú mozgásából jön létre (kettőslöketek). A szerszámgép tulajdonságától függően, a mozgások sebességei nem egyeznek meg, vagyis a következő sebességeket kel megkülönböztetni:

$V_C$  [ m/min ] ...forgácsoló sebesség

$V_r$  [ m/min ] ...hátramenet sebesség

A sebességek arányát a következő ( $K$ ) sebességarány képezi:

$$K = \frac{V_r}{V_c} \quad (2.54.)$$

Egy ciklusra (kettőslöketre) igényelt idő a ( $t_c$ ) forgácsoló és ( $t_r$ ) hátramenet időkből tevődik össze:

$$t = t_c + t_r = \frac{L}{V_c} + \frac{L}{V_r} = \frac{1}{n_K} \Rightarrow \frac{L}{V_c} \left( 1 + \frac{V_c}{V_r} \right) = \frac{1}{n_K} \quad (2.55)$$

Behelyettesítve a (2.54.) ( $K$ ) sebességarányt, meg lehet határozni a ( $V_c$ ) forgácsoló sebességet, az ( $L$ ) szerszám járata, a ( $K$ ) sebességarány, és az ( $n_K$ ) kettőslöket függvényében:

$$V_c = \frac{L}{1000} \cdot n_K \cdot \left( \frac{K+1}{K} \right) \quad (2.56)$$

## 2.2.5. ELŐTOLÁSSZÁMITÁS

Az ( $f$ ) ELŐTOLÁSSZÁMITÁS megegyezik az esztergálásnál alkalmazott eljárással (a simításnál nem kel igénybevenni az alakváltozásokra vonatkozó ( $f'''$ ) értéket, hiszen a gyalulás során a munkadarab nem deformálhatódig.

**NAGYOLÁS ESETÉN**

$$f = \min(f', f'') \Rightarrow GÉP$$

**SIMÍTÁS ESETÉN**

$$f = \min(f'') \Rightarrow GÉP \quad (2.57.)$$

## 2.2.6. KETTŐSLÖKETEK SZÁMÍTÁSA

A ciklusok száma kettőslöketek formájában kel számítani, mivel az alkalmazott gépeken is ilyen formában lehet elvégezni a beállításokat.

### 2.2.6.1. KETTŐSLÖKETSÁMÍTÁS

#### A SZERSZÁM SEBESSÉGBÍRÁSA SZERINT

A szerszám sebességbírását, a szerszámgyártó adataiból, vagy a (1.13.) WALICH megközelítő módszer alapján határozzuk meg:

$$V_c \approx \frac{C_v}{a^x \cdot f^y} = \frac{L}{1000} \cdot n_{KSZ} \cdot \left( \frac{K+1}{K} \right)$$

Az előbbi egyenletből meghatározható a kettőslöketek száma

$$n_{KSZ} \leq \frac{1000 \cdot K \cdot C_v}{L \cdot (K+1) \cdot a^x \cdot f^y} \quad (2.58.)$$

### 2.2.6.2. KETŐSLÖKETSÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTMÉNYE SZERINT

A gép kihasználható teljesítménye, a motor névleges teljesítménye és a kihasználási tényező szorzata: ( $P_{motor} \cdot \eta_M$ ):

$$P \cdot \eta_M = \frac{F_C \cdot V_C}{60 \cdot 1000} = \frac{(C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1}) \cdot \frac{L}{1000} \cdot n_{Kg} \cdot \left(\frac{K+1}{K}\right)}{60 \cdot 1000} \quad (2.59.)$$

$$n_{Kg} = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_M \cdot K}{C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot L \cdot (K+1)} \quad (2.60.)$$

### 2.2.6.3. MÉRVADÓ KETŐSLÖKETSZÁM

A kiszámított értékek közül, a kisebb a mérvadó. A mérvadó érték meghatározást követően, a (1.6.) táblázatból ki kell választani a legközelebbi kisebb szabványos kettőslöketszámot (fordulatszámot), (vagy a rendelkezésre álló gépen található – beállítható kisebb értéket).

$$n_K = \min(n_{KSZ}, n_{Kg}) \Rightarrow GÉP \quad (2.61.)$$

### 2.2.7. FŐ GÉPIDŐ

$$t_{fg} = i \cdot \frac{B}{n_K \cdot f} \quad (2.62.)$$

$B$  [mm]...munkadarab szélessége.

#### ▪ FOGÁSOK SZÁMA

*Első nagyobb egész számot kell alkalmazni*

$$i = \frac{RÉTEG}{a} \quad (2.63.)$$

**2.2.8. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY**

$$P = F_C \cdot V_C = C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot \frac{L \cdot (K+1) \cdot n}{6 \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot \eta_M \cdot K} \quad (2.64)$$

$$\Downarrow$$

$$P = \frac{L \cdot (K+1) \cdot n}{6 \cdot 10^7 \cdot \eta_M \cdot K} \quad [kW] \quad (2.65.)$$

**2.2.9. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG**

$$Q = f \cdot a \cdot V \cdot q_C = \frac{f}{100} \cdot \frac{a}{100} \cdot \frac{L \cdot n_{kg} \cdot \left(\frac{K+1}{K}\right)}{100} \cdot q \quad g \left[ \frac{kg}{dm^3} \right] \quad (2.66)$$

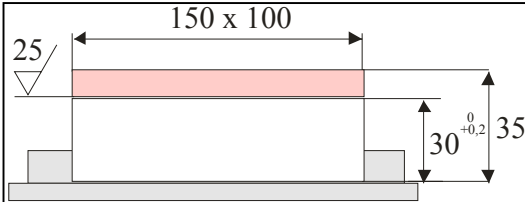
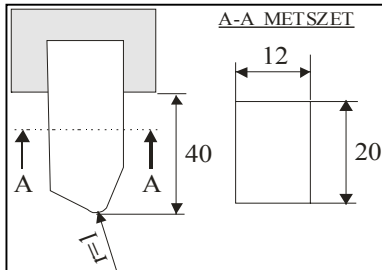
$$\Downarrow$$

$$Q = \frac{f \cdot a \cdot L \cdot n_{kg} \cdot (K+1)}{K \cdot 10^6} \cdot q \quad g \left[ \frac{kg}{dm^3} \right] \quad (2.67.)$$

### 2.2.9.1. PÉLDA

Elkel végezni azokat a forgácsolási eljárásokat, melyek biztosítják a műhelyrajzon feltüntetett méreteket és a felületi érdességet. A munkadarab anyaga: *Alumínium AlMgSi0,5*,  $R_m=1300$  [N/mm<sup>2</sup>]  $HB=45$ . Az alkalmazott szerszám dolgozórésze: *keményfém*. A forgácsolási sebesség adott (esztergálásra vonatkozó) (2.10. táblázat)  $V_c=240$  [m/min]. A szerszám rész elvárt élettartama:  $T=240$  perc. A fogásmélység ismeretlen. A számítási sorrendet a következő:

Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok, a következő ábratáblázatban vannak összefoglalva.

MUNKADARAB									
ADATOK			BEFOGÁSI TERV						
R <sub>m</sub>	130	[N/mm <sup>2</sup> ]							
v		/							
E		[N/mm <sup>2</sup> ]							
L	150	[mm]							
b	100	[mm]							
R <sub>a</sub>	25	[μm]							
T <sub>d</sub>	0,2	[mm]							
HB	45								
SZERSZÁM					GÉP				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV		ADATOK				
R <sub>m</sub>	800	[N/mm <sup>2</sup> ]			P	3,4	[kW]		
v	3	/			η <sub>M</sub>	0,8	/		
b	12	[mm]			BEÁLLÍTÁSOK				
h	20	[mm]			n,		[ford./perc]		
l <sub>n</sub>	40	[mm]			nk	1.6. táb.	[k.l./perc]		
V <sub>60</sub>	150	[m/perc]			f	1.7. táb.	[mm/ford]		
r	1,5	[mm]			V <sub>f</sub>		[mm/perc]		
E	2,1 x 10exp5	[N/mm <sup>2</sup> ]			K	1,3			

A végleges felületi érdesség alapján, csak nagyoló gyalulást kel végezni.

SZÁMÍTÁSI SORREND		
1	FOGASMÉLYSÉG MEGHATÁROZÁSA	<b>a</b>
2	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS	<b>f</b>
3	CIKLUSSZÁMSZÁMÍTÁS	<b>n<sub>kw</sub></b>
4	FŐ GÉPIDŐSZÁMÍTÁS	<b>t<sub>fg</sub></b>



	JELÖLÉ	SZÁMÍTÁSOK (NAGYOLÁS)	ÉRTÉK	EGY.
ELŐTOLÁS	<b>f''</b>	$(2.19. \text{ képlet}) \Rightarrow f'' \leq \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_a = 25 \Rightarrow R_z = 0,1 \text{ [mm]}$ $\Downarrow$ $f'' \leq \sqrt{8 \cdot 1,5 \cdot 0,1} = 1,1$	1,1	
	<b>f</b>	$(1.77. \text{ táblázat}) \Rightarrow f \Rightarrow GÉP$ $(1.7.. \text{ táblázat}) \Rightarrow f = 1$	1	
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a'</b>	$(2.17. \text{ képlet}) \Rightarrow f' \leq \sqrt[3]{\frac{R_m}{c_0 \cdot C_K \cdot a^{y_1} \cdot v}}$ $\Downarrow$ $a' \leq \sqrt[3]{\frac{R_m}{c_0 \cdot C_K \cdot f'^{y_1} \cdot v}}$ $(2.11. \text{ képlet}) \Rightarrow c_0 = \frac{6 \cdot g + 1,2 \cdot e \cdot g - 0,8}{b^2 \cdot e}$ $g = \frac{l_n}{h} = \frac{40}{20} = 2$ $e = \frac{h}{b} = \frac{20}{12} = 1,7$ $c_0 = \frac{6 \cdot 2 + 1,2 \cdot 1,7 \cdot 2 - 0,8}{12^2 \cdot 1,7} \approx 0,06$ $(1.10. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_K = 400$ $x_1 = 1$ $y_1 = 0,8$ $\Downarrow$ $a' \leq \sqrt[0,8]{\frac{800}{0,06 \cdot 400 \cdot 1^1 \cdot 3}} = 20,3$	20,3	mm
	<b>a</b>	$(2.52. \text{ képlet}) \Rightarrow a = \delta$ $(2.2. \text{ táblázat}) \Rightarrow \delta = 4$ $\Downarrow$ $a = 4$	4	
KETTŐSLÓKETEK SZÁMA	<b>n<sub>ksz</sub></b>	$(2.58. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{ksz} \leq \frac{1000 \cdot K \cdot V_c}{L \cdot (K+1)}$ $(1.20. \text{ táblázat}) \Rightarrow k = -2,5$ $(2.7. \text{ képlet}) \Rightarrow V_c = 0,6 \cdot V_{60,gyúrta} \cdot \left(\frac{60}{T}\right)^{\left(\frac{1}{k}\right)}$ $\Downarrow$ $V_c = 0,6 \cdot 250 \cdot \left(\frac{60}{240}\right)^{\left(\frac{1}{-2,5}\right)} = 86,2$ $\Downarrow$ $n_{ksz} \leq \frac{1000 \cdot 1,3 \cdot 86,2}{160 \cdot (1,3+1)} = 304,5$	304,5	kl/perc
	<b>n<sub>kg</sub></b>	$(2.60. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{kg} = n_{kg} = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_M \cdot K}{C_K \cdot a^{x_1} \cdot f^{y_1} \cdot L \cdot (K+1)}$ $\Downarrow$ $n_{kg} = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot 3,4 \cdot 0,8 \cdot 1,3}{400 \cdot 4^1 \cdot 1^{0,8} \cdot 160 \cdot (1,4+1)} = 345,3$	345,3	
	<b>n<sub>k</sub></b>	$(2.61. \text{ képlet}) \Rightarrow n_k = \min(n_{ksz}, n_{kg}) \Rightarrow GÉP$ $(1.6.. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 280$	280	
FŐ GÉPIDŐ	<b>t<sub>fg</sub></b>	$(2.62. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = i \cdot \frac{B}{n_k \cdot f}$ $(2.63. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{RÉTEG}{a} = \frac{35-30}{4} = 1,25 \Rightarrow i = 2$ $\Downarrow$ $t_{fg} = 2 \cdot \frac{110}{280 \cdot 1} = 0,8$	0,8	perc

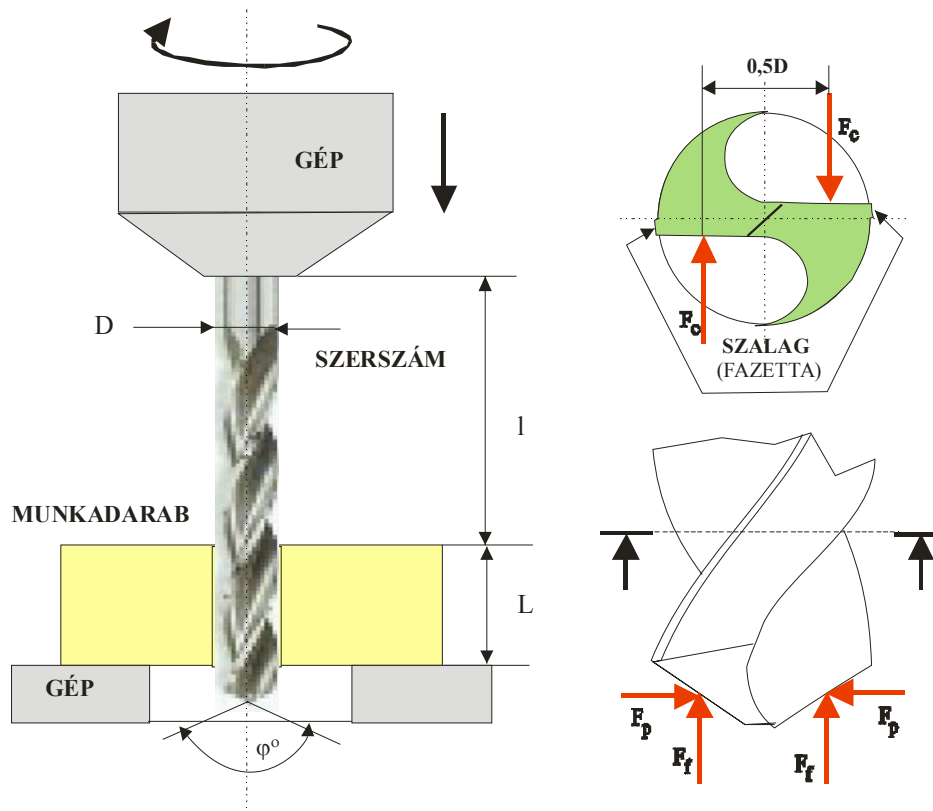
○ **KÉRDÉSEK**

- Mi a gyalulás technológiai alapja?
- Mely táblázati adatokat kell használni a technológiai adatok meghatározásakor?
- Mi a kettőslöket?
- Milyen sebességeket alkalmaznak a gyalulási folyamat során?
- Melyek a fő gépidő összetevői?

## 2.3. FÚRÁS

A fúrásforgácsolási eljárást, egy belső, két dolgozórésszel felszerelt szerszámmal történő esztergálásnak lehet tekinteni. A különbség a fúrószerszám mértani (dolgozóréssz szögek) jellemzőiből adódik.

### 2.3.1. MUNKATÉR



2.10. ábra

Az fúrási folyamat technológiai adatai a következők:

**a** [mm].....fogásmélység.

**f** mm/ford.) .....fordulatkénti előtolás.

**n** [ford./perc]....fordulatszám.

Az esztergálási munkatér mértani adatai a következők:

**D<sub>0</sub>** [mm].....megmunkálás-előtti átmérő.

**D<sub>1</sub>** [mm].....megmunkálást követő átmérő.

**l** [mm].....szerszámszár (szabad) hossz.

**φ<sup>o</sup>** .....szerszám csúcsszög.

**l** [mm] .....munkadarab hossz.

### • CSÚCSSZÖG

A fúrószerszám csúcsszögének egyes munkadarabtól függő értékeit a következő (4.1.) táblázat tartalmazza:

2.11. táblázat

MUNKADARAB	R <sub>m</sub> [ N/mm <sup>2</sup> ]	HB	φ <sup>o</sup>
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	450		116
	550		116
	650		118
	750		120
ÖTVÖZÖTT ACÉL	650		120
	750		120
	850		125
ÖNTÖTVAS		170	125
		190	125
		210	125
BRONZ		100-140	135
ALUM. ÖTV.			140

### 2.3.2. GÉPEK

- ASZTALI ÉS OSZLOP FÚRÓGÉP

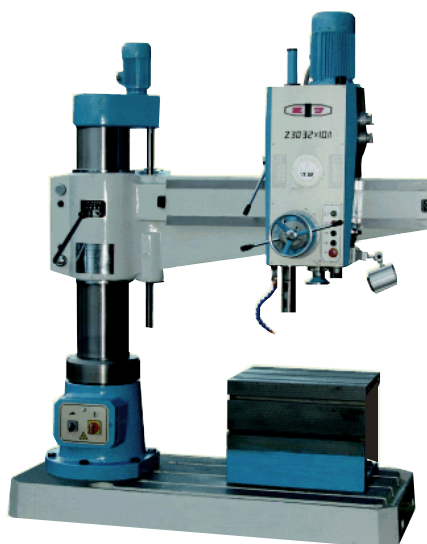


*[MAC PROMAC 210A]*



*[F.MOSEER XC40HY]*

- KONZOL FÚRÓGÉP ÉS FÚRÓKÖZPONT



*[F.MOSER Z3032 x 10/1]*



*[KNUTH CNC DRILL PRESS B090]*

2.11. ábrák

### 2.3.3. SZERSZÁMOK



2.12. ábra

### 2.3.4. RÁHAGYÁSOK

$$a = \frac{\delta}{2}$$

(2.68.)

A ráhagyások megegyeznek a fogásmélységgel (nem lehet több fogással fúrni egy fúróval)

A következő adatok (2.12. táblázat), hagyományos csigafúrókra érvényes ráhagyásokat tartalmaz:

2.12. táblázat

NYÍLÁS ÁTMÉRŐ	$\delta_1$ NAGYOLÓ	$\delta_2$ SÍMITÓ	$\delta_3$ DÖRZS
6	*DIREKT	*0,15	0,03
6÷10	* DIREKT	*0,15	0,04
10÷15	1,5	0,15	0,04
15÷18	1,7	0,15	0,04
18÷30	2,4	0,2	0,05
30÷50	3	0,25	0,06
50÷80	4	0,3	0,08
80÷100	*	0,35	0,09

### 2.3.5. SEBESSÉGEK

Fúrásnál a FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK-et leginkább a szerszámgyártó javasolja, de ha ilyen adatokkal nem rendelkezünk, empirikus megoldásokhoz kel folyamodni.

Empirikus, megközelítő módszer:

$$V_c \approx \frac{C_v \cdot D^{x_0} \cdot \mu_0}{T^m \cdot f^{y_0}} \quad (2.69.)$$

A (2.69.) képletben használandó koefficienseket a (2.13. és 2.14.) táblázatokból kel meghatározni.

2.13. táblázat

MUNKADARAB	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	HB	$C_v$	$x_0$	$y_0$	$m$
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	450		11,1	0,4	0,5	0,2
	550		9,3	0,4	0,5	0,2
	650		8	0,4	0,5	0,2
	750		7,1	0,4	0,5	0,2
ÖTVÖZÖTT ACÉL	650		6,3	0,4	0,5	0,2
	750		5,6	0,4	0,5	0,2
	850		5	0,4	0,5	0,2
	950		4,5	0,4	0,5	0,2
ÖNTÖTVAS		170	14,4	0,25	0,4	0,125
		190	12,2	0,25	0,4	0,125
		210	10,5	0,25	0,4	0,125
BRONZ		100-140	23,4	0,25	0,55	0,125
ALUMINIUM	300		48,6	0,25	0,55	0,12

2.14. táblázat

$l/D$ l-fűrő aktív hossza D -átmérő	$\mu_0$
2,5	1
3÷ 4	0,9-0,8
4÷ 5	0,8-0,7
5÷ 6	0,7-0,65
6÷ 8	0,65-0,6
8 ÷10	0,6-0,5

### 2.3.6. FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSSZÁMITÁS

A fordulatszámok számítását, tapasztalati (táblázati) adatok alapján, vagy a fűrőszerszám teherbírási kritérium szerint lehetséges.

#### 2.3.6.1. ELŐTOLÁS MEGHATÁROZÁS, TAPASZTALATI ADATOK SZERINT:

A (2.15.) táblázati adatok hagyományos csigafűrőkre vonatkozó ( $f'$ ) előtolásokra vonatkoznak.

$$f'$$

(2.70.)



2.15. táblázat

ANYAG	R <sub>m</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ATMÉRŐ	SEBESSÉG V <sub>c</sub> [m/min]	ELŐTOLÁS f [mm/ford.]
ACÉL	500 ig	1÷10	25÷35	0,05÷0,18
	500 ig	10÷25	35÷45	0,18÷0,25
	500÷700	1÷10	25÷30	0,05÷0,18
	500÷700	10÷25	24÷40	0,18÷0,25
	800÷900	1÷10	15÷28	0,03÷0,12
	800÷900	10÷25	15÷28	0,12÷0,25
ÖNTÖTTVAS	200 ig	1÷10	20÷35	0,025÷0,27
	200 ig	10÷25	20÷35	0,27÷0,45
	200 ÷....	1÷10	15÷25	0,01÷0,17
	200 ÷....	10÷25	15÷25	0,17÷0,3

### 2.3.6.2. ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A SZERSZÁM TEHERBÍRÁSA SZERINT:

A fúroszerszámot terhelő torziós nyomaték (empirikus megközelítés)

$$M_t = C_m \cdot D^X \cdot f^Y \text{ [N mm]} \quad (2.71.)$$

A fúroszerszámot terhelő axiális erő (empirikus megközelítés)

$$F_f = C_F \cdot D^{X_1} \cdot f^{Y_1} \text{ [N]} \quad (2.72.)$$

A (2.71. és 2.72.) képletekben használt koeficienssek és kitevők értékei, a (2.16.) táblázatban vannak összefoglalva.

2.16. táblázat

MUNKADARAB	R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	HB	C <sub>m</sub>	C <sub>F</sub>	X	X <sub>1</sub>	Y	Y <sub>1</sub>
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	450		240	570	2	1	0,8	0,9
	550		275	660				
	650		310	760				
	750		345	840				
ÖTVÖZÖTT ACÉL	650		345	840	1,9	1	0,8	0,8
	750		380	940				
	850		420	1030				
ÖNTÖTTVAS		170	215	580	1,9	1	0,8	0,8
		190	235	625				
		210	250	665				
BRONZ, Al		100-140	122	315	1,6	1	0,7	0,7

A fűrészszerzámban működő csavaró igénybevétel által létrejött tangenciális feszültség, nem szabad, hogy meghaladja a megengedett nyíró feszültség értékét ( $R_m$  – szakítószilárdság,  $\eta$ ) biztonsági tényező):

$$\tau = \frac{M_t}{W_0} \leq \frac{R_m}{\nu \cdot 1,4} \quad (2.73.)$$

A (2.73.) egyenletbe, behelyettesítjük a torziós nyomaték értékét (2.71.), és a keresztmetszet tényező megközelítő ( $W_0 \approx \frac{D^3}{30}$ ) képletét:

$$\frac{C_m \cdot D^X \cdot f^{ny}}{\frac{D^3}{30}} \leq \frac{R_m}{\nu \cdot 1,4} \quad (2.74.)$$

Majd kifejezzük az ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁSÁra vonatkozó (2.75.) képletet:

$$f'' \leq \sqrt[ny]{\frac{R_m \cdot D^{3-X}}{\nu \cdot 42 \cdot C_m}} \quad (2.75.)$$

### 2.3.6.3. MÉRVADÓ FORDULATKÉNTI ELŐTOLÁSOK

A kiszámított értékek közül, a kisebb a mérvadó. A mérvadó érték meghatározást követően, a (1.7.) táblázatból ki kell választani a legközelebbi kisebb szabványos előtolást, (vagy a rendelkezésre álló gépen található – beállítható kisebb előtolást).

$$f = \min(f', f'') \Rightarrow GÉP \quad (2.76.)$$

### 2.3.7. FORDULATSZÁMSZÁMÍTÁ

A fordulatszámokat a következő két kritérium szerint lehet számolni:

- A használt szerszám sebességbírása szerint.
- Az alkalmazott gép teherbírása szerint.

#### 2.3.7.1. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBIRÁSA SZERINT

A szerszám sebességbírását, a szerszámgyártó adataiból, vagy a (2.69.) rendelkezésre álló megközelítő módszerek alapján határozzuk meg, így például :

$$V_c \approx \frac{C_v \cdot D^{X_0} \cdot \mu_0}{T^m \cdot f^{y_0}} \geq \frac{D \cdot \pi \cdot n_{sz}}{1000} \quad (2.77.)$$

A (2.77.) egyenletből, az alkalmazott szerszám sebességbírása és a meghatározott élettartamnak megfelelő, ( $n_{sz}$ ) fordulatszámra vonatkozó képletet kapjuk:

$$n_{sz} \leq \frac{320 \cdot C_v \cdot \mu_0}{T^m \cdot f^{y_0} \cdot D^{(1-X_0)}} \quad (2.78.)$$

### 2.3.7.2. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELJESÍTÉSE SZERINT

A gép kihasználható teljesítménye, a motor névleges teljesítménye és a kihasználási tényező szorzata: ( $P \cdot \eta_m$ ):

Használva a (2.71.) és a szögsebesség képleteket (ügyelve a mértékegységekre:

$$P \cdot \eta_m \geq M_t \cdot \omega = \left[ (C_m \cdot D^X \cdot f^Y) \cdot \frac{1}{1000} (2\pi \cdot n_g) \cdot \frac{1}{60} \right] \cdot \frac{1}{1000} \quad [\text{kW}] \quad (2.79.)$$

A (2.79.) egyenletből, az alkalmazott gép, ( $n_g$ ) fordulatszámra vonatkozó képletet kapjuk:

$$n_g \leq \frac{3 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_m}{\pi \cdot C_m \cdot D^X \cdot f^Y} \quad (2.80.)$$

### 2.3.7.3. MÉRVADÓ FORDULATSZÁM

A kiszámított értékek közül, a kisebb a mérvadó. A mérvadó érték meghatározást követően, a (1.6.) táblázatból ki kell választani a legközelebbi kisebb szabványos fordulatszámot, (vagy a rendelkezésre álló gépen található – beállítható kisebb értéket).

$$n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP \quad (2.81.)$$

### 2.3.8. FŐ GÉPIDŐ

A furat hosszát (furatmélysége), korrigálni kell egy bizonyos értékkel (pl. 5 mm), mivel a fűrőt nem lehet közvetlenül a felületről indítani. Eszerint a képletben szereplő megmunkáló hossz: ( $L_{brutto} = L_{netto} + 5$ )

$$t_{fg} = \frac{L_{brutto}}{f \cdot n} \quad (2.82.)$$

### 2.3.9. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY

A (2.79.) képletből kiindulva:

$$P = \frac{\pi \cdot n \cdot C_m \cdot D^x \cdot f^y}{\eta_m \cdot 3 \cdot 10^7} \quad [kW] \quad (2.83.)$$

### 2.3.10. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG

Alapul a már meghatározott (2.50.) képletet kel használni, hiszen a furás, két szerszámmal végzet, esztergálásnak felel meg.

$$Q = f \cdot a \cdot V_c \cdot q = \frac{f}{100} \cdot \frac{a}{100} \cdot \frac{D \cdot \pi \cdot n}{100} \cdot q \quad q \left[ \frac{kg}{dm^3} \right] \quad (2.84.)$$

↓

$$Q = \frac{f \cdot a \cdot D \cdot \pi \cdot n}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{kg}{min} \right] \quad (2.85.)$$

#### 2.3.10.1. PÉLDA

Elkel végezni a forgácsolási eljárást, melye biztosítja a műhelyrajzon feltüntetett méretet és a felületi érdességet.

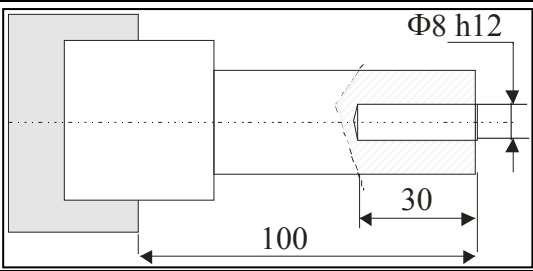
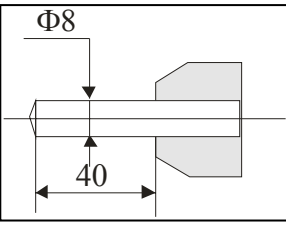
- A munkadarab anyaga: *Öntöttvas GGG-400* ,  $R_m=400 \text{ [N/mm}^2]$  ,  $HB=200$ .
- Az alkalmazott szerszám dolgozórésze: *Gyorsacél* ,  $R_m=1500 \text{ [N/mm}^2]$   $v=4$
- A forgácsolási sebesség javasolt (2.15. táblázat)  $V_c=25 \text{ [m/min]}$ .
- A szerszám rész elvart élettartama:  $T=120 \text{ perc.}$

A számítási sorrendet a következő: (4.3.3.):

SZÁMÍTÁSI SORREND		
1	FOGASMÉLYSÉG MEGHATÁROZÁSA	<b>a</b>
2	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS	<b>f</b>
3	CIKLUSSZÁMSZÁMÍTÁS	<b>n<sub>kw</sub></b>
4	FŐ GÉPIDŐSZÁMÍTÁS	<b>t<sub>fg</sub></b>

### ▪ FELADAT MEGOLDÁS (TECHNOLÓGIAI ADATOK SZÁMÍTÁSA)

Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok, a következő ábratáblázatban vannak összefoglalva.

MUNKADARAB									
ADATOK			BEFOGÁSI TERV						
R <sub>m</sub>	400	[N/mm <sup>2</sup> ]							
v	2	/							
E	2,1 x 10exp5	[N/mm <sup>2</sup> ]							
l	30	[mm]							
D	8	[mm]							
R <sub>a</sub>	12,5	[μm]							
T <sub>d</sub>	0,09	[mm]							
HB	200								
SZERSZÁM					GÉP				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV		ADATOK				
R <sub>m</sub>	1500	[N/mm <sup>2</sup> ]			P	2,2	[kW]		
v	4	/			η <sub>M</sub>	0,9	/		
Φ	8	[mm]			BEÁLLÍTÁSOK				
l	40	[mm]			n,	1.6. táb.	[ford./perc]		
					nk		[k.l./perc]		
V <sub>c</sub>	25	[m/perc]			f	1.7. táb.	[mm/ford]		
					V <sub>f</sub>		[mm/perc]		

	JELÖLÉS	SZÁMÍTÁSOK (NAGYOLÁS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$(2.12. \text{ táblázat}) \Rightarrow a = \frac{\delta}{2} = \frac{\delta_1}{2}$ $(2.68. \text{ képlet}) \Rightarrow a = \delta_1 = \frac{D}{2}$ $\Downarrow$ $a = \frac{8}{2} = 4$	<b>4</b>	mm
ELŐTOLÁS	<b>f'</b>	$(2.15. \text{ táblázat}) \Rightarrow f' = 0,01 \div 0,17 \approx 0,1$	0,66	mm/ford
	<b>f''</b>	$(2.75. \text{ képlet}) \Rightarrow f'' \leq \sqrt{\frac{R_m \cdot D^{3-X}}{v \cdot 42 \cdot C_m}}$ $(2.15. \text{ táblázat}) \Rightarrow x = 1,9$ $y = 0,8$ $C_m = 245$ $\Downarrow$ $f'' \leq \sqrt{\frac{1500 \cdot 8^{(3-1,9)}}{4 \cdot 42 \cdot 245}} = 0,35$	0,35	
	<b>f</b>	$(2.76. \text{ képlet}) \Rightarrow f = \min(f', f'') \Rightarrow GÉP$ $(1.7. \text{ táblázat}) \Rightarrow f = 0,1$	<b>0,1</b>	
FORDULATSZÁM	<b>nsz</b>	$(2.78. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{sz} \leq \frac{320 \cdot C_v \cdot \mu_0}{T^m \cdot f^{y_0} \cdot D^{(1-X_0)}}$ $(2.13. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_v = 11,35$ $m = 0,125$ $x_0 = 0,25$ $y_0 = 0,4$ $(2.13. \text{ táblázat}) \Rightarrow \frac{l}{D} = \frac{40}{8} \Rightarrow \mu_0 = 0,7$ $\Downarrow$ $n_{sz} \leq \frac{320 \cdot 11,35 \cdot 0,7}{120^{0,125} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 8^{(1-0,25)}} = 743$ <p><i>Javasolt forgácsolási sebesség alapján</i></p> $n_{sz} \leq \frac{1000 \cdot V_c}{D \cdot \pi} = \frac{1000 \cdot 25}{8 \cdot \pi} = 995$	743	ford/perc
	<b>ng</b>	$(2.80. \text{ képlet}) \Rightarrow n_g \leq \frac{3 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_m}{\pi \cdot C_m \cdot D^x \cdot f^y}$ $(2.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_m = 245$ $x = 1,9$ $y = 0,8$ $\Downarrow$ $n_g \leq \frac{3 \cdot 10^7 \cdot 2,2 \cdot 0,9}{\pi \cdot 245 \cdot 8^{1,9} \cdot 0,1^{0,8}} = 7424$	7434	
	<b>n</b>	$(2.81. \text{ képlet}) \Rightarrow n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP$ $(1.6. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 710$	<b>710</b>	
FŐ GÉPIDŐ	<b>tfg</b>	$(2.82. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = \frac{L_{brutto}}{f \cdot n} = \frac{45}{0,1 \cdot 710} = 0,63$	<b>0,63</b>	perc

### ○ KÉRDÉSEK

- Mit lehet tekinteni a furás forgácsolási eljárás alapjának?
- Miszerint lehet felosztani a fűrőgép típusokat?
- Miszerint lehet számolni az alkalmazott előtolásokat?
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a szerszám teherbírása szerint.
- Miszerint lehet számolni az alkalmazott fordulatszámokat?
- Fordulatszámítás a szerszám sebességbírása szerint.
- Fordulatszámítás a gép teljesítménye szerint

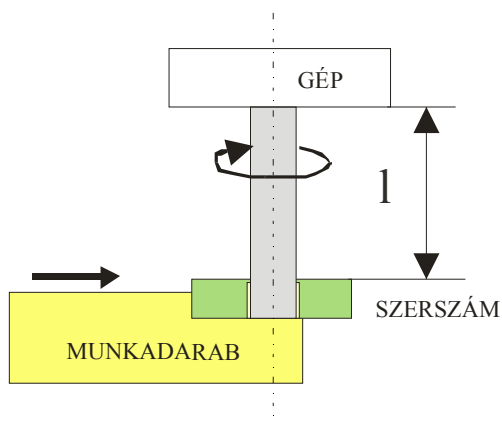
## 2.4. MARÁS

### 2.4.1. MUNKATÉR

A szerszám befogás kétféleképpen lehetséges:

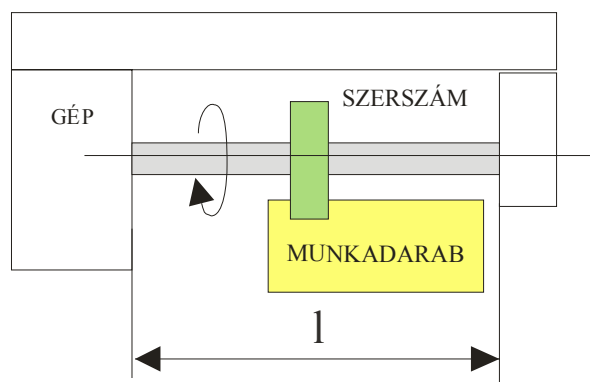
- A szerszámtengely merőleges a munkadarab megmunkált felületére (*HOMLOKMARÁS*).
- A szerszámtengely párhuzamos a munkadarab megmunkált felületére (*PALÁSTMARÁS*).

#### HOMLOKMARÁS



2.13. ábra

#### PALÁSTMARÁS



2.14. ábra

A marásifolyamat technológiai adatai a következők:

$a$  [mm].....fogásmélység.

$f_1$  [ mm/fog.] .....fogankénti előtolás.

$V_f$  [ mm/min ] .....előtolási sebesség

$n$  [ ford./perc ]....fordulatszám.

A marási munkatér mértani adatai a következők:

$D$  [mm].....szerszámtérő.

$L$  [mm].....munkadarab hossz.



**a** [mm].....fogásmélység

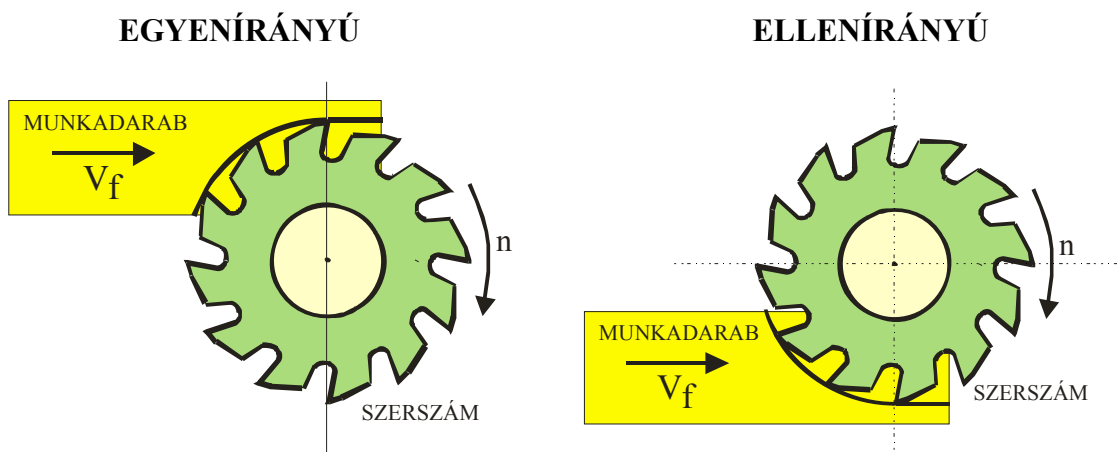
**b** [mm].....megmunkáló szélesség.

**z**.....fogsza

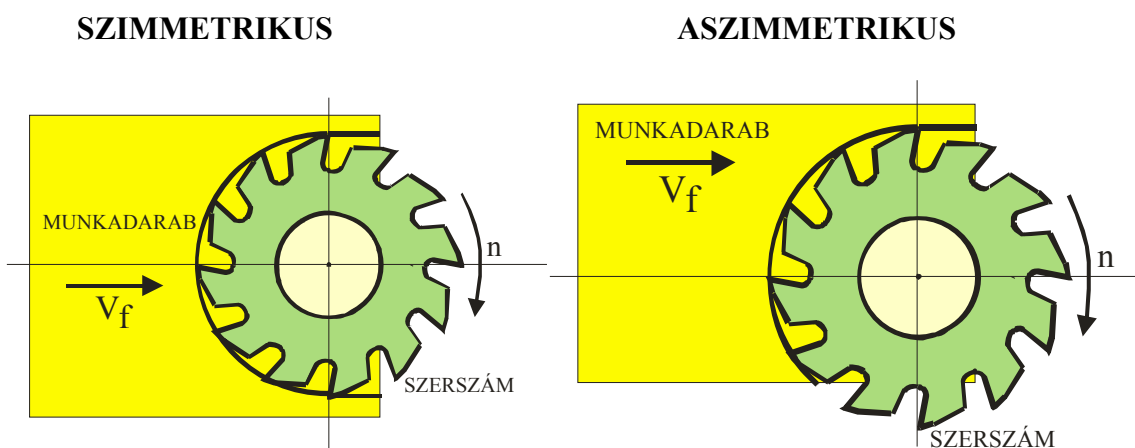
$\epsilon^0$  .....a szerszám dolgozórésszének emelkedése.

A szerszám és a munkadarab között a relatív mozgás az érintkezési pontokban működő abszolút sebességek szerint lehet felosztani:

- Ha a munkadarab és a szerszám peremsebességei irányításban megegyeznek, akkor az ilyen eljárást *EGYENÍRÁNYÚ* marásnak nevezik.
- Ha a munkadarab és a szerszám peremsebességei irányításban ellenkezők, akkor az ilyen eljárást *ELLENÍRÁNYÚ* marásnak nevezik.



A szerszám és a munkadarab közötti fedés szerint szimmetrikus és aszimmetrikus marást lehet különböztetni.



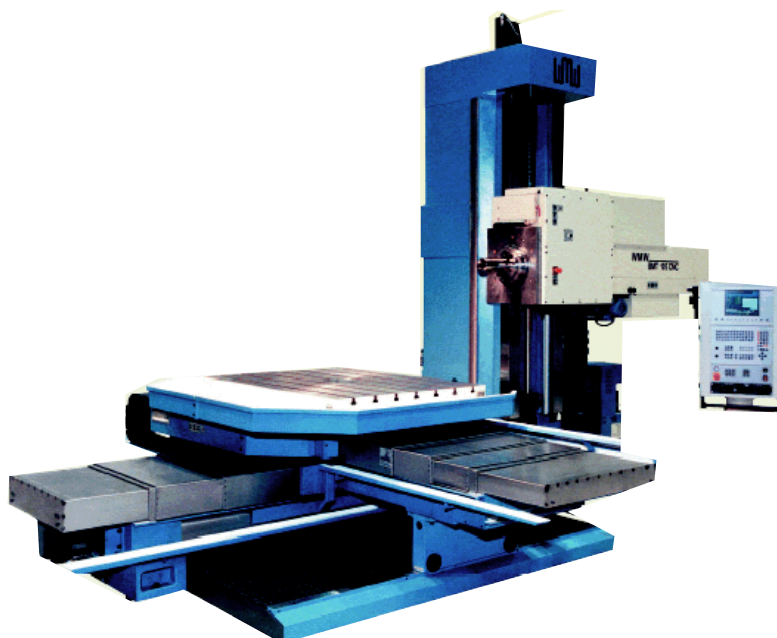
2.15. ábra

**2.4.2. GÉPEK**

EGYETES SZERSZÁMMARÓGÉP  
[*FERNOST-F.MOSER ZX 6350 C*]



CNC MARÓGÉP  
[*KNUTH-TST UWF 12 CNC*]

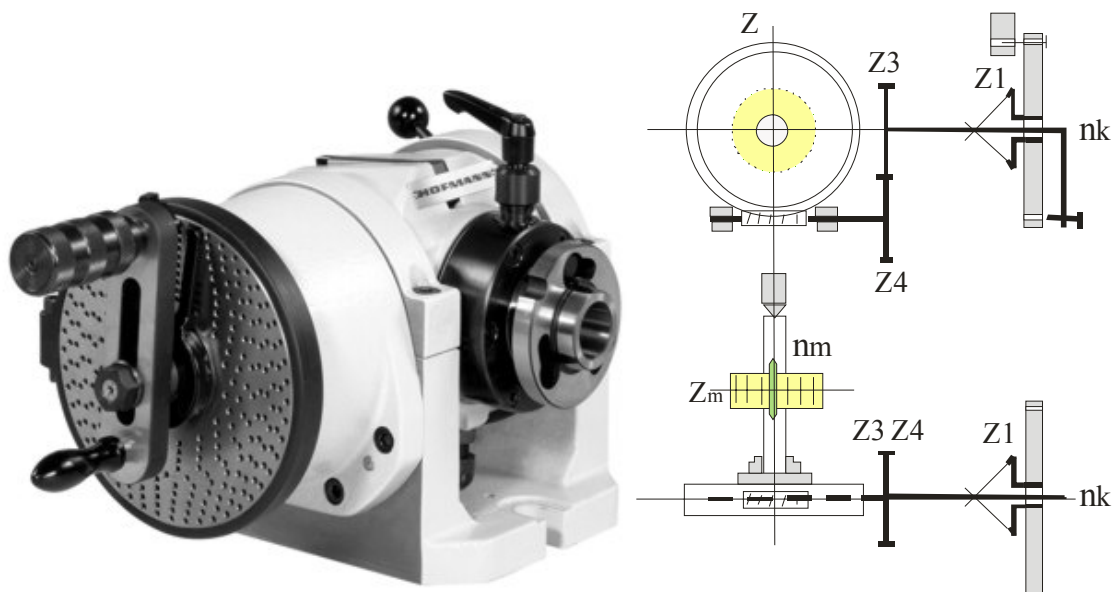


CNC FURÓ-MARÓGÉP  
[*WMW BMT 105 CNC*]

2.16. ábrák

### 2.4.2.1. OSZTÓFEJEK

#### ▪ EGYETEMÉS OSZTÓFEJ



[HOFMAN hth-tit]

2.17. ábra

#### ÉRTELMEZÉSEK:

$n_k$  .....hajtókar fordulatszám

$n_m$  .....munkadarab fordulatszám

$n_L$  .....lyukkoszorús tárcsa elosztása (gyártótól függ- 16 ÷49....)

$Z$  .....csigakerék fogazatszáma

$Z_m$  .....munkadarab felosztás száma

$Z1 ÷ Z8$  .....fogaskereker fogazásának száma.

A munkadarab fordulatszáma:

$$n_m = \frac{1}{Z_m}$$

(2.86.)

A meghajtó kar és a munkadarab fordulatszámarány:

$$n_k \cdot Z3 = n_m \cdot Z \cdot 1 \cdot Z4 \quad Z = 40, 60, 80$$

$$n_k = \left( \frac{Z_4}{Z_3} \right) \cdot \frac{Z}{Z_m} \quad (2.87.)$$

### ▪ DIFERENCIÁL OSZTÓFEJ

Ha az osztások száma,  $Z_m = (17, 37, 127, \dots)$  - oszthatók csak eggyel, vagy sajátmagúkkal, akkor az egyetemes osztófejjel nem lehet egészszámú ( $n_k = \left( \frac{Z_4}{Z_3} \right) \cdot \frac{Z}{Z_m}$ ) karfordulatszámot kapni. Ilyen esetekben kell használni a differenciális osztófejeket.

Értelmezések:

$Z_m$  ..... munkadarab felosztásszám

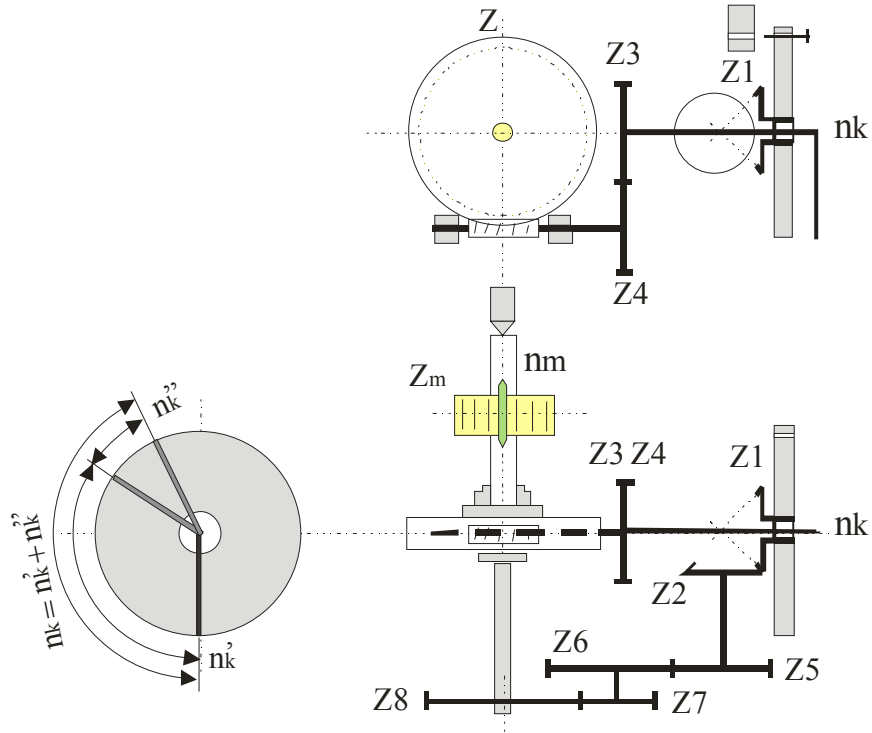
$Z'_m$  ..... a munkadarab ( $Z_m$ ) felosztásához számított legközelebbi osztás mely megvalósítható egyetemes osztófejjel.

$n'_k$  ..... a ( $Z'_m$ ) osztásnak megfelelő hajtókar fordulatszám

$n''_k$  ..... A ( $Z_m - Z'_m$ ) differenciának megfelelő hajtókar fordulatszám



**[HOFMAN DIFERENCIAL Luth]**



2.18. ábra

A hajtókar összetett fordulatszáma:

$$n_k = n'_k + n''_k \quad (2.88.)$$

A direkt hajtókar fordulatszám (2.87.) képlet szerint:

$$n'_k = \left( \frac{Z_4}{Z_3} \right) \cdot \frac{Z}{Z'_m} \quad (2.89.)$$

A differenciál hajtókar fordulatszám (2.18.) ábra szerint:

$$n''_k = n_m \cdot \frac{Z_8}{Z_7} \cdot \frac{Z_6}{Z_5} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1}{Z'_m} \cdot K \quad (2.90.)$$

Behelyettesítjük a (2.89. és 2.90.) egyenleteket a (2.88.) egyenletbe:

$$n_k = \left( \frac{Z_4}{Z_3} \right) \cdot \frac{Z}{Z'_m} + \frac{1}{Z'_m} \cdot K = \left( \frac{Z_4}{Z_3} \right) \cdot \frac{Z}{Z'_m} \quad (2.91.)$$

Az előző (2.91.) képletből, meghatározható a fogaskerek áttétele, illetve a fogaskerek fogszáma:

$$K = Z \cdot \frac{(Z'_m - Z_m)}{Z'_m} = \left( \frac{Z2}{Z1} \cdot \frac{Z3}{Z4} \right) \cdot \frac{Z8}{Z7} \cdot \frac{Z6}{Z5} \quad (2.92.)$$

A keretben lévő arány legtöbb kivitelezés esetén (1) - egy. Ebben az esetben:

$$Z \cdot \frac{(Z'_m - Z_m)}{Z'_m} = \frac{Z8}{Z7} \cdot \frac{Z6}{Z5} \quad (2.93.)$$

#### ▪ NC OSZTÓFEJEK

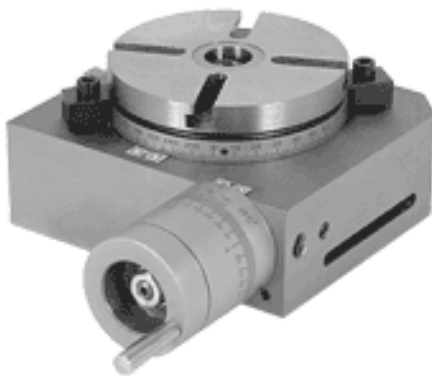


*[TANI 80]*



*[HOFMAN RS/NC-160/160Z]*

#### ▪ EGYÉB OSZTÓFEJEK (PRECIZIÓS, HIDRAULIKUS, PNEUMATIKUS)



*[ROTVÉRK]*



*[HR-DIVITEC CAD 470]*

2.19. ábra

### 2.4.3. SZERSZÁMOK



2.20. ábra

## 2.4.4. FOGÁSMÉLYSÉGEK

A fogásmélységek megegyeznek a (2.17.) táblázatban található ráhagyás értékeivel:

$$a = \delta$$

(2.94.)

2.17. táblázat

MUNKADARA B VASTAGSÁG	SZÉLESÉG < 200					SZÉLESÉG > 200				
	HOSSZ									
	100 ig	100÷250	250÷400	400÷630	630÷1000	100 ig	100÷250	250÷400	400÷600	630÷1000
δ <sub>1</sub> nagyolás										
18	1,9	2,4	*	*	*	2,2	2,7	*	*	*
18 - 30	1,9	2,5	3,0	*	*	2,2	2,7	3,2	*	*
30 - 50	2,0	2,5	3,1	3,9	*	2,2	2,8	3,3	4,1	*
>50	2,1	2,6	3,2	4,0	5,3	2,4	2,9	3,4	4,2	5,6
δ <sub>2</sub> simítás										
18	1,0	1,1	*	*	*	1,2	1,3	*	*	*
18 - 30	1,0	1,1	1,2	*	*	1,2	1,3	1,4	*	*
30 - 50	1,1	1,2	1,3	1,4	*	1,3	1,4	1,5	1,6	*
>50	1,1	1,2	1,3	1,4	1,8	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9
δ <sub>3</sub> köszörülés										
18	0,3	0,4	*	*	*	0,3	0,4	*	*	*
18 - 30	0,3	0,4	0,4	*	*	0,4	0,4	0,5	*	*
30 - 50	0,4	0,4	0,5	0,6	*	0,4	0,4	0,5	0,6	*
>50	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8

## 2.4.5. SEBESSÉGEK

Az alkalmazott forgácsolási sebességeket két módszerrel határozzuk meg:

- Empirikus módszerrel.
- Tájékoztató jellegű táblázati adatok szerint

### 2.4.5.1. EMPIRIKUS MODSZER

$$V_C \approx \frac{C_V \cdot D^i}{T^m \cdot a^X \cdot b^q \cdot z^u \cdot \varepsilon^w \cdot f_1^y} \quad (2.95.)$$



A koeficiensek és a megfelelő kitevők a (2.18.) táblázatban találhatók.

2.18. táblázat

MUNKADARAB	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	HB	$C_v$	m	x	y	q	u	w	i
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	450		61,5	0,3	0,27	0,3	0,1	0,1	0	0,5
	500		64	0,3	0,27	0,3	0,1	0,1	0	0,5
	600		74,5	0,3	0,27	0,3	0,1	0,1	0	0,5
	700		66	0,3	0,27	0,3	0,1	0,1	0	0,5
ÖNTÖTTVAS		150	50	0,33	0,46	0,58	0,3	0,32	0	0,72
		200	37,5	0,33	0,46	0,58	0,3	0,32	0	0,72
		230	30	0,33	0,46	0,58	0,3	0,32	0	0,72

#### 2.4.5.2. TÁBLÁZATI MÓDSZER

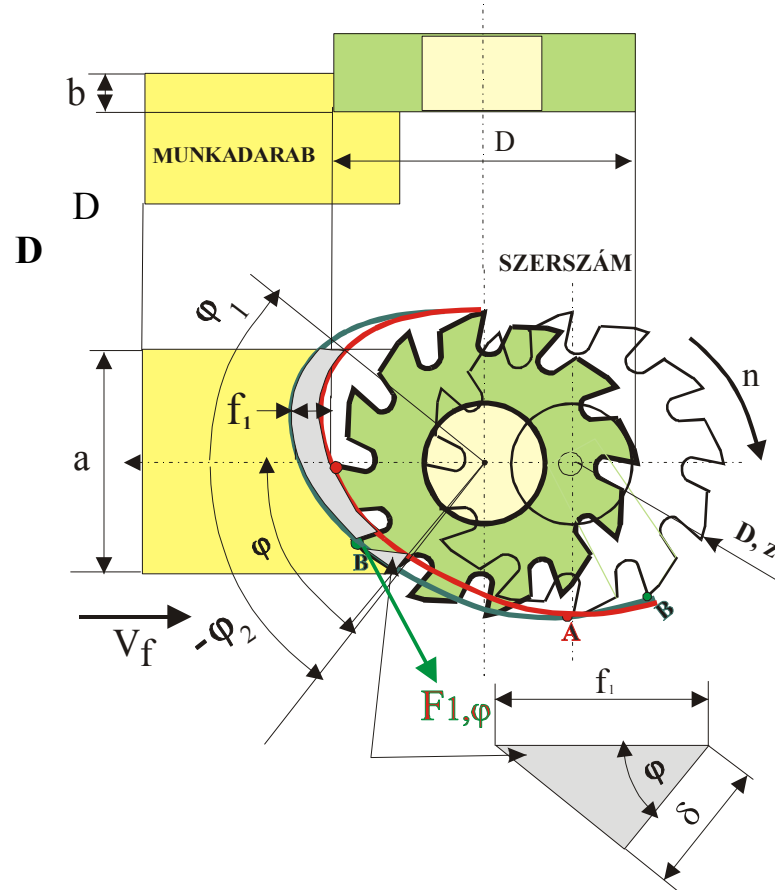
Tájékoztató jellegű táblázati adatok:

2.19. táblázat

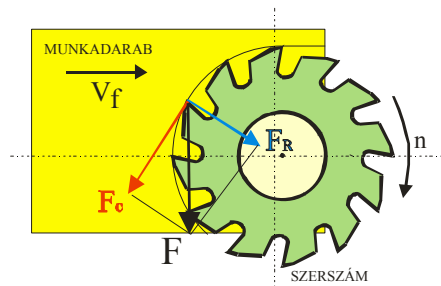
FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG (marás) $V_{C60}$						
SZERSZÁMANYAG						
MUNKADARAB	GYORSACÉL		KEMÉNYFÉM		KERÁMIA	
	NAGYOLÁS	SÍMITÁS	NAGYOLÁS	SÍMITÁS	NAGYOLÁS	SÍMITÁS
ACELOK	8÷15	12÷20	30÷80	60÷130	100÷400	200÷400
Öntöttvas	8÷15	12÷20	50÷80	80÷100	140÷560	200÷600
Cu, Cu ötvözetek	20÷25	30÷50	90÷120	120÷300	320÷500	500÷1000
Al ötvözetek	200 ig	700 ig	450 ig	700 ig	1000 ig	1500 ig

#### 2.4.6. FORGÁCSOLÓERŐK SZÁMÍTÁSA

A forgácsolóerőkre vonatkozó számításokat az általános marási modell (2.21. és 2.22.) ábra szerint szokásos elvégezni, használva a munkatérre érvényes jelöléseket.



2.21. ábra



2.22. ábra

Egy fogra esedékes fő forgácsolóerő:

$$F_{1,\varphi} = A_{\varphi} \cdot K_s = b \cdot f_1 \cdot \cos \varphi \cdot K_s = b \cdot \left( \frac{V_f}{n \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot K_s = F_{1,\varphi} \quad (2.96.)$$

Egy fogra esedékes munka:

$$W_1 = \int_{-\varphi_2}^{\varphi_1} F_{1,\varphi} \cdot \frac{D}{2} \cdot d\varphi = \int_{-\varphi_2}^{\varphi_1} b \cdot \left( \frac{V_f}{n \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot K_s \cdot \frac{D}{2} \cdot d\varphi \quad (2.97.)$$

⇓

$$W_1 = b \cdot \left( \frac{V_f}{n \cdot z} \right) \cdot \frac{D}{2} \cdot K_s \cdot \int_{-\varphi_2}^{\varphi_1} \cos \varphi \cdot d\varphi \quad (2.98.)$$

↓

$$W_1 = b \cdot \left( \frac{V_f}{n \cdot z} \right) \cdot \frac{D}{2} \cdot K_s \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \quad (2.99.)$$

A marásban résztvevő fogak másodpercenként elvégzett munka (**TELYESÍTMÉNY**):

$$P \cdot \eta_m = W_1 \cdot [\text{marásban} \quad \text{résztvevő} \quad \text{fogag} \quad \text{másodpercenként}]$$

$$P \cdot \eta_m = W_1 \cdot \frac{n \cdot z}{60} = b \cdot \left( \frac{V_f}{n \cdot z} \right) \cdot \frac{D}{2} \cdot K_s \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \cdot \frac{n \cdot z}{60} \quad \left[ \frac{N \cdot m}{\text{sec}} \right] \quad (2.100.)$$

↓

$$P = b \cdot V_f \cdot \frac{D}{2 \cdot 60} \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \cdot K_s \quad (2.101.)$$

A teljesítmény kifejezve a peremerő (forgácsolóerő) és a forgácsolóerő által:

$$P \cdot \eta_m = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \cdot 1000 \quad \left[ \frac{N \cdot m}{\text{sec}} \right] \quad (2.102.)$$

Kiegyenlítve a (2.101. és 2.102.) egyenleteket - jobb oldalait, a peremerő (forgácsolóerő) jelentkezik mint ismeretlen:

$$\frac{b \cdot V_f \cdot D \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)}{2 \cdot 60} \cdot K_s = \frac{F_c \cdot V_c}{60} \cdot 1000 \quad (2.103.)$$

Az előző egyenletből kifejezzük a forgácsolóerőt

$$F_c = \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{b \cdot D}{2000} \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \cdot K_s \quad (2.104.)$$

A fajlagos forgácsolóerőértéke CRONENBERG szerint:

$$K_s = \frac{C}{f_1^X} \quad \text{vagy} \quad K_s \approx k_c \quad (2.105.)$$

2.20. táblázat

MUNKADARAB	C	X
ACELOK	9,25 HB <sup>0,545</sup>	0,26
ÖNTÖTTVAS	1,92 HB <sup>0,76</sup>	

Egyéb anyagok esetében (analitikus számítások során), használhatók az erők meghatározásánál alkalmazott ( $k_{cl-l}$ ) legnagyobb értéke (1.8. táblázat).

#### 2.4.6.1. A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE SZIMMETRIKUS MARÁS ESETÉN

Szimmetrikus marás esetén, a befogó szögek megegyeznek, értékük ( $\frac{\pi}{2}$ )

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{2} \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{2}$$

Behelyettesítve az előző értékeket a (2.104.) egyenletbe, a szimmetrikus marás esetére vonatkozó, forgácsolóerő képlete számítható:

$$F_c = \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{b \cdot D}{1000} \cdot K_s \quad (2.106.)$$

#### 2.4.6.2. A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE ASZIMMETRIKUS MARÁS ESETÉN

Aszimmetrikus marás esetén, a forgácsolóerő képlete, megegyezik a (2.104.) alapképlettel:

$$F_c = \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{b \cdot D}{2000} \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2) \cdot K_s \quad (2.107.)$$

#### 2.4.6.3. A FORGÁCSOLÓERŐ KÉPLETE ELLENÍRÁNYÚ ÉS EGYENÍRÁNYÚ MARÁS ESETÉN

A befogószögek értéke (2.21.) ábra szerint:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 0 \\ \sin \varphi_2 &= 1 - \frac{2a}{D} \end{aligned} \quad (2.108)$$

Az előző értékeket behelyettesítjük a (2.99.) képletbe:

$$\begin{aligned} F_c &= F_{c(\varphi_1=0, \varphi_2=\frac{\pi}{2})} - F_{c(\varphi_1=0, \varphi_2)} = \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{b \cdot D}{2000} \cdot (1 - \sin \varphi_2) \cdot K_s \\ &= \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{b \cdot D}{2000} \cdot \left( 1 - \left( 1 - \frac{2a}{D} \right) \right) \cdot K_s \end{aligned} \quad (2.109.)$$

Ezt követően, ki lehet fejezni a forgácsolóerő képletét ELLENÍRÁNYÚ ÉS EGYENÍRÁNYÚ MARÁS ESETÉN

$$F_c = \frac{V_f}{V_c} \cdot \frac{a \cdot b}{1000} \cdot K_s \quad (2.110.)$$

## 2.4.7. ELŐTOLÁSSZÁMITÁS

Az alkalmazott előtolásokat két módszer szerint lehet (szokásos) meghatározni:

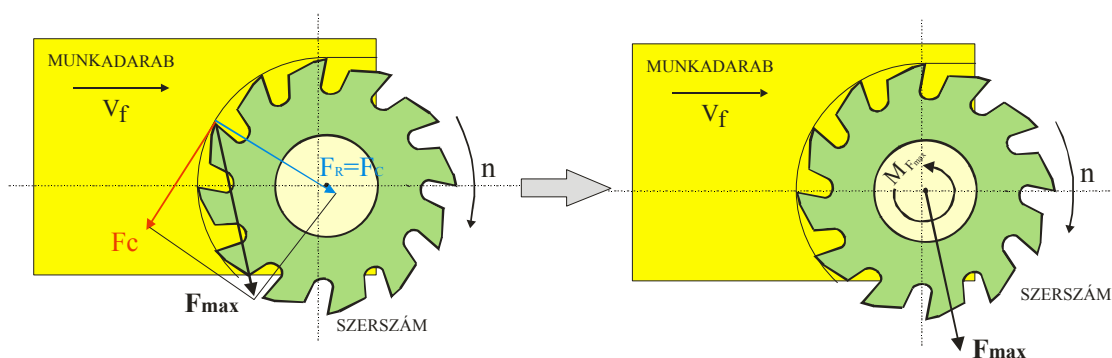
- Tájékoztató táblázati adatok
- A szerszám alakváltozása szerint.

### 2.4.7.1. TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ TÁBLÁZATI ADATOK SZERINT

2.21. táblázat

	FORGANKÉNTI ELŐTOLÁS $f_i \text{ mm/fog, } \Xi$			
	MARÓ			
	PALÁSTMARÓ, HOMLOKMARÓ D?40		HOMLOKMARÓ D?40	
MUNKADARAB	NAGYOLÁS	SÍMITÁS	NAGYOLÁS	SÍMITÁS
ACELOK	0,1÷0,2	0,05÷0,1	0,04÷0,06	0,05÷0,08
ÖNTÖTTVAS	0,1÷0,16	0,1÷0,25	0,04÷0,07	0,06÷1
Cu- ÖTVÖZETEK	0,16÷0,2	0,2÷0,3	0,0÷0,08	0,012÷0,8
Al- ÖTVÖZETEK	0,1÷0,16	0,16÷0,2	0,05÷0,08	0,012÷0,1

### 2.4.7.2. ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A SZERSZÁM SZILÁRDSÁGA SZERINT



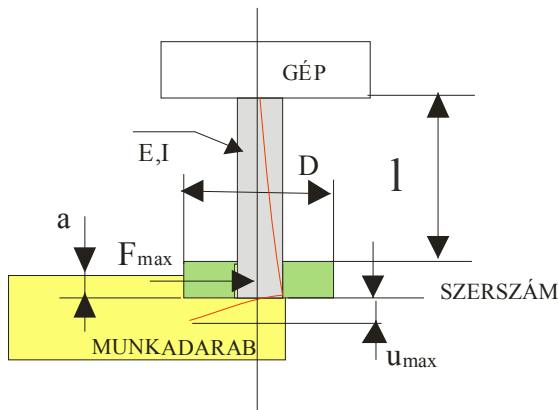
2.23. ábra

A szerszám dolgozóperemén működő erőket redukáljuk a szerszámszár tengelyére (2.23. ábra). A redukció eredményeként egy erő ( $F_{max}$ ) és egy nyomaték ( $M$ ) jön létre. Mivel hosszú rudakról van szó, mérnöki megfontolásból, elegendő a maximális erő idézte hajlító igénybevételt venni a számítás alapjaként.

A hajlító igénybevétel következménye a szerszámszár alakváltozása. A marógép munkaterének kialakítása függvényében, a szerszámszár alakváltozását külön kel számolni homlokmarás, és külön palástmarás esetében:

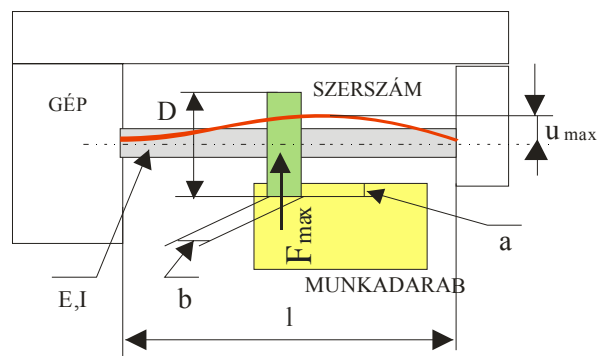
A megfelelő alakváltozások a következők:

### HOMLOKMARÁS



2.24. ábra

### PALÁSTMARÁS



2.25. ábra

$$u_{max} = \frac{F_{max} \cdot l^2 \cdot D}{4 \cdot E \cdot I} \quad (2.111.)$$

$$u_{max} = \frac{F_{max} \cdot l^3}{100 \cdot E \cdot I} \quad (2.112.)$$

A szerszámtengely legnagyobb megengedett alakváltozása nem szabad, hogy meghaladja a műhelyrajzon feltüntetett (megadott) tűréstartomány egy hatodát:

$$u_{max} \leq \frac{1}{6} \cdot T \quad (2.113.)$$

A legnagyobb redukált terhelés (abban az esetben jöhet létre, ha a radiális erő értéke eléri a perem forgácsolóerő értékét (2.22. ábra):

$$F_{max} = \sqrt{F_c^2 + F_R^2} = \sqrt{F_c^2 + F_c^2} = \sqrt{2} \cdot F_c$$

$$\boxed{F_{max} = \sqrt{2} \cdot F_c} \quad (2.114.)$$

#### • HOMLOKMARÁS ESETÉN:

A (2.111.) egyenletbe behelyettesítjük a (2.14.) értékeket, és alkalmazzuk a (2.13.) feltételt:

$$u_{\max} \leq \frac{F_{\max} \cdot l^2 \cdot D}{E \cdot I \cdot 4} = \frac{\sqrt{2} \cdot F_C \cdot l^2 \cdot D}{E \cdot I \cdot 4} = \frac{\sqrt{2} \cdot \left( \frac{f_1' \cdot n \cdot z}{\left( \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \right)} \cdot \frac{a \cdot b}{1000} \cdot K_s \cdot l^2 \cdot D}{E \cdot I \cdot 4} \leq \frac{1}{6} \cdot T$$

Az előző képletből meghatározzuk a homlokmarásra vonatkozó *FOGANKÉNTI* előtolást:

$$f_1' \approx \frac{1,49 \cdot E \cdot I \cdot T}{z \cdot a \cdot b \cdot K_s \cdot l^2} \quad (2.115.)$$

⇓

#### • PALÁSTMARÁS ESETÉBEN:

A (2.112.) egyenletbe behelyettesítjük a (2.14.) értékeket, és alkalmazzuk a (2.13.) feltételt:

$$u_{\max} \leq \frac{F_{\max} \cdot l^3}{E \cdot I \cdot 100} = \frac{\sqrt{2} \cdot F_C \cdot l^3}{E \cdot I \cdot 100} = \frac{\sqrt{2} \cdot \left( \frac{f_1' \cdot n \cdot z}{\left( \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \right)} \cdot \frac{a \cdot b}{1000} \cdot K_s \cdot l^3}{E \cdot I \cdot 100} \leq \frac{1}{6} \cdot T$$

⇓

(2.116)

Az előző képletből meghatározzuk a palástmarásra vonatkozó *FOGANKÉNTI* előtolást:

$$f_1' \approx \frac{37 \cdot D \cdot E \cdot I \cdot T}{z \cdot a \cdot b \cdot K_s \cdot l^3} \quad (2.117.)$$

#### 2.4.7.3. ELŐTOLÁS SZÁMÍTÁS A FELÜLETI ÉRDESSÉG SZERINT

Alapul az (2.19.) esztergálásnál számított előtolási képlet szolgál.

$$f_1'' \leq \sqrt{8 \cdot r \cdot R_z}$$

Mértanilag az esztergalószerszám dolgozórésszének csúcssugarának, megfelel a marószerszám átmérőjének fele, így az előző képletből meghatározzuk a felületi érdességre vonatkozó *FOGANKÉNTI* előtolást:

$$f_1'' \leq \frac{2 \cdot \sqrt{D \cdot R_z}}{z} \quad (2.118.)$$

#### 2.4.7.4. MÉRVADÓ ELŐTOLÁS

A mérvadó érték a két számított érték közül a kisebbik:

$$f_1 = \min(f_1', f_1'') \quad (2.119.)$$

#### 2.4.8. FORDULATSZÁMSÁMÍTÁ

A fordulatszámokat a következő két kritérium szerint lehet számolni:

- A használt szerszám sebességbírása szerint.
- Az alkalmazott gép teherbírása szerint.

##### 2.4.8.1. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁM SEBESSÉGBÍRÁSA SZERINT

A szerszám sebességbírását, a szerszámgyártó adataiból (2.19. táblázat), vagy a (2.95.) megközelítő módszer alapján határozzuk meg:

$$V_c \approx \frac{C_v \cdot D^i}{T^m \cdot a^x \cdot b^q \cdot z^u \cdot \varepsilon^w \cdot f_1^y} = \frac{D \cdot \pi \cdot n_{sz}}{1000} \quad (2.120.)$$

Az előző képletből kifejezzük, a szerszám sebességbírására vonatkozó fordulatszámot:

$$n_{sz} \leq \frac{C_v \cdot D^i \cdot 1000}{T^m \cdot a^x \cdot b^q \cdot z^u \cdot \varepsilon^w \cdot f_1^y \cdot D \cdot \pi} \quad (2.121.)$$

##### 2.4.8.2. FORDULATSZÁM SÁMÍTÁS A SZERSZÁMGÉP TELYESÍTÉSE SZERINT

Használjuk a teljesítményre vonatkozó függvényt, és behelyettesítjük a forgácsolóerőt meghatározó (2.110.) képletet ügyelve az egységek homogenitására:

$$P \cdot \eta_m \cdot 10^3 \cdot 60 = F_c \cdot V_c = \frac{V_f \cdot a \cdot k}{V_c \cdot 1000} \cdot K_s \cdot V_c = \frac{f_1 \cdot n_g \cdot z \cdot a \cdot b}{1000} \cdot K_s \quad (2.122.)$$

Az előző képletből kifejezzük, a szerszámgépre vonatkozó fordulatszám képletet:

$$n_g = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_m}{f_1 \cdot a \cdot b \cdot z \cdot K_s} \quad (2.123.)$$



### 2.4.8.3. MÉRVADÓ FORDULATSZÁM

A mérvadó érték a  $(n_{sz}, n_g)$  két számított érték közül a kisebbik. Mivel a gépen beállítható értékről van szó, a mérvadó beállítható értéket a megfelelő szabványos fordulatszámokra vonatkozó (1.6.) táblázatból kel határozni:

$$n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP \quad (2.124.)$$

### 2.4.9. ELŐTOLÁSISEBESSÉG SZÁMÍTÁS

Mivel a gépen beállítható értékről van szó, a mérvadó beállítható értéket a gépen beépített értékek közül választuk ki, mint az első kisebb értéket.

$$V_f = f_1 \cdot n \cdot z \Rightarrow GÉP \quad (2.125.)$$

### 2.4.10. FŐ GÉPIDŐ

A fő gépidő számítása során, ügyelni kel a marószerszám méretéből adódó megmunkáláshoz bruttó értékére ( $L_{brutto}$ ).

$$t_{fg} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{V_f} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{f_1 \cdot z \cdot n} \quad (2.126.)$$

#### ▪ FOGÁSOK SZÁMA

$$i = \frac{\Delta h}{a} \cdot \frac{b}{D} \quad (2.127.)$$

### 2.4.11. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY

Használjuk az (2.123.) egyenletet, és ügyelünk a méretek homogenitására:

$$P = \frac{f_1}{6 \cdot 10^7} \cdot z \cdot n \cdot a \cdot b \cdot K_s \quad [kW] \quad (2.128.)$$

### 2.4.12. FORGÁCSOLÁSI TERMELÉKENYSÉG

$$Q = a \cdot b \cdot V_f \cdot q = \frac{a}{100} \cdot \frac{b}{100} \cdot \frac{f_1 \cdot z \cdot n}{100} \cdot q \quad g \left[ \frac{kg}{dm^3} \right]$$

↓

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot f_1 \cdot z \cdot n}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{\text{kg}}{\text{min}} \right] \quad (2.129.)$$

### 2.4.12.1. PÉLDA

Elkel végezni a forgácsolási eljárást, melye biztosítja a műhelyrajzon feltüntetett méretet és a felületi érdességet.

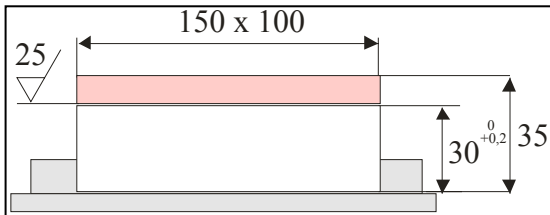
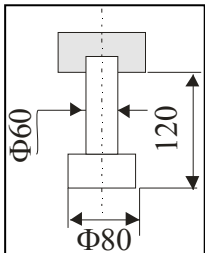
Ellenőrizni kel, a megmunkálás hatékonyságát homlokmarással és palástmarással.

- A munkadarab anyaga: *Acél S235JR* ,  $R_m=400 \text{ [N/mm}^2\text{]}$  ,  $HB=45$ .
- Az alkalmazott szerszám dolgozórésze: *Gyorsacél*, Szár:  $R_m=1500 \text{ [N/mm}^2\text{]}$   $v=4$
- A szerszámrész elvart élettartama:  $T=240 \text{ perc.}$

A számítási sorrendet a következő: (4.3.4.1.):

SZÁMÍTÁSI SORREND		
1	FOGASMÉLYSÉG MEGHATÁROZÁSA	<b>a</b>
2	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS	<b>f</b>
3	CIKLUSSZÁMSZÁMÍTÁS	<b>n<sub>kw</sub></b>
4	FŐ GÉPIDŐSZÁMÍTÁS	<b>t<sub>fg</sub></b>

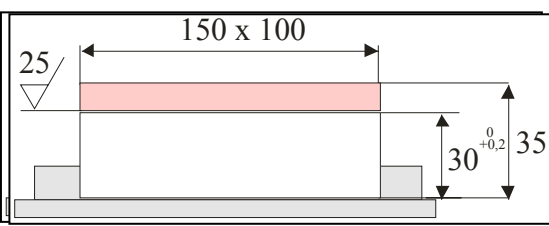
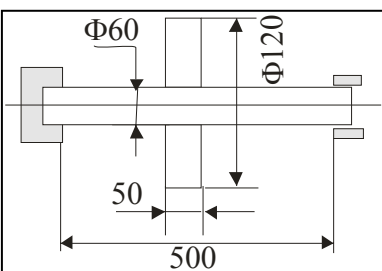
Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok HOMLOKMARÁSRA, a következő ábra-táblázatban vannak összefoglalva.

MUNKADARAB									
ADATOK			BEFOGÁSI TERV						
R <sub>m</sub>	1200	[N/mm2]							
v	4	/							
E	2,1 x 10exp5	[N/mm2]							
l	150	[mm]							
B	100	[mm]							
R <sub>a</sub>	25	[μm]							
T <sub>d</sub>	0,2	[mm]							
SZERSZÁM					GÉP				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV			ADATOK			
R <sub>m</sub>	1200	[N/mm2]				P	3,7	[kW]	
v	4	/				η <sub>M</sub>	0,8	/	
Φ	60	[mm]				BEÁLLÍTÁSOK			
Φ	80	[mm]				n,	1.6. táb.	[ford./perc]	
l	120	[mm]				nk		[k.l./perc]	
V <sub>c</sub>	15	[m/perc]							
z	14	[mm]				V <sub>f</sub>	1.7. táb.	[mm/perc]	
ε	10	fok							

	JELÖLÉS	SZÁMÍTÁSOK (HOMLOKMARÁS-NAGYOLÁS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$(2.94. \text{ képlet}) \Rightarrow a = \delta$ $(2.17. \text{ táblázat}) \Rightarrow a = \delta_1 = 2,5$	2,5	mm
ELŐTOLÁS	<b>f<sub>1</sub></b>	$(2.115. \text{ képlet}) \Rightarrow f_1' \approx \frac{1,49 \cdot E \cdot I \cdot T}{z \cdot a \cdot b \cdot K_s \cdot l^2}$ $I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi \cdot 60^4}{64} = 635.850$ $E = 2,1 \cdot 10^5$ $(1.8. \text{ táblázat}) \Rightarrow K_s \approx k_{c,1-1} = 1610$ $\Downarrow$ $f_1' \approx \frac{1,49 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 635.850 \cdot 0,2}{14 \cdot 2,5 \cdot 80 \cdot 1610 \cdot 120^2} = 0,6$ <p>Javasolt táblázati érték (2.21. táblázat) <math>\Rightarrow f_1' \approx 0,1 \div 0,2</math></p>	0,2	mm/fog
	<b>f<sub>1</sub><sup>''</sup></b>	$(2.118. \text{ képlet}) \Rightarrow f_1'' \leq \frac{2 \cdot \sqrt{D \cdot R_z}}{z}$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_z = 25 \Rightarrow R_z = 0,1 \text{ [mm]}$ $\Downarrow$ $f_1'' \leq \frac{2 \cdot \sqrt{80 \cdot 0,1}}{14} = 0,4$	0,49	
FOGANKÉNTI ELŐTOLÁS	<b>f<sub>i</sub></b>	$(2.119. \text{ képlet}) \Rightarrow f_i = \min(f_1', f_1'') \Rightarrow f_i = 0,2$	0,2	mm/fog
FORDULATSZÁM	<b>nsz</b>	$(2.121. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{sz} \leq \frac{C_F \cdot D^i \cdot 1000}{T^m \cdot a^x \cdot b^q \cdot z^u \cdot \varepsilon^w \cdot f_1'^y \cdot D \cdot \pi}$ $(2.18. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_v = 61,5$ $x = 0,27$ $y = 0,3$ $m = 0,3$ $q = 0,09$ $u = 0,1$ $w = 0,18$ $i = 0,5$ $\Downarrow$ $n_{sz} \leq \frac{61,5 \cdot 80^{0,5} \cdot 1000}{240^{0,3} \cdot 2,5^{0,27} \cdot 80^{0,09} \cdot 14^{0,1} \cdot 10^{0,18} \cdot 0,2^{0,3} \cdot 80 \cdot \pi} = 189$	206	ford/perc
	<b>ng</b>	$(2.123. \text{ képlet}) \Rightarrow n_g = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_m}{f_1' \cdot a \cdot b \cdot z \cdot K_s}$ $\Downarrow$ $n_g = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot 3,7 \cdot 0,8}{0,2 \cdot 2,5 \cdot 80 \cdot 14 \cdot 1610} = 197$	197	
	<b>n</b>	$(2.124. \text{ képlet}) \Rightarrow n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow G\acute{E}P$ $(1.6. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 180$	180	
ELŐTOLÁSI SEBESSÉG	<b>V<sub>f</sub></b>	$(2.125. \text{ képlet}) \Rightarrow V_f = f_1' \cdot n \cdot z \Rightarrow G\acute{E}P$ $V_f = 0,2 \cdot 180 \cdot 14 = 504 \Rightarrow G\acute{E}P$	500	mm/perc
FŐ GÉPIDŐ	<b>t<sub>fg</sub></b>	$(2.126. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{V_f} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{f_1' \cdot z \cdot n}$ $(2.127. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{\Delta h}{a} \cdot \frac{B}{D} = \frac{5}{2,5} \cdot \frac{100}{80} = 2 \cdot 1,25 \Rightarrow 4$ $\Downarrow$ $t_{fg} = 4 \cdot \frac{(150 + 80)}{500} = 1,84$	1,82	perc

	JELŐLÉS	SZÁMÍTÁSOK (PALÁSTMARÁS-NAGYOLÁS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$(2.94. \text{ képlet}) \Rightarrow a = \delta$ $(2.17. \text{ táblázat}) \Rightarrow a = \delta_1 = 2,5$	2,5	mm
ELŐTOLÁS	<b>f<sub>1</sub></b>	$(2.117. \text{ képlet}) \Rightarrow f_1' \approx \frac{37 \cdot D \cdot E \cdot I \cdot T}{z \cdot a \cdot b \cdot K_s \cdot I^3}$ $I = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi \cdot 60^4}{64} = 635.850$ $E = 2.1 \cdot 10^5$ $(1.8. \text{ táblázat}) \Rightarrow K_s \approx k_{e,1-1} = 1610$ $\Downarrow$ $f_1' \approx \frac{37 \cdot 120 \cdot 2.1 \cdot 10^5 \cdot 635.850 \cdot 0,2}{14 \cdot 2,5 \cdot 60 \cdot 1610 \cdot 500^3} = 0,28$ <p>Javasolt táblázati érték</p> $(2.21. \text{ táblázat}) \Rightarrow f_1' \approx 0,1 \div 0,2$	0,2	mm/fog
	<b>f<sub>1</sub>'</b>	$(2.118. \text{ képlet}) \Rightarrow f_1'' \leq \frac{2 \cdot \sqrt{D \cdot R_z}}{z}$ $(1.16. \text{ táblázat}) \Rightarrow R_a = 25 \Rightarrow R_z = 0,1 \text{ [mm]}$ $\Downarrow$ $f_1'' \leq \frac{2 \cdot \sqrt{120 \cdot 0,1}}{14} = 0,49$	0,49	
FOGANKÉNTI ELŐTOLÁS	<b>f<sub>i</sub></b>	$(2.119. \text{ képlet}) \Rightarrow f_i = \min(f_1', f_1'') \Rightarrow f_i = 0,2$	0,2	mm/fog
FORDULATSZÁM	<b>n<sub>sz</sub></b>	$(2.121. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{sz} \leq \frac{C_v \cdot D^i \cdot 1000}{T^m \cdot a^x \cdot b^q \cdot z^u \cdot \varepsilon^w \cdot f_1^y \cdot D \cdot \pi}$ $(2.18. \text{ táblázat}) \Rightarrow C_v = 61,5$ $x = 0,27$ $y = 0,3$ $m = 0,3$ $q = 0,09$ $u = 0,1$ $w = 0,18$ $i = 0,5$ $\Downarrow$ $n_{sz} \leq \frac{61,5 \cdot 120^{0,5} \cdot 1000}{240^{0,3} \cdot 2,5^{0,27} \cdot 60^{0,09} \cdot 14^{0,1} \cdot 10^{0,18} \cdot 0,2^{0,3} \cdot 80 \cdot \pi} = 237$	237	ford/perc
	<b>n<sub>g</sub></b>	$(2.123. \text{ képlet}) \Rightarrow n_g = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot P \cdot \eta_m}{f_1 \cdot a \cdot b \cdot z \cdot K_s}$ $\Downarrow$ $n_g = \frac{6 \cdot 10^7 \cdot 3,7 \cdot 0,8}{0,2 \cdot 2,5 \cdot 60 \cdot 14 \cdot 1610} = 367$	367	
	<b>n</b>	$(2.124. \text{ képlet}) \Rightarrow n = \min(n_{sz}, n_g) \Rightarrow GÉP$ $(1.6. \text{ táblázat}) \Rightarrow n = 224$	224	
ELŐTOLÁSI SEBESSÉG	<b>V<sub>f</sub></b>	$(2.125. \text{ képlet}) \Rightarrow V_f = f_1 \cdot n \cdot z \Rightarrow GÉP$ $V_f = 0,2 \cdot 224 \cdot 14 = 627 \Rightarrow GÉP$	627	mm/perc
FŐ GÉPIDŐ	<b>t<sub>fg</sub></b>	$(2.126. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{V_f} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{f_1 \cdot z \cdot n}$ $(2.127. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{\Delta h}{a} \cdot \frac{B}{b} = \frac{5}{2,5} \cdot \frac{100}{60} = 2 \cdot 1,66 \Rightarrow 4$ $\Downarrow$ $t_{fg} = 4 \cdot \frac{(150 + 60)}{627} = 1,33$	1,33	perc

Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok PALÁSTMARÁSRÁ, a következő ábra-táblázatban vannak összefoglalva.

MUNKADARAB				
ADATOK			BEFOGÁSI TERV	
R <sub>m</sub>	1200	[N/mm2]		
v	4	/		
E	2,1 x 10exp5	[N/mm2]		
l	150	[mm]		
B	100	[mm]		
R <sub>a</sub>	25	[μm]		
T <sub>d</sub>	0,2	[mm]		
SZERSZÁM				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV	
R <sub>m</sub>	1200	[N/mm2]		
v	4	/		
Φ	60	[mm]		
Φ	120/50	[mm]		
l	500	[mm]		
V <sub>c</sub>	15	[m/perc]		
z	14	[mm]		
ε	10	fok		
GÉP				
ADATOK			BEÁLLÍTÁSOK	
P	3,7	[kW]		
η <sub>M</sub>	0,8	/		
n,	1.6. táb.	[ford./perc]		
nk		[k.l./perc]		
V <sub>f</sub>	1.7. táb.	[mm/perc]		

### ○ KÉRDÉSEK

- Melyek a szerszám és a munkadarab mozgásából adódó különbségek?
- Mik a homlokmarás és a palástmarás tulajdonságai?
- Egyetemes osztófej tulajdonságai és számítások.
- Differenciál osztófej számítások.
- Fő forgácsolóerő számítása.
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a szerszám szilárdága szerint.
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS a felületi érdesség szerint.
- Fordulatszám számítás a szerszám sebességbírása szerint.

- Fordulatszám számítás a gép teljesítése szerint.
- Fő gépidőszámítás.
- Forgácsoló teljesítményszámítás.
- Forgácsoló termelékenység.

## 2.5. KÖSZÖRÜLÉS

### 2.5.1. MUNKATÉR

A köszörülő folyamat technológiai adatai a következők:

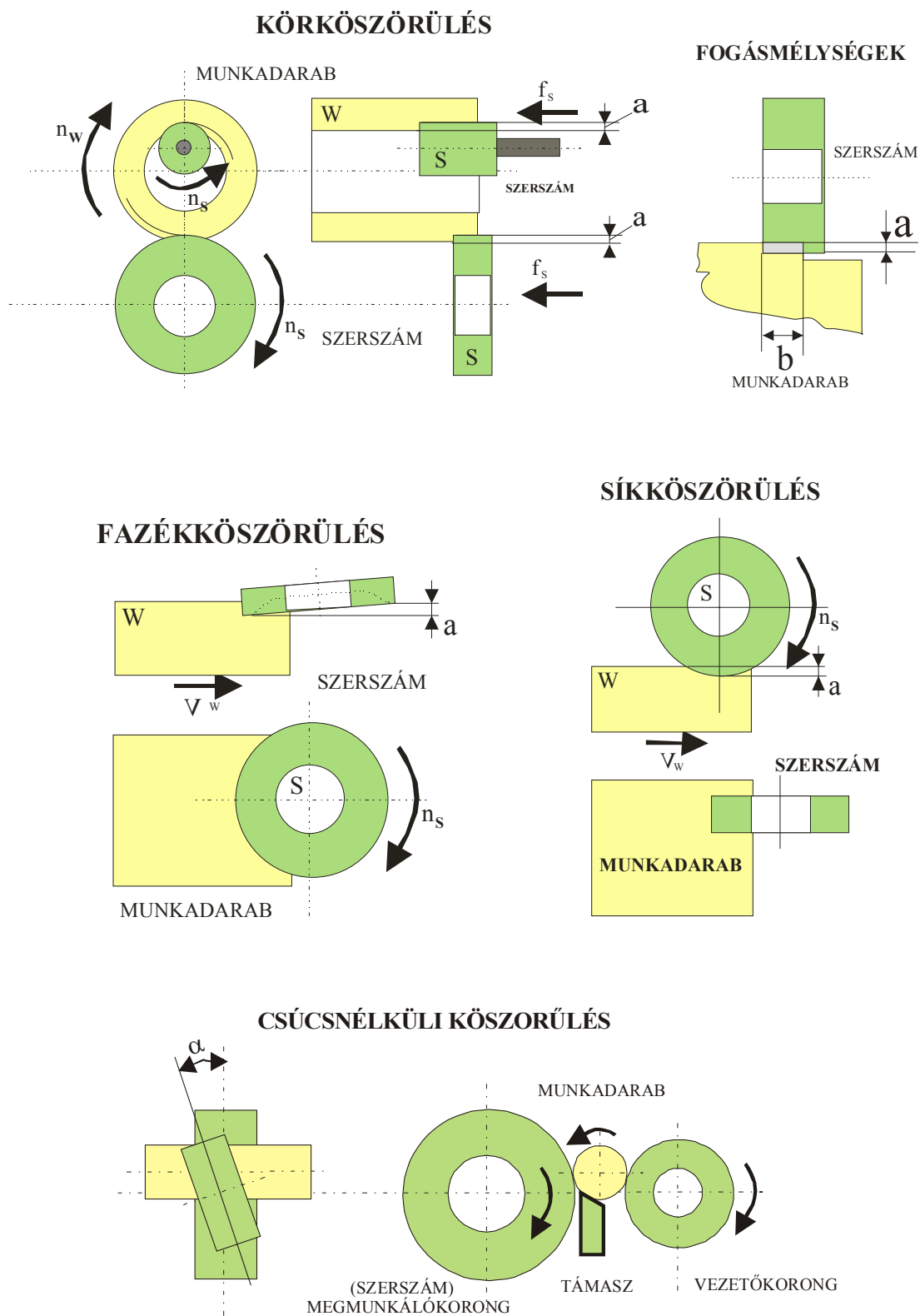
- $a$  [ mm ] .....fogásmélység.
- $f, b$  [ mm/k.lök. ] .....előtolás.
- $n_k$  [ k.lök./perc ] .....kettőslöketek.
- $n_c$  [ ford./perc ] .....korong fordulatszáma.
- $n_v$  [ ford./perc ] .....vezetőkorong fordulatszáma.
- $n_w$  [ ford./perc ] .....munkadarab fordulatszáma.
- $V_w$  [ mm/perc ] .....a munkadarab előtoló sebessége.
- $V_v$  [ mm/perc ] ..... vezetőkorong peremsebessége.

A köszörülési munkatér mértani adatai a következők:

- $D_1$  [ mm ] .....korongátmérő.
- $D_2$  [ mm ] .....korongnyílás átmérője
- $D_v$  [ mm ] .....vezetőkorong átmérője
- $B$  [ mm ] ..... munkadarab szélessége. .
- $L$  [ mm ] .....munkadarab hossz.



## 2.5.2. KÖSZÖRÜLÉSI MÓDSZEREK



2.26. ábra

### 2.5.3. GÉPEK



HAGYOMÁNYOS KÖRKÖSZÖRŰ  
[RIBON RUR-H800]



CNC KÖRKÖSZÖRŰ  
[REINECKER RS 500 CNC]



SÍKKÖSZÖRŰ  
[ELB SW 10VA I]



CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRÜLÉS  
[LHE részlet]



SZUPERFINISELŐ  
[LOSER supperfinisch]

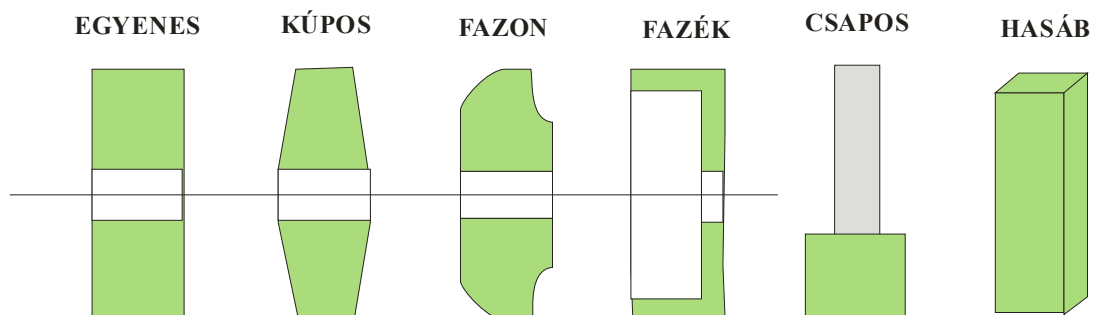


KÉZI KÖSZÖRŰ  
[MAC 230]

2.27. ábrák

## 2.5.4. KÖSZÖRŰSZERSZÁMOK

### ▪ KORONG ALAPALAKOKOK



2.28. ábra

### • KIVITELEZÉSI PÉLDÁK



2.29. ábra

## ▪ KÖSZÖRŰKORONGOK STRUKTURÁJA

A köszörűk jellemzői a következők:

### • KÖTŐANYAGOK

2.22. táblázat

KÖTŐANYAG	JELÖLÉS
KERÁMIA (KAOLIN, KVARC)	V
SZILIKÁT (VIZÜVEG)	S
GUMI	R
GUMI + ERŐSÍTÉS ÜVEGSZÁLAKKAL	RF
MŰ GYANTA	B
MŰ GYANTA+ERŐSÍTÉS ÜVEGSZÁLAKKAL	BF
MAGNEZIT (MAGN. FLORID)	Mg
FÉM (Cu,Al,Sb,Fe - ÖTVÖZETEK)	M

### • SZEMCSEANYAGOK

2.23. táblázat

CSISZOLÓ ANYAG (SZEMCSE)	ÖSSZETÉTEL	JELÖLÉS
ALUMINIUM OKSID (KÓRUND)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A,B
SZILICIUM KARBID	SiC	C
BÓRKARBID	B <sub>4</sub> C	BC
KÖBOS BÓRNITRID	CBN	CBN
MŰ POLIKRISTÁLYOS GYÉMÁNT		D

### • SZEMCSEMÉRETEK

A szemcsék méreteit kétféleképpen lehet meghatározni:

- Szemcse legnagyobb mérete szerint (Európában nem honosult).
- Szemcse méretszám szerint.

$$MÉRETSZÁM = \frac{NYILÁSSZÁM}{25,4\text{ mm} - \text{es szitán}} \quad (2.130.)$$

A (2.24.) táblázatban szemcsék finomságának tartományai vannak feltüntetve.

2.24. táblázat

KÖSZÖRŰ SZEMCSÉZET	
TARTOMÁNY	SZEMCSE/25,4 mm
GOROMBA	8÷24
KÖZEPES	30÷60
FINOM	70÷220
POROK	240÷800

### • POROZITÁS

$$P = \frac{V_{SZ} \cdot V_K \cdot V_{\tilde{U}}}{V_{SZ} \cdot V_K} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.131.)$$

Értelmezés:

$V_{SZ}$  ....a szemcsék térfogata

$V_K$  ....a kötőanyag térfogata

$V_{\tilde{U}}$  ....az üregek térfogata

A (2.25.) táblázatban a porozitás tartományai vannak feltüntetve.

2.25. táblázat

KÖSZÖRŰ POROZITÁS	
TARTOMÁNY	P [%]
IGEN TÖMÖR	1÷2
TÖMÖR	3÷4
KÖZEPES	5÷8
NYITOTT	9÷14
IGEN NYITOTT	14 fölött

## 2.5.5. SEBESSÉGEK

### 2.5.5.1. SEBESSÉGSZÁMÍTÁS A KORONG SZILÁRDSÁGA SZERINT

A számítás abból a megfontolásból indul, hogy működésközben nem szabad meghaladni a tárcsa megengedett szakítószilárdságát.

A tárcsa húzó igénybevétele a következő:

$$\sigma_c = C \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot V_c^2 \cdot 10^2 \quad / \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} / \quad (2.132.)$$

$$C \approx 0,825 \left[ 1 + \frac{0,212}{\left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2} \right]$$

Az előző egyenletből meghatározható a köszörűtárcsa megengedett peremsebessége.

$$V_c \leq \sqrt{\frac{\sigma_c \cdot g}{10^2 \cdot C \cdot \gamma}} \quad / \frac{\text{m}}{\text{sec}} / \quad (2.133.)$$

Ajánlatos ellenőrizni a peremsebességekre (és fordulatszámokra) vonatkozó gyártói adatokat is, és azokat betartani.

A munkadarabra vonatkozó sebességeket táblázati (megközelítő) adatok szerint lehet megállapítani (2.26., 2.27., 2.29. táblázatok), vagy a következő (2.134.) arányból:

$$V_w \quad / \frac{\text{m}}{\text{perc}} / \approx \frac{V_c \quad / \frac{\text{m}}{\text{sec}} /}{60 \div 150} \quad (2.134.)$$

Értelmezés:

$\sigma_c$  [ N/mm<sup>2</sup> ] .....a korong kötőanyagának megengedett szakítószilárdsága.

C.....a korongra jellemző mértani jellemző.

$d_1$  [ mm ] .....a korong külső átmérője.

$d_2$  [ mm ] .....a korong nyílásának mérete.

$\gamma$  [ kg/dm<sup>3</sup> ] .....a korong fajlagos tömege.

$V_c$  [ m/sec ].....a korong peremsebessége.

$V_w$  [ mm/perc ] .....a munkadarab sebessége.

$g$  [ m/sec<sup>2</sup> ] .....gravitációs állandó.

### 2.5.5.2. A SEBESSÉGEK TÁJÉKOZTATÓ TÁBLÁZATI HATÁRÉRTÉKEI

2.26. táblázat

	NORMÁL	NAGY	ULTRA
$V_c$ [m/s]	30	50-80	100-300
$V_w$ [m/perc]	$\approx 60V_c/(60-100)$		

### 2.5.5.3. A SEBESSÉGEK JAVASOLT TÁBLÁZATI ÉRTÉKEI

2.27. táblázat

		FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG	
MUNKADARAB	MEGMUNKÁLÁS	KÖSZÖRÚTÁRCSA $V_c$ [m/s]	MUNKADARAB $V_w$ [m/perc]
ACÉL ÉS ACÉLÖNTVÉNY	HENGER	30÷35	12÷18
	FURAT	25	18-24
	SÍK	30	15-35
ÖNTÖTTVAS	HENGER	20	14÷18
	FURAT	18÷20	20÷25
	SÍK	18÷20	10÷35
KEMÉNYFÉM	HENGER	18÷25	18÷16
	FURAT	18÷20	18÷16
	SÍK	18÷20	18÷16
RÉZ ÖTVÖZETAK	HENGER	30	18÷21
	FURAT ÉS SÍK	30	21÷27
ALUMINIUM ÖTVÖZETEK	HENGER	20÷35	20÷40
	FURAT	20÷35	30÷40
	SÍK	20÷35	15÷40

## 2.5.5.4. KÖSZÖRŰK HASZNÁLATA (TÁJÉKOZTATÓ ADATOK)

2.28. táblázat

MUNKADARAB	KÖSZÖRÜLÉSI FOLYAMAT	CSISZOLÓ ANYAG	SZEMCSÉZET	KEMÉNYSÉG
ALUMÍNIUM	ÉLEK	SiC	20÷30	O÷Q
	MEGMUNKÁLÁSA			
	KÖRMEGMUNKÁLÁS		36÷80	I÷Q
	SÍKMEGMUNKÁLÁS		20÷24	H÷I
SZALAGFŰRÉSZ	ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	46÷80	O÷Q
KÖR FŰRÉSZ	ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	46÷81	P÷R
FÚRÓK	KÉZI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50÷70	L÷M
	GÉPI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	50÷71	O÷P
BRONZ	ÉLEK	SiC	25÷60	J÷L
	MEGMUNKÁLÁSA			
	KÖRMEGMUNKÁLÁS		40÷80	J÷K
	SÍKMEGMUNKÁLÁS		20÷40	J÷K
ESZTERGÁLÓ ÉS GYALULÓ KÉSEK	KÉZI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40÷60	K÷L
	GÉPI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	16÷36	K÷M
MARÓK	GÉPI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	46÷80	I÷M
KÜLSŐ MENETEK	GÉPI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	120÷260	I÷L
BELSO MENETEK	GÉPI ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	80÷140	M÷O
ÖNTÖTTVAS	ÉLEK	SiC	12÷20	Q÷S
	MEGMUNKÁLÁSA			
	KÖRMEGMUNKÁLÁS		24÷60	L÷N
TEMPER ÖNTVÉNY	SÍK MEGMUNKÁLÁS	SiC	24÷40	I÷L
ACÉL ÖNTVÉNY	KÖRMEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24÷36	L÷M
	SÍKMEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24÷36	K÷M
KEMÉNYFÉMEK	NAGYOLÁS	SiC	36÷46	J÷K
	SIMÍTÁS	SiC	80÷180	H÷J
SÁRGARÉZ	KÖRMEGMUNKÁLÁS	SiC	60÷80	K÷L
	SÍKMEGMUNKÁLÁS	SiC	50÷60	H
	SIMÍTÁS	SiC	120÷161	L÷K
MESZING	KÉZI MEGMUNKÁLÁS	SiC	20÷40	O÷P
	KÖRMEGMUNKÁLÁS	SiC	24÷60	I÷L
	SÍK MEGMUNKÁLÁS	SiC	20÷40	I÷K
ÜREGELŐK	ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	50÷70	K÷N
DÖRZSEK	ÉLESÍTÉS	Al <sub>2</sub> O <sub>10</sub>	40÷80	I÷S
FOGASKEREKEK	PROFIL	Al <sub>2</sub> O <sub>11</sub>	46÷80	K÷N
	MEGMUNKÁLÁS			
PUHA ACÉL	KÖRMEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>12</sub>	24÷30	M÷N
	SÍK MEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>13</sub>	24÷30	K÷M
EDZETT ACÉL	KÖRMEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>14</sub>	40÷60	J÷M
	SÍK MEGMUNKÁLÁS	Al <sub>2</sub> O <sub>15</sub>	16÷60	G÷I



### 2.5.5.5. A SEBESSÉGEK JAVASOLT VISZONYAI

2.29. táblázat

MUNKADARAB	SEBESSÉGVISZONY IRÁNYÉRTÉKEI $q=V_c/V_w$			
	KÖSZÖRŰ			
	PALÁST	SÍK	FAZÉK	CSÚCSNÉLKÜLI
ACÉLOK	80÷120	50÷80	50	125
ÖNTÖTTVAS	60÷100	40÷60	40	80
Cu-ÖTVÖZETEK	50÷80	30÷50	30	50
Al-ÖTVÖZETEK	30÷50	20÷30	20	45

### 2.5.6. FOGÁSMÉLYSÉGEK

A megfelelő fogásmélységeket a megelőző megmunkálási folyamatoknál alkalmazott táblázatokban lehet megtalálni (2.4., 2.7., 2.9., 2.17., táblázatok)

### 2.5.7. KÖSZÖRÜLŐ ERŐK

#### ▪ MARÁSON MEGALAPOZOTT MÓDSZER

Ezt a módszert alkalmazva, feltételkezzük, hogy a köszörülés elméletileg megfelel a marásnak. A különbség a szerszám dolgozórészének kialakításában és az alkalmazott méretegységekben van.

A marásnál a dolgozórész rendezett élű szerszámként van kiépítve (ismerjük az élek számát és azok mértani jellemzőit). A köszörűkorongoknál a dolgozó élek száma nincs pontosan meghatározva (csak felbecsült értékekkel rendelkezünk), és az élek mértani jellemzői ismeretlenek.

Az említettekből arra lehet következtetni, hogy a számítások csak tájékoztató értékeket eredményezhetnek. Ezt a hozzáállást követően, azokat a képleteket, melyeket a maráselmélet bemutatása során használtunk, a köszörülésnél is lehet alkalmazni, csak ügyelni kel a használt mértékegységekre. A lehető hibák kiküszöbölése céljából, a következő táblázatban össze vannak hasonlítva a két eljárásnál használt egységértékek, majd ezek használatával, a köszörülésre vonatkozó képletek vannak kialakítva.

2.30. táblázat

MARÁS		KÖSZÖRÜLÉS		HELYETTESÍTÉS	
$V_f$	m/perc	$V_w$	mm/perc	$V_w$ 1000	mm/perc
$V_c$		$V_c$		$V_c$ 60	m/sec
$b$		$a \cdot f$		$f$	mm/ford.
$K_{sm}$		$K_{sm}$		$K_{sm}$	N/mm <sup>2</sup>

Az utóbbi táblázat alapján a FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEKre vonatkozó képletek, a következőképpen alakulnak:

*MARÁS**KÖSZÖRÜLÉS*

$$F_c = \frac{V_w}{V_c} \cdot \frac{a \cdot b \cdot K_{sm}}{1000} \quad (N) \quad \Rightarrow \quad F_c = \frac{(V_w \cdot 1000)}{V_c \cdot 60} \cdot \frac{a \cdot f \cdot K_{sm}}{1000} \quad (N)$$

$$\Downarrow$$

$$F_c = \frac{1}{60} \cdot \frac{V_w}{V_c} \cdot a \cdot f \cdot K_{sm} \quad (N) \quad (2.135.)$$

#### ▪ EMPIRIKUS MÓDSZER

$$F_c \approx 2140 \cdot \sqrt[6]{HB} \cdot A_m^{0,65} \quad (2.136.)$$

Értelmezés:

$HB$  .....Brinell keménység

$A_m$  .....közép forgács keresztmetszet

#### ▪ MEGKÖZELÍTŐ ERŐVISZONYOK

2.31. táblázat

FOGÁSMÉLYSÉG $a$ [mm]	$F_R/F_c$				
	FOGÁSSZÉLESSÉG $b$ [mm]				
	6	7,5	9,5	11,8	15,2
0,01	1,5	1,68	1,65	1,84	1,42
0,02	1,46	1,44	1,65	1,98	2,12
0,03	1,82	2,02	2,08	2,18	
0,04	2,08	2,03			
0,05	1,97				

A peremerő és a keresztirányú (radiális) erők viszonyai megközelítő értékei a (2.31.) táblázatban találhatók.

## 2.5.8. ELŐTOLÁSSZÁMITÁS

### TAPASZTALATI TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ ADATOK

2.32. táblázat

KÖSZÖRÜLÉS MÓDSZER	MEGMUNKÁLÁS	ELŐTOLÁS $f=b$ [mm/cikl.]	
		AXIÁLIS	RADIÁLIS
KÜLSŐ KÖR	NAGYOLÓ	$(0,25 \div 0,6)B$	$0,02 \div 0,05$
	SIMÍTÓ	$(0,1 \div 0,2)B$	$0,005 \div 0,01$
BELSŐ KÖR	NAGYOLÓ	$(0,4 \div 0,7)B$	$0,005 \div 0,02$
	SIMÍTÓ	$(0,25 \div 0,4)B$	$0,0025 \div 0,01$
KERESZTIRÁNYÚ KÖR	NAGYOLÓ	/	$0,0025 \div 0,075$
	SIMÍTÓ	/	$0,005 \div 0,02$
CSÚCSNÉLKÜLI	NAGYOLÓ	$\approx D_v \pi \operatorname{tg} \alpha \eta$	$0,002 \div 0,2$
	SIMÍTÓ	$\approx D_v \pi \operatorname{tg} \alpha \eta$	$0,02 \div 0,05$

### 1.1.1.1. ELŐTOLÁSSZÁMITÁS A GÉP TEHERBIRÁSA SZERINT

#### ▪ CSÚCSKÖZTI ÉS SÍKKÖSZÖRÜLÉS

A következő képletben a (2.135.) egyenletet kell használni a forgácsolóerő behelyettesítése során.

$$P \cdot \eta_m \geq \frac{F_c \cdot V_c}{1000} = \left( \frac{1}{60} \cdot \frac{V_w}{V_c} \cdot \frac{a \cdot f \cdot K_s}{1000} \right) \cdot V_c \quad (2.137.)$$

⇓

$$f = b \leq 6 \cdot 10^4 \frac{P \cdot \eta_m}{V_w \cdot a \cdot K_s} \left[ \frac{\text{mm}}{\text{ford.w}} \right] \quad (2.138.)$$

## ▪ FAZÉK KÖSZÖRÜLÉS

A fazékköszörülés esetében, legnehezebb feltételek mellett az  $(a)$  fogásmélységet fel kell cserélni a korong  $(D_C)$  átmérőjével.

$$f = b \leq 6 \cdot 10^4 \frac{P \cdot \eta_m}{V_w \cdot D_C \cdot K_s} \left[ \frac{mm}{ford.w} \right] \quad (2.139.)$$

## ▪ CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRÜLÉS

$$f = b \leq D_V \cdot \pi \cdot \sin \alpha \cdot \mu \quad (2.140.)$$

(B - korong szélesség)

## 1.1.2. FORDULATSZÁMSZÁMÍTÁS

### 1.1.2.1. A KÖSZÖRÜLŐKORONG FORDULATSZÁMA

#### ▪ A KÖSZÖRŰKORONG FORDULATSZÁM (A KORONG SZILÁRDSÁG ALAPJÁN)

Számítási alapként a (2.134.) képletet kell használni.

$$V_C \leq \sqrt{\frac{\sigma_C \cdot g}{10^2 \cdot C \cdot \gamma}} = \frac{D_C \cdot \pi \cdot n_C}{1000 \cdot 60} \quad (2.141.)$$

$$n_C \leq 6 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_C \cdot g}{C \cdot \gamma}} \cdot \frac{1}{D_C \cdot \pi} \left[ \frac{ford.}{perc} \right] \quad (2.142.)$$

#### ▪ AKÖSZÖRŰKORONG FORDULATSZÁM TÁBLÁZATI ADATOK ALAPJÁN

A sebességet meghatározó képletből kiindulva:

$$V_C = \frac{D_C \cdot \pi \cdot n_C}{1000 \cdot 60} \quad (2.143.)$$

$$n_C = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V_C}{D_C \cdot \pi} \quad (2.144.)$$

### 1.1.2.2. A MUNKADARAB FORDULATSZÁM

#### ▪ A MUNKADARAB FORDULATSZÁM (A KÖSZÖRŰLÉS FORMÁJA SZERINT)

##### • KÖRALAKÚ MEGMUNKÁLÁS

A körmozgás képletből kiindulva:

$$V_w = \frac{D_w \cdot \pi \cdot n_w}{1000} \quad (2.145.)$$

⇓

$$n_w = \frac{10^3 \cdot V_w}{D_w \cdot \pi} \quad (2.146.)$$

##### • SÍKALAKÚ MEGMUNKÁLÁS

A síkalakú megmunkálás esetében a mozgások megfelelnek a gyaluláshoz alkalmazott számításból kapott (2.55.) képletnek – köszörülés esetében a főmozgást a munkadarab végzi, így, az egyenletben a ( $V_w$ ) jelölést kell alkalmazni:

$$\frac{1}{n_{kw}} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V_w} \quad (2.147)$$

⇓

$$n_{kw} = 500 \cdot \frac{V_w}{L} \quad (2.148.)$$

### 1.1.2.3. VEZETŐ KORONG FORDULATSZÁM (CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRŰLÉS)

$$V_v = \frac{D_v \cdot \pi \cdot n_v}{1000 \cdot 60 \cdot \mu \cdot \cos \alpha} \quad \left[ V_v = 10 \div 80 \quad \left[ \frac{m}{\min.} \right] \right] \quad (2.149.)$$

⇓

$$n_v = 6 \cdot 10^4 \cdot \mu \cdot \cos \alpha \cdot \frac{V_v}{D_v \cdot \pi} \quad (2.150.)$$

$\mu$  .....csúszási koefficiens. (0,9 ÷ 0,98)

Értelmezés:

$V_v$  [ m/sec.] .....vezető korong peremsebessége

$D_v$  [ mm ] .....vezető korong átmérője.

$n_v$  [ ford./perc].....vezető korong fordulatszáma

$\mu$  .....a vezetőkorong és munkadarab közti csúszó együttható.

### 1.1.3. FŐ GÉPIDŐ

#### 1.1.3.1. KÖRKÖSZÖRÜLÉS

Megfelel az esztergálásnál használt (2.46.) képletnek:

$$t_{fg} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{n_c \cdot f} \quad (2.151.)$$

#### 1.1.3.2. SÍKKÖSZÖRÜLÉS

Megfelel a gyalulásnál használt (2.62.)képletnek:

$$t_{fg} = i \cdot \frac{B_{brutto}}{n_k \cdot f} \quad (2.152.)$$

#### 1.1.3.3. FAZÉKKÖSZÖRÜLÉS

Megfelel az marásnál használt (2.126.) képletnek:

$$t_{fg} = i \cdot \frac{L_{brutto}}{n_c \cdot f} \quad (2.153.)$$

### 1.1.4. HASZNÁLT TELYESÍTMÉNY

A teljesítmény a dinamikából ismert képlet alapján lehet megállapítani, mint a sebesség és az erő szorzatát:

**1.1.4.1. KÖRKÖSZÖRŐLÉS**

$$P = \left( \frac{D_w \cdot \pi \cdot n_w}{6 \cdot 10^7} \right) \cdot (a \cdot b \cdot K_s) \quad [kW] \quad (2.154.)$$

**1.1.4.2. SÍKKÖSZÖRŐLÉS**

$$P = \left( \frac{V_w}{6 \cdot 10^7} \right) \cdot (a \cdot b \cdot K_s) \quad [kW] \quad (2.155.)$$

**1.1.4.3. FAZÉKKÖSZÖRŐLÉS**

$$P = \left( \frac{V_w}{6 \cdot 10^7} \right) \cdot (a \cdot b \cdot K_s) \quad [kW] \quad (2.156.)$$

**1.1.5. FORGÁCSOLÁSI TERMELEKENYSÉG****▪ KÖRKÖSZÖRŐLÉS**

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot V_w}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{kg}{min} \right] \quad (2.157.)$$

**▪ SÍKKÖSZÖRŐLÉS**

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot V_w}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{kg}{min} \right] \quad (2.158.)$$

**▪ FAZÉKKÖSZÖRŐLÉS**

$$Q = \frac{a \cdot b \cdot V_w}{10^6} \cdot q \quad \left[ \frac{kg}{min} \right] \quad (2.159.)$$

### 1.1.5.1. PÉLDA

Elkel végezni a köszörülő forgácsolási eljárást, melye biztosítja a műhelyrajzon feltüntetett méretet és a felületi érdességet.

A köszörülést a nagyoló marás után kel elvégezni.

- A munkadarab anyaga: *Acél S235JR* ,  $R_m=400$  [N/mm<sup>2</sup>],  $HB=45$ .
- Az alkalmazott köszörűkorong és a munkadarab sebességei a (2.27.) táblázatból vannak meghatározva:  $V_c=30$  [m/sec.],  $V_w=20$  [m/perc]

Mivel a munkadarab felülete sík, síkköszörülést kel alkalmazni. A korong méretei: (Φ320/40).

A számítási sorrend a következő (4.3.5.1.):

SZÁMÍTÁSI SORREND		
1	FOGASMÉLYSÉG MEGHATÁROZÁSA	<b>a</b>
2	ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS	<b>f</b>
3	CIKLUSSZÁMSZÁMÍTÁS	<b>n<sub>kw</sub></b>
4	FŐ GÉPIDŐSZÁMÍTÁS	<b>t<sub>fg</sub></b>

#### ▪ FELADAT MEGOLDÁS (TECHNOLÓGIAI ADATOK SZÁMÍTÁSA)

Az MSG rendszerre vonatkozó, mértani és anyagtulajdonsági adatok, a következő ábratáblázatban vannak összefoglalva.



MUNKADARAB							
ADATOK			BEFOGÁSI TERV				
R <sub>m</sub>	400	[N/mm <sup>2</sup> ]					
v	2	/					
E	2,1 x 10exp5	[N/mm <sup>2</sup> ]					
l	150	[mm]					
B	100	[mm]					
Ra	3,2	[μm]					
T <sub>d</sub>	0,05	[mm]					
SZERSZÁM			GÉP				
SZERSZÁMSZÁR			BEFOGÁSI TERV		ADATOK		
					P	3,7	[kW]
					η <sub>M</sub>	0,8	/
b	40	[mm]			BEÁLLÍTÁSOK		
D	320	[mm]			n,	1.6. táb.	[ford./perc]
V <sub>w</sub>	20	[m/sec.]			nk	1.6. táb.	[k.l./perc]
V <sub>c</sub>	30	[m/perc]			f	1.7. táb.	[mm/ford]
					K	1	

	JELÖLÉS	SZÁMÍTÁSOK (SIMÍTÓ KÖSZÖRÜLÉS)	ÉRTÉK	EGY.
FOGÁSMÉLYSÉG	<b>a</b>	$A \text{ KÖSZÖRÜLÉS } A \text{ MARÁST KÖVETI}$ (2.17. táblázat) $\Rightarrow \delta_3 = 0,4$ (2.31. táblázat) $\Rightarrow a = 0,01$	<b>0,01</b>	mm
ELŐTOLÁS	<b>f</b>	$(2.138. \text{ képlet}) \Rightarrow f = b \leq 6 \cdot 10^4 \frac{P \cdot \eta_m}{V_w \cdot a \cdot K_s} \left[ \frac{mm}{k.l.} \right]$ (1.8. táblázat) $\Rightarrow K_s \approx k_{c,1-1} = 1610$ $\Downarrow$ $f = b \leq 6 \cdot 10^4 \frac{3,7 \cdot 0,8}{20 \cdot 0,4 \cdot 1610} = 13,8$ $JAVASOLT \text{ TÁBLÁZATI ADAT}$ (2.32. táblázat) $\Rightarrow f = (0,1 \div 0,2) \cdot b \approx 0,1 \cdot 40 = 4$	<b>4</b>	
FORDULATSZÁM (KÖSZÖRÜKORONG)	<b>n<sub>c</sub></b>	$(2.144. \text{ képlet}) \Rightarrow n_c = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V_c}{D_c \cdot \pi}$ $\Downarrow$ $n_c = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot 30}{320 \cdot \pi} = 1791$ (1.6. táblázat) $\Rightarrow n_c = 1400$	<b>1400</b>	ford/perc
KETTŐSLÖKETEK	<b>n<sub>kw</sub></b>	$(2.148. \text{ képlet}) \Rightarrow n_{kw} = 500 \cdot \frac{V_w}{L_{brutto}}$ $\Downarrow$ $n_{kw} = 500 \cdot \frac{20}{(150 + 50)} = 50$ (1.6. táblázat) $\Rightarrow n_{kw} = 45$	<b>45</b>	
FŐ GÉPIDŐ	<b>t<sub>fg</sub></b>	$(2.152. \text{ képlet}) \Rightarrow t_{fg} = i \cdot \frac{B_{brutto}}{2 \cdot n_{kw} \cdot f}$ $(2.127. \text{ képlet}) \Rightarrow i = \frac{\Delta h}{a} = \frac{0,4}{0,01} \Rightarrow 40$ $\Downarrow$ $t_{fg} = 40 \cdot \frac{(100 + 40)}{2 \cdot 45 \cdot 4} = 15,6$	<b>31,1</b>	perc

### ○ KÉRDÉSEK

- Köszörülési módok.
- Csúcsnélküli köszörülés.
- A köszörű felépítése (összetevők).
- Szemcsék keménysége.
- Szemcsék anyaga.
- Szemcsék mérete.
- Kötőanyagok.
- Üregek meghatározása.
- ELŐTOLÁSSZÁMÍTÁS.
- Fordulatszám számítás.
- Fő gépidőszámítás.
- Teljesítményszámítás.
- Termelékenység számítás.

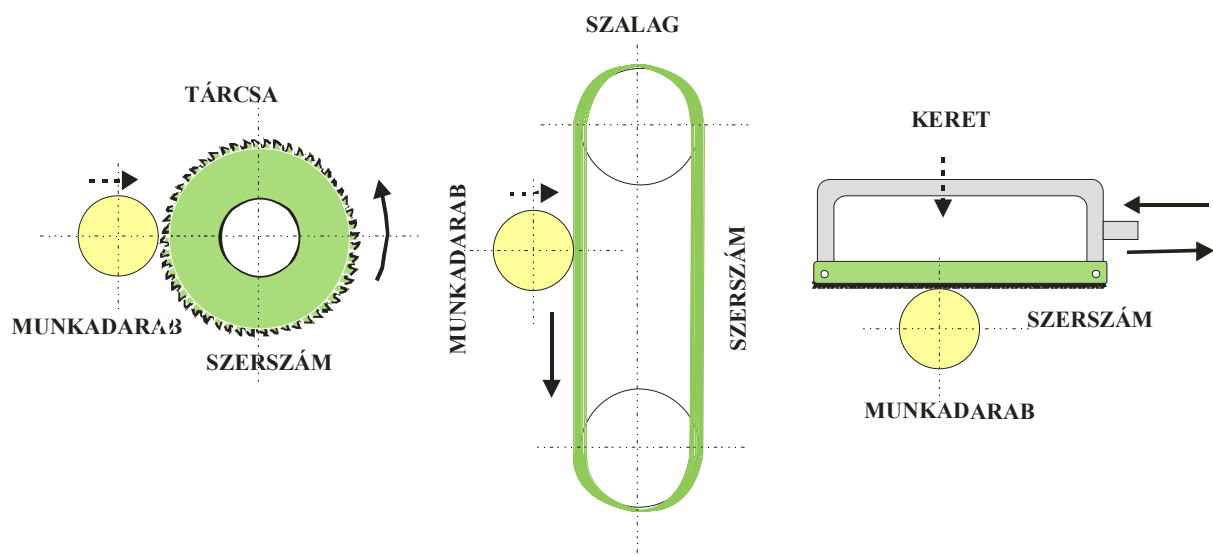
## 2. EGYÉB FORGÁCSOLÁSON ALAPOZOTT ELJÁRASOK

Egyéb forgácsoláson alapozott eljárások a következők:

- Fűrészelés.
- Üregelés (vésés).
- Menetforgácsolás.
- Fogaskerek forgácsolási eljárások

### 2.1. FŰRÉSZELES

#### 2.1.1. FŰRÉSZELESI MÓDOK



2.1. ábra

**2.1.2. GÉPEK**

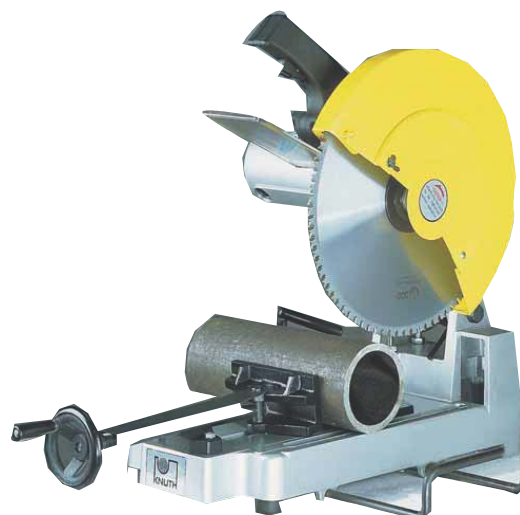
SZERSZÁM SZALAGFŰRÉSZ  
[*PROMAC SW-350V*]



DARABOLÓ SZALAGFŰRÉSZ  
[*F.MOSER G 5018 WA*]



KÉZI DARABOLÓ FŰRÉSZEK  
[*KNUTH TS 250*]



[*KNUTH AKS 350*]

2.2. ábra

### 2.1.2.1. FORGÁCSOLÓSEBESSÉGEK

2.1. táblázat

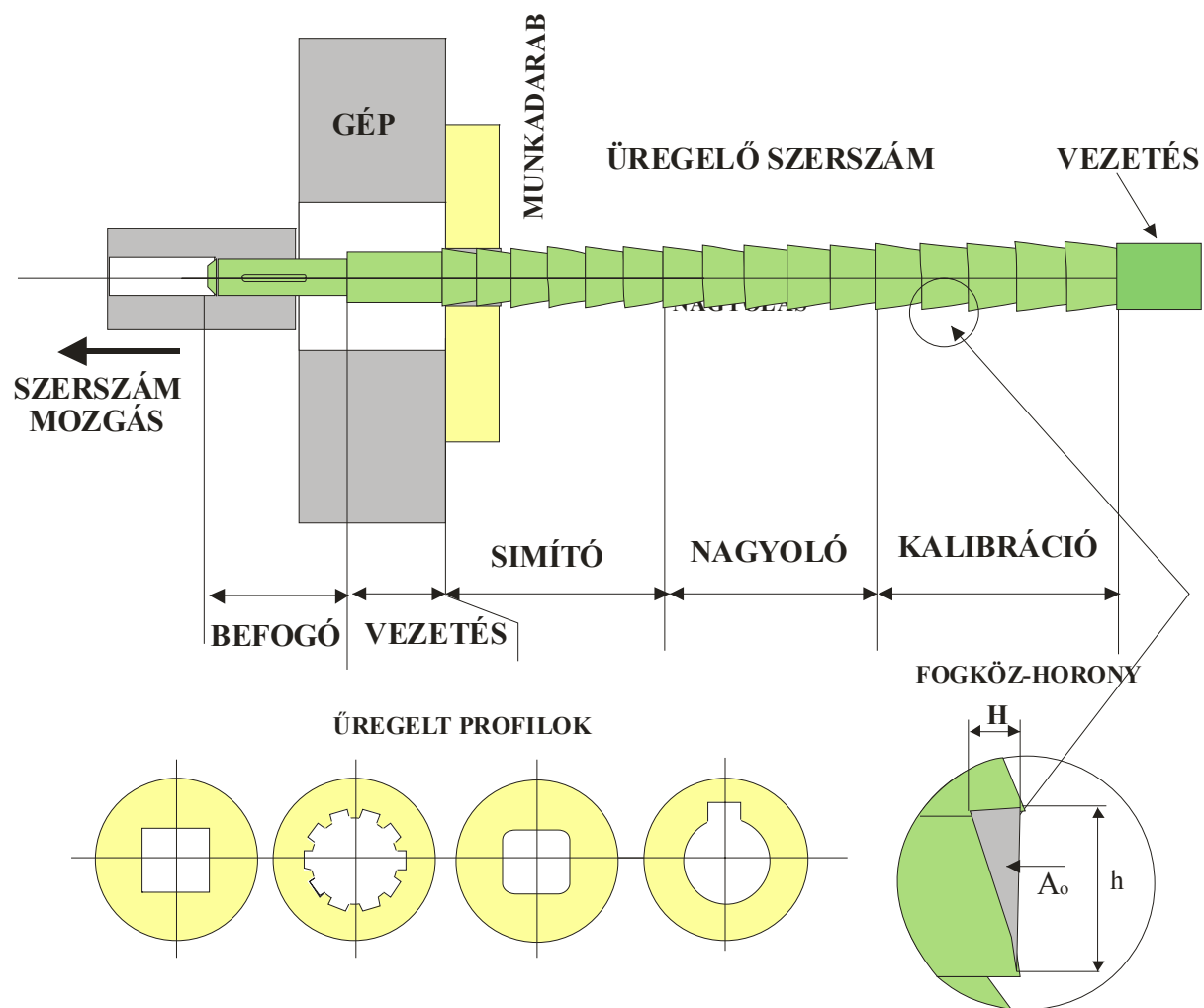
MUNKADARAB	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_c$ (m/min) -TÁRCSAFŰRÉSZ		
		FOGAK TÁVOLSÁGA [mm]		
		1÷5	÷10	7.5÷14
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	500	80÷100	70÷80	40÷50
	500÷700	70÷90	60÷70	3÷40
	700÷900	50÷60	40÷50	20÷30
	900÷1100	30÷40	25÷40	15÷20
ÖTVÖZÖTT ACÉLOK	650	30÷40	25÷40	15÷20
	750			
	850			
	950			

2.2. táblázat

MUNKADARAB	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_c$ [mm/perc] SZALAGFŰRÉSZ	FOGAK SZÁMA/cm
ÖTVÖZETLEN ACÉLOK	500	40÷45	2÷4
	500÷700	30÷49	3÷5
	700÷900	20÷30	5÷7
	900÷1100	8÷10	7÷9
ÖTVÖZÖTT ACÉLOK	650	8÷10	7÷9
	750		
	850		
	950		

## 2.2. ÜREGELÉS

### 2.2.1. MUNKATÉR

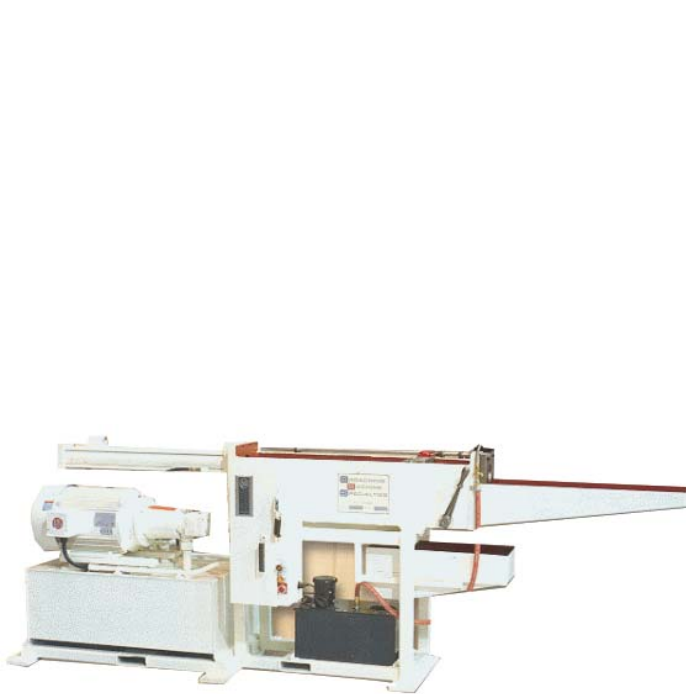


SZERSZÁMOK DOLGOZÓ RÉSZEI



2.3. ábra

## 2.2.2. GÉPEK



VÍZSZINTES

*[BMS CRUISER-120]*

MERŐLEGES

2.4. ábra

### 2.2.2.1. A HORONY MÉRETSZÁMÍTÁS

Megközelítő horonyfelület:

$$A_0 = \frac{H^2 \cdot \pi}{4} \quad (2.1.)$$

Forgács által elfoglalt felület:

$$A_r = A_k \cdot L \cdot h \quad (2.2.)$$

A biztonsági feltétel:

$$A_0 \geq A_r \Rightarrow \frac{H^2 \cdot \pi}{4} \geq A_k \cdot L \cdot h \quad (2.3.)$$

Az előző egyenletből kilehet számítani a horony biztonságos magasságát



:

$$H \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{\pi} \cdot A_k \cdot L \cdot h} \quad (2.4.)$$

Értelmezés:

L [ mm ] ....üregelt munkadarab hossza

H [ mm ] .....forgácsvastagság

 $A_k$ .....forgácskitöltési tényezőA [ mm<sup>2</sup> ] ....munkában lévő dolgozórészek által létrehozott forgács keresztmetszete.

### ■ FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉGEK

2.3. táblázat

MUNKADARAB	ÜREGELŐ FORGÁCSOLÁSI SEBESSÉG [ m/perc ]	
	BELSO	KÜLSŐ
ACÉL, ACÉLÖNTVÉNY	3	6÷10
ÖTVÖZÖTT ACÉL	2	6÷8
ÖNTÖTTVAS	3	6÷10
BRONZ, S. RÉZ	2	10÷12
KÖNNYŰFÉMEK	14 ig	12÷16

### ■ FORGÁCSOLÁSI ERŐ

Az egyszerűsített módszer (1.19.) egyenlet szerint:

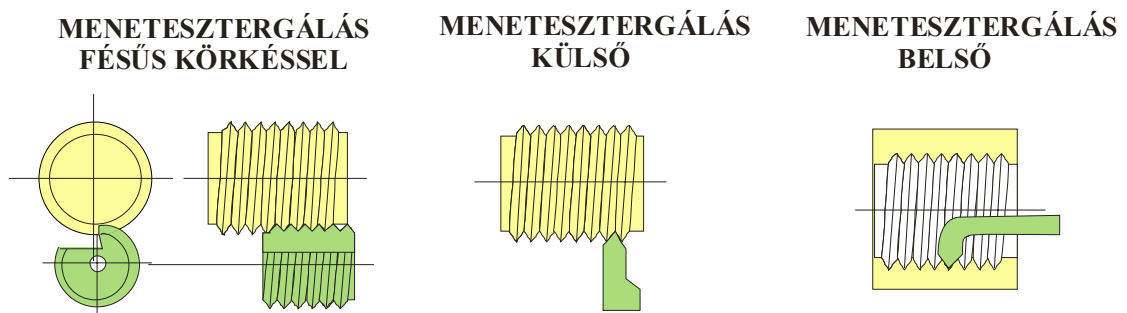
$$F_C = k_s \cdot A \quad (2.5.)$$

2.4. táblázat

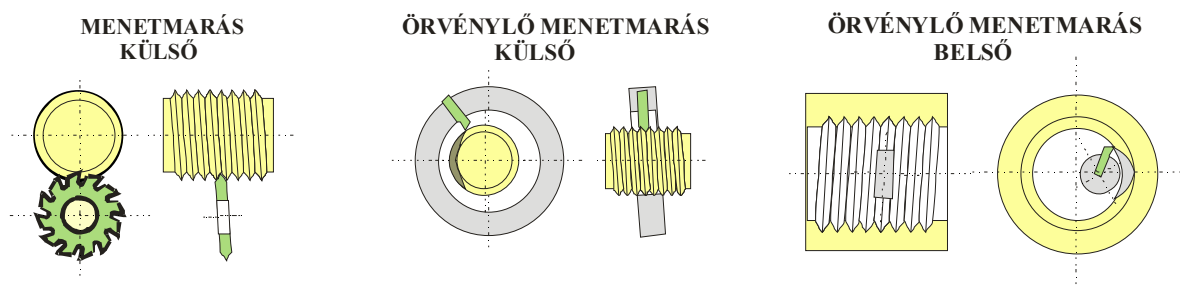
MUNKADARAB	ÜREGELŐ FAJLAGOS FORGÁCSOLÓERŐ $k_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]
ACÉL, ACÉLÖNTVÉNY	60÷100
ÖTVÖZÖTT ACÉL	110÷170
ÖNTÖTTVAS	60÷100
BRONZ, S. RÉZ	75÷120
KÖNNYŰFÉMEK	75÷100

## 2.3. MENETFORGÁCSOLÁS

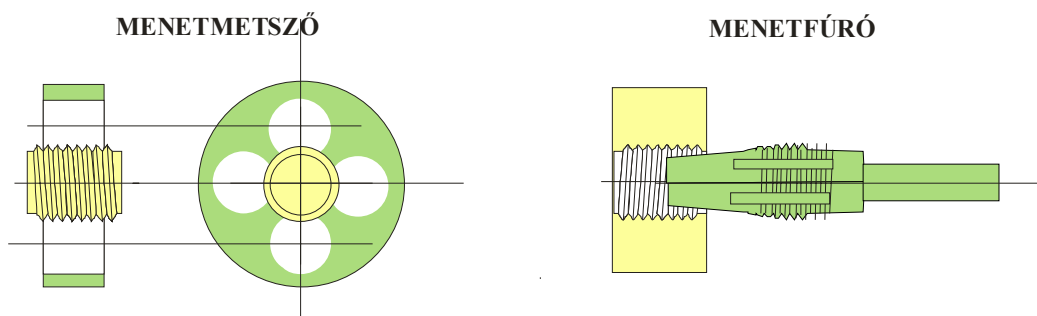
### 2.3.1.1. ESZTERGÁLÁSI FOLYAMATOK



### 2.3.1.2. MARÁS FOLYAMATOK



### 2.3.1.3. KÉZI MENETMEGMUNKÁLÁS



2.5. ábra

### 2.3.1.4. SZERSZÁMOK



2.6. ábra

## 2.4. FOGASKEREKEK FORGÁCSOLÁSI ELJÁRÁSAI

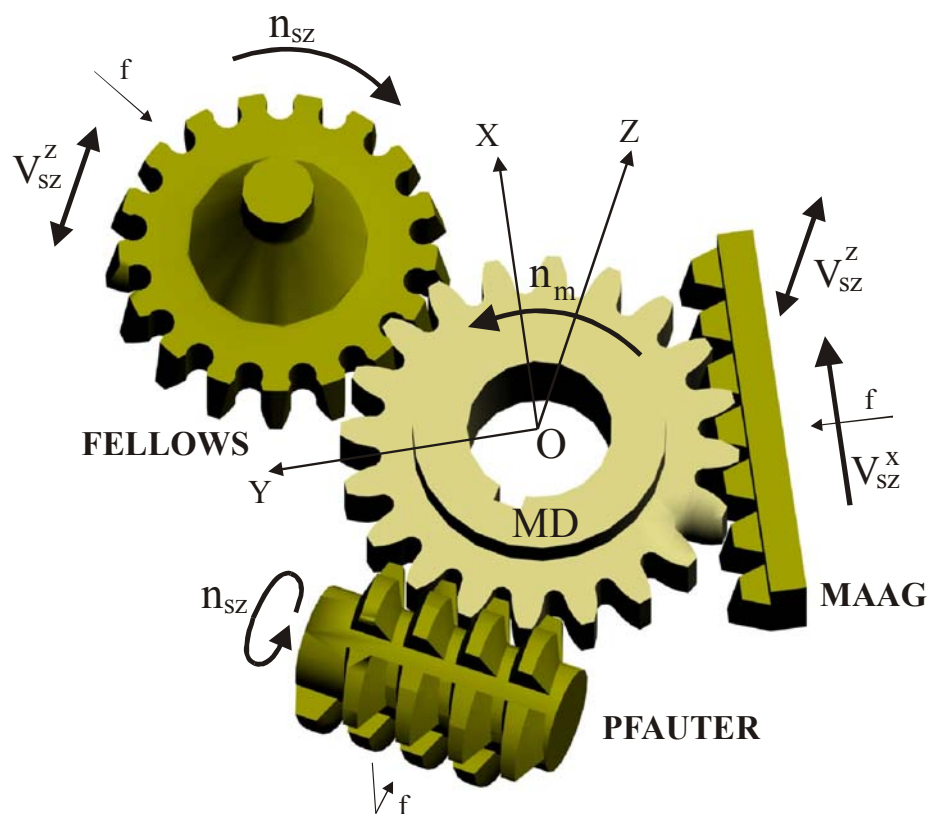
A fogaskerekek megmunkálási módjai két csoportra osztoznak:

- **Egyetemes szerszámgépekkel forgácsolt fogaskerekek** (marás, gyalulás). Ezek az folyamatok, nem a legpontosabbak, mivel egy modulra tervezett szerszámmal, a közeli modulú fogazásokat is le lehet gyártani.
- **Relatív gördülésen alapozott folyamatok**. Ezek az folyamatok (MAAG, FELLOWS, PFAUTER, GLIZON, KLINGELNBERG, ..) pontos evolvens reprodukálnak. Felelős gépegységekben (váltók, nagy fordulatszámú áttételek, stb.) kivétel nélkül, csak az utóbbi módszerekkel forgácsolt fogazásokat szabad használni.

A fogazás kialakítását követően, köszörülést alkalmaznak a felületi érdesség csökkentésére (felületfinomítás). A eljárások kinematikai szempontból megegyeznek, az alap forgácsolási módszereknél alkalmazott megoldásokkal.

### 2.4.1.1. RELATÍV GÖRDÜLÉSIMÓDSZEREK

A relatív gördülésen alapozott módszerek alkalmazásánál lefejtő szerszámokat használnak. A (3.4.) ábrán a három legismertebb módszer látható (MAAG, FELLOWS, PFAUTER).



2.7. ábra

#### 2.4.1.2. GÉPEK



[K. MACH KA200E]



[PHOENIX II]

2.8. ábra

### 2.4.1.3. SZERSZÁMOK



2.9. ábra

#### ○ KÉRDÉSEK

- Milyen fűrészelési módokat ismerünk?
- Mi az üregelés működtetési feltétele?
- Melyek az üregelő szerszám fő részei?
- Melyek a menet-megmunkálási módok?
- Melyek az alap fogaskerék megmunkálási módok?

### 3. KÜLÖNLEGES FORGORGÁCSOLÁSI FOLYAMATOK

Különleges forgácsolási folyamatoknak nevezik, azokat a technológiai eljárásokat, melyek során anyagleválasztás jön létre (forgács képződik), de nem lehet őket közvetlenül az alap eljárásokból következtetni. Ezek az utóbbi ötven évben fejlődtek ki olyan szintre, hogy operatív technológiákként lehessen őket tekinteni.

#### 3.1. SZIKRAFORGÁCSOLÁS

##### 3.1.1. GÉPEK



3.1. ábra

Ebbe a csoportba sorolják a szikraforgácsolást, koptató csiszolást, szemcseszórást, sugaras folyamatokat, elektrokémiai eljárásokat, stb....

A szikraforgácsolási eljárás műszaki összetevői a munkadarab, az elektród (szerszám) és a dielektrikum (közeg – folyadék) (4.1. ábra).

A munkadarab és a szerszám között feszültséget hoznak létre (100 ÷ 250 V). A munkadarab és a szerszám közeledés során szikra jön létre. A szikrakisülés lokális felmelegedést, és a munkadarab (de kisebb részben a szerszám) olvadását, és az anyagrészecskék leválását jelenti (forgácsolás jön létre).

A forgács eltávolítása, részben öntisztítással történik, részben pedig a dielektrikum állandó körmozgása segíti (mozgás közben szűrő segítségével választják ki a forgács szemcséket. A biztonságos forgácseltávolítását az elektród szakaszos közeledése, illetve távolodása is biztosítja. Az utóbbi funkciót huzallal működő berendezéseknél, a huzal folyamatos mozgása biztosítja.

### **3.2. KOPTATÓCSISZOLÁS**

A koptatással történő csiszolásnak két leginkább használt változatai a:

- FORGÓDOBOS ELJÁRÁS
- VIBRÁCIÓS ELJÁRÁS

A munkadarabok, (leginkább kisméretű példányok) egymásközött relatív mozgást végeznek. Ezt a mozgást, egy kis fordulatszámmal mozgó dobbal lehet elérni, vagy elektromágneses vibrátorral lehet létrehozni. A folyamat intenzitását csiszolótestekkel is lehet fokozni. A levált szemcsék mechanikus úton kihullnak a doból. A dobot folyékony közegben (víz) lehet működtetni, és így biztosítani a levált részecskék (forgács) eltávolítását. Az említett folyamatok, sokat függenek a munkadarab formájától és anyagától, úgy, hogy a végső megoldást kísérletezés segítségével lehet meghatározni.

### **3.3. SZEMCSESZÓRÁS**

Az eljárás alapja az, hogy a munkadarabot részecskékkel (homok, fémszemcse,...) ütköztetjük. Az ütköztetés következménye az anyag leválás (forgácsolás).A szemcsék áramlását (mozgását) folyékony közeggel (sűrített levegő, víz), vagy forgó keménygumilapátokkal biztosítják.

Az eljárást felületi finomításra, tisztításra (festéselőtti eljárás) hasznosítják.

### 3.3.1. GÉPEK



*[CANABLAST]*



*[CANABLAST]*



*[ABC BLAST LLC]*

3.2. ábra

### 3.4. SUGARAS FOLYAMATOK

A sugaras folyamatok a következők:

- LÉZER-sugárral történő megmunkálás.
- ELEKTRON-sugárral történő megmunkálás.



- JONIZÁLT-sugárral történő megmunkálás.

Az alap eljárás mind a három esetben azonos: foton részecskék (lézer), elektronok (elektron), *He* jónok (jonizált) igen kis felületre való sűrítése ( $0,001 \div 0,25 \text{ mm}^2$ ). A sűrített energia felhasználható lemezvágásra, esztérgálásra, ...).

### 3.4.1. GÉPEK



*[KNUTH LASER-JET]*



*[KNUTH ECO-PLAZMA]*



VÍZSUGARAS GÉP  
*[KNUTH ECO 0515]*

3.3. ábrák

- VÍZSUGARRAL történő megmunkálás.

Az eljárás alapja az, hogy a víz nagy nyomás alatt ( $300 \div 500 \text{ Mpa}$ ), abrazív anyag hozzáadás, (vagy az nélkül) hat a munkadarab felületére, és folyamatos anyagroncsolást hoz létre. Ez

eljárás előnye az, hogy, a hőenergia eltávolítása folyamatos, így a munkadarab felmelegedése minimális.

### **3.5. EKEKTROKÉMIAI ÉS EGYÉBB FOLYAMATOK (FELSOROLÁS)**

Többek között, ide sorolhatók (gépészetben használt):

- Elektrokémiai maratás
- Elektrokémiai polírozás
- Elektrokémiai süllyesztés
- Mágneses abrázió
- Ultrahangos abrázió
- Hónolás
- Tükrösítés (leppelés).....

#### **○ KÉRDÉSEK**

- Mi a szikraforgácsolás működtetési alapja?
- Mi a koptatás működtetési alapja?
- Milyen koptató folyamatokat különböztetünk?
- Mi a szemcseszórás működtetési elve?
- Melyek a sugár folyamatok alap módjai?
- Melyek a vízsugár eljárás előnyei?

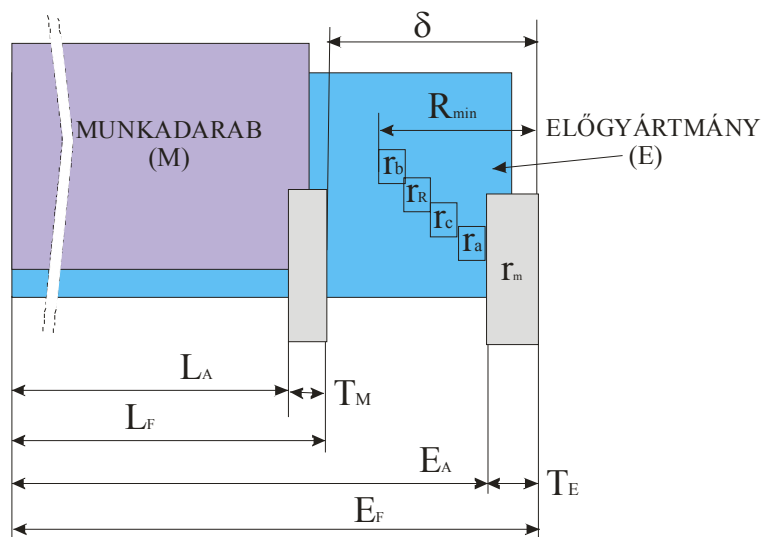
## 4. ELŐGYÁRTMÁNY

A soron levő ( $M$ ) munkadarab méretei és alakja előállításához szükséges, az előző megmunkálási folyamat során legyártott ( $E$ ) munkadarabot (nyersanyag) **ELŐGYÁRTMÁNY**-nak nevezzük.

Az előgyártmány anyaga, és a kidolgozására alkalmazott technológiáknak biztosítaniuk kell a soron levő munkadarab valamennyi előlátott tulajdonságát. E tulajdonságok egyértelműen a munkadarab műhelyrajzán találhatók.

A soron levő munkadarab mechanikai tulajdonságai valamint a kialakítási forma határozzák meg az előgyártmány kidolgozása során alkalmazott technológiát (hengerlés, öntés, kovácsolás, sajtolás).

$$R = r_m + r_a + r_c + r_R + r_b \quad (4.1)$$



4.1. ábra

Az előgyártmány kidolgozása során véges hibák jönnek létre. Ezeket a hibákat, *örökölt hibák* –nak nevezik.

Az örökölt hibákat (azok méreteit) a munkafelületre merőleges irányban (az anyag belsejébe irányítva) számítjuk.

Az örökölt hibák összegezve ( $R$ ), a következők:

Értelmezés:

$r_m$ ... Az előgyártmány mérethibája – tűrése ( $T_E$ )

$$r_m = T_E \quad (4.2)$$

$r_a$ ... Az előgyártmány alakhibája (5.1. táblázat).

4.1. táblázat

MÉRETEK [mm]		ALAKHIBÁK (ALAKTŰRÉSEK) $r_a$ [ $\mu\text{m}$ ]									
		PONTOSSÁGI TARTOMÁNY~ÉRDESSÉGI OSZTÁLY									
TARTOMÁNY	Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EGYENESSÉG ÉS SÍKLAPUSÁG TŰRÉSTARTOMÁNY (T)											
	10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
10	25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
25	60	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
60	160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
160	400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
400	1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
KÖRALAKÚSÁG ÉS HENGERESSÉG TŰRÉSTARTOMÁNY (T)											
	6	0,3	0,5	0,8	12	2	3	5	8	12	20
6	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
18	50	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
50	120	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
120	260	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	44	60

$r_C$ ... Az előgyártmány felületéhez tartozó sérült réteg vastagsága ( tábl)

$$r_C = C \quad (4.3)$$

$r_R$ ... Az előgyártmány felületének érdessége ( $R_Z$  - egyenetlenség magassága)

$$r_R = R_Z \quad (4.4)$$

$r_b$ ...Az előgyártmány helyzet-meghatározási hibája (készülék hiba, tokmány excentricitása. Stb.). A megfelelő méretek megállapításánál, a munkadarab

tűrését kel alapul venni, azzal, hogy a helyzet-meghatározási hibákat két tűréstartománnyal jobb minőségbe kel sorolni. Pl., ha a munkadarab méretei **h7** – es tartományban vannak megállapítva, akkor a készülékek helyzet-meghatározási hibái **h5** – ös tartományban javasoltak.

Az örökölt hibák nagyságát részben táblázatokból (tűrések, sérült réteg), részben utólagos mérések alapján lehet meghatározni.

Az örökölt hibákat (meghibásodott réteg), a soron levő munkadarab forgácsolása során elkel távolítani, vagyis ez a réteg a minimális ( $\delta_{min}$ ) ráhagyást jelenti.

$$\delta_{min} = R_{min} \quad (4.5)$$

Az utolsó ( $\delta$ ) tényleges ráhagyás szabványos hengerelt szelvények esetében nagyobb, mivel a kiválasztás során az első nagyobb méretet kel nyersanyagként választani. Ez érvényes akkor is, ha egyszerűsítési megfontolásból, vagy ha az eljárásból adódott különlegességek miatt, az előgyártmány alakja nem kíséri teljesen a munkadarab végleges alakját.

$$\delta \geq R_{min} \quad (4.6)$$

Értelmezés:

$L_A$ ...a munkadarab méretének alsó határa

$L_F$ ...a munkadarab méretének felső határa

$E_A$ ...az előgyártmány méretének alsó határa

$E_F$ ...az előgyártmány méretének felső határa

$T_M$  . a munkadarab névleges méretének tűrése

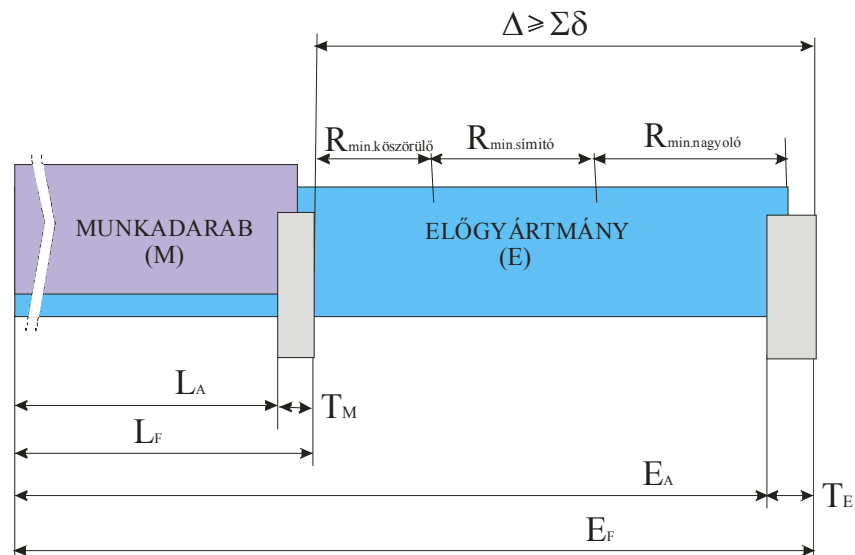
$T_E$  . az előgyártmány névleges méretének tűrése

$\delta_{min}$ .. minimális ráhagyás

$\delta$ .. tényleges ráhagyás

A ráhagyás ( $R$ ) meghatározása az előgyártmány méretéhez kötődik. Mivel ezt a méretet előre nem ismerjük (hiszen e méretet meg kel határozni), a ( $\delta$ ) tényleges ráhagyást feltételesen, a munkadarab névleges méretei alapján határozzuk meg, majd a számítást követően ellenőrizzük, eleget tettük e a(5.6.) feltételnek.

A ráhagyás ( $R$ ) meghatározását meg kel ismételni valamennyi, egymást követő fogásra (nagyolás, simítás, köszörülés,..). Az így meghatározott ( $\Delta$ ) ráhagyások összege, egy soron levő méretnek a *teljes ráhagyását* képezi.



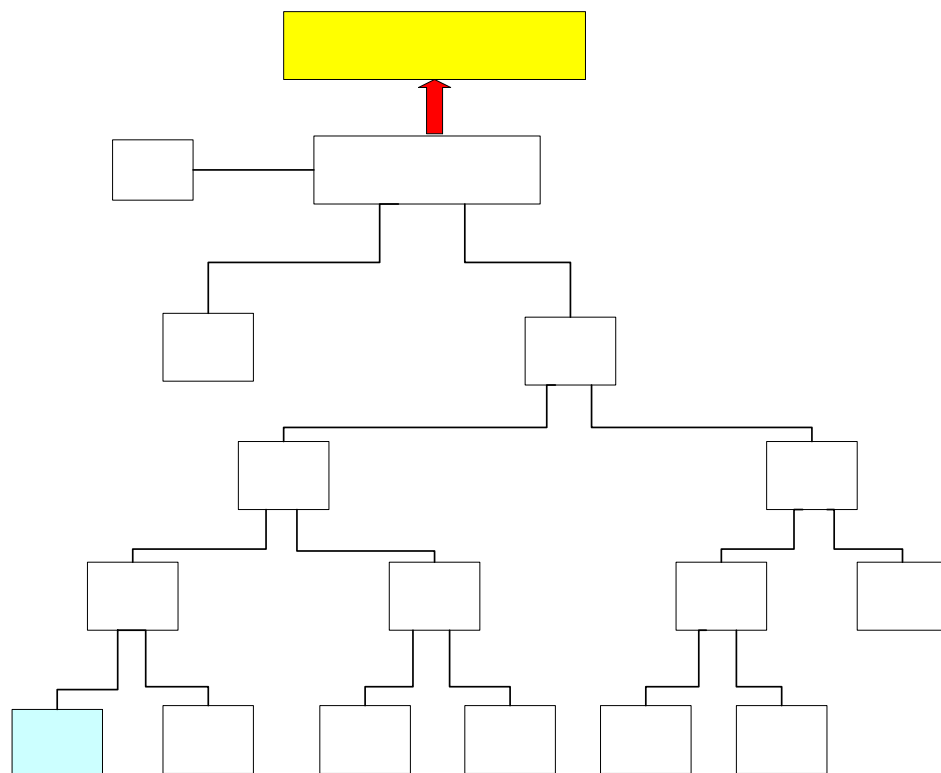
4.2. ábra

$$\Delta = \sum \delta \geq R_{\min \text{ NAGYOLÓ}} + R_{\min \text{ SÍMITÓ}} + R_{\min \text{ KÖSZÖRŰLŐ}} + \dots \quad (4.7)$$

### ○ KÉRDÉSEK

- Melyek a ráhagyás összetevői?
- Összetett forgácsolási folyamat ráhagyásainak meghatározása.
- Mitől függ az előgyártmány kivitelezési formája?

## 5. A NORMAIDŐ ELEMZÉSE



$$t_{dn} = t_{sor} / n =$$

5.1. ábra

Értelmezés

$n$

$$t_{sor} = t_{eb}$$

$t_{fg}$ ....A FŐ GÉP IDŐ

A technológiai számítások alapján meghatározott idő. Csak az idő, mely a közvetlen forgácsra van elhasználva.

$t_{fk}$ ....A FŐ KÉZI IDŐ

A technológiai tapasztalatok – (mérések) alapján meghatározott idő. Csak az idő, mely a közvetlen kézimunkára van elhasználva.

$t_{eb}$

**$t_{mg} \dots$  A GÉPI MELLÉKIDŐ**

A forgácsolási folyamat során igényelt idő (munkadarab befogás, szerszámbeállítás, mérések, stb).

 **$t_{mk} \dots$  A KÉZI MELLÉKIDŐ**

A kézimunkai folyamat során igényelt idő (munkadarab befogás, szerszámbeállítás, mérések, stb).

 **$t_{km} \dots$  A KISZOLGÁLÓ MŰSZAKI IDŐ**

Szerszámélesítések, forgácseltávolítás, gépbeállítás, stb....

 **$t_{ksz} \dots$  A KISZOLGÁLÓ SZERVISZ IDŐ**

A munkás aktivitása a gép napi karbantartásában, kisebb javítások. Karbantartások öszidő, a főidőre számított (k)hányada.

$$t_{ksz} = t_{fk}$$

 **$t_f \dots$  A FŐ IDŐ**

$$t_f = t_{fg} + t_{fk}$$

 **$t_m \dots$  A MELLÉKIDŐ**

$$t_m = t_{mg} + t_{mk}$$

 **$t_k \dots$  A KISZOLGÁLÓ IDŐ**

$$t_k = t_{km} + t_{ksz} = t_{km} + t_{fk}$$

 **$t_{sp} \dots$  A PIHENŐ ÉS EGZÉBB IDŐK**

Étkezés, egyéni szükségletek, műszaki tanácskozások, dokumentáció tanulmányozása

 **$t_{da} \dots$  AZ ALAP DARABIDŐ**

$$t_{da} = t_f + t_m = (t_{fg} + t_{fk}) + (t_{mg} + t_{mk}) \quad (5.1)$$

 **$t_p \dots$  A PÓTIDŐ**

$$t_p = t_k + t_{sp} = (t_{km} + t_{fk}) + t_{sp} \quad (5.2)$$

 **$t_d \dots$  A DARABIDŐ**

$$t_d = t_{da} + t_p = (t_{fg} + t_{fk}) + (t_{mg} + t_{mk}) + (t_{km} + t_{fk}) + t_{sp} \quad (5.3)$$



**$t_{eb}$ ...AZ ELŐKÉSZÍTŐ ÉS BEFEJEZŐ IDŐ**

Egy (n) nagyságos sorozatra vonatkozó előkészületek, anyag géphez és géptől való szállítás, szerelési vonalak felszerelése, aktív ellenőrzések. Külön kiesések (rövid áramkiesés, stb.)

 **$n$ ...A SOROZATBAN LEGYÁRTOTT DARABSZÁM** **$t_{sor}$ ...A SOROZATIDŐ**

$$t_{sor} = t_{eb} + n t_d \quad (5.4)$$

 **$t_{dn}$ ...EGY SOROZATBAN GYÁRTOTT NORMA DARABIDŐ**

$$t_{dn} = \frac{t_{sor}}{n} = \frac{t_{eb}}{n} + t_d \quad (5.5)$$

**○ KÉRDÉSEK**

- Melyek a darabidő összetevői?
- Hogy határozzák meg a sorozatidőt?
- Hogy függ a sorozatidő a sorozat nagyságától?

## 6. KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS

A költségszámítás, egy működő rendszer életében, a legfontosabb folyamatok közé tartozik.

A marketing (piacgazdálkodás) összesíti mind azokat a tényezőket melyek meghatározzák a piacon való helymegállást. A véglegesen számlázott ár ( $SZ_A$ ) létfontosságú kérdés, ezért ez külön tudományágat képez. Az alapozó összetevők (idő, pénz) meghatározása túlhaladja e tárgy tartalmát.

A műszakilag meghatározót tényezők csak egyikek az összetevők közül, és csak az előállítási önköltségekre korlátozódnak, de még azon belül is igen bonyolult összefüggések léteznek a marketing többi részeivel.

A mondottak miatt, a bemutatott elemzés csak tájékoztatásként szolgál, és a költségek struktúrájára utal.

A számításokra vonatkozó adatok minden egyes üzemben változnak, és függnék a cég programjától, piaci helyzetétől, a konkurenciától, belső és külső szervezetségtől, stb., és esetenként külön kel őket a rendszeren belül meghatározni.

A számlázott ár ( $SZ_A$ ) összetevői a következők (a számítás egy alkatrészre vonatkozik):

$$SZ_A = K_O + K_M + K_P + K_A \quad (6.1)$$

Ahol:

- **$K_O$ ....ELŐÁLLÍTÁSI ÖNKÖLTSÉG**

$$K_O = K_a + \sum_{i=1}^z (K_b \cdot K_r \cdot K_g \cdot K_k \cdot K_{sz})_i \quad (6.2)$$

- **$K_A$ ...AZ ANYAGKÖLTSÉGEK**

$$K_a = G \cdot A_{\dot{A}} \quad (6.3)$$

$G$ ...az alkatrész nettó tömege (kg)

$A_{\dot{A}}$ ..fajlagos anyagár

- **$K_b$ ...A bérkötség**

$$K_b = m' \cdot \frac{t_e}{n} + \frac{t_p}{n} \cdot m'' + m \cdot t_d \quad (6.4)$$

$n$ ..egy sorozatban legyártott munkadarabok száma

$t_e$ .. előkészítő és befejező idő

$t_p$ ...pótidő

$t_d$ ...darabidő

$m'$ ,  $m''$ ,  $m$ ...megfelelő órabérek.

- **$K_r$ ...Rezsi költség**

$$K_r = K_b \cdot \frac{R}{100} \quad (6.5)$$

$R$ ...csak azok az állandó darabszámtól független költségek, melyek közvetlenül a munkahelyhez kapcsolódnak (világítás, fűtés, eszköz amortizáció, kiszolgáló személyzeti költségek).Ez jelentős összeg is lehet (100÷1000 ig).

- **$K_g$ ... Gépköltség**

$$K_g = \frac{A_g \cdot \left( \varphi_g + \frac{R_g}{100} \right)}{60 \cdot H_{\text{év}}} \cdot t_{dn} \quad \varphi_g = \frac{g \cdot (1+g)^{a_g}}{(1+g)^{a_g} - 1} \quad (6.6)$$

$a_g$ ...a gép amortizációideje (évek)

$A_g$ ...a gép beszerzési ára

$R_g$ ... a gép járulékos költsége (%)

$H_{év}...$  a gép évenkénti munkaideje (nap/évente)

$g.....$  átlagos évi kamat

- **$K_k...$  Készülék költség**

$$K_k = \frac{A_k \cdot \left(1 + \frac{R_k}{100}\right)}{n_k} \quad (6.7)$$

$A_k...$  A készülék ára

$R_k...$  a készülék járulékos költsége (%)

$n_k...$  a készülék évente gyártott száma

- **$K_{sz}...$  Szerszám költség**

$$K_{sz} = \frac{A_{sz} \cdot \left(1 + \frac{R_{sz}}{100}\right)}{n_t} \quad (6.8)$$

$A_{sz}...$  A szerszám ára

$R_{sz}...$  a szerszám járulékos költsége (%)

$n_t...$  a szerszám élettartama alatt legyártott munkadarabok száma

$i.....$  műveletek száma egy munkadarabon

- **$K_M....$  BELSŐ MŰKÖDTETŐ KÖLTSÉGEK**

$$K_M = \frac{M}{n_s} \quad (6.9)$$

$M...$  Ide kel sorolni az általános (egy sorozatra esedékes) rezsi költségeket, fejlesztési költségeket, igazgatási költségeket (biztonság, tűzoltóság, étkezés, stb.).

$n_s....$  egy sorozatban legyártott darabszám

▪  **$K_P$ ....PIACKÖLTSÉGEK**

$$K_P = \frac{P}{n_s} \quad (6.10)$$

$P$ ... Egy sorozatra esedékes piackutatási, reklám, értékesítési tevékenységek, engedmények, profit, kockázat, kirendeltségek, stb.

▪  **$K_A$ ....ÁLLAMI (ÁFA) KÖLTSÉGEK**

$$K_A = \frac{A}{n_s} \quad (6.11)$$

$A$ ... Egy sorozatra esedékes állami forgalmi adó

Egy ( $SZ_{AS}$ ) sorozat számlázott ára az ( $SZ_A$ ) egy termékre vonatkozó ár és a sorozatba legyártott ( $n_s$ ) darabszám szorzata. Látható, hogy a sorozatra vonatkozó ár része független a darabszámtól, egy része pedig közvetlenül az ( $n_s$ ) darabszámtól függ:

$$SZ_{AS} = SZ_A \cdot n_s = B + A \cdot n_s \quad (6.12)$$

## 6.1. KRITIKUS SOROZAT

Az előző elemzésből látható, hogy az ( $SZ_{AS}$ ) sorozat számlázott, ár függ a gyártásban használt gépek és készülékek árától, valamint a munkaidők és egyéb költségeiktől.

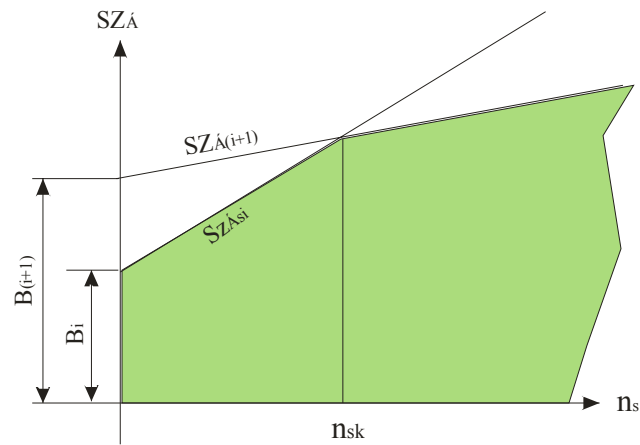
Két különböző költségekkel létrehozott termelés, ( $SZ_{ASi}$ ,  $SZ_{AS(i+1)}$ ) sorozat számlázott árai összehasonlítása:

$$SZ_{ASi} = B_i + A_i \cdot n_s \quad (6.13)$$

$$SZ_{AS(i+1)} = B_{(i+1)} + A_{(i+1)} \cdot n_s \quad (6.14)$$

Azt a ( $n_s$ ) sorozatszámot, melynél az ( $SZ_{ASi}$ ,  $SZ_{AS(i+1)}$ ) sorozat számlázott árak megegyeznek, ( $n_{sk}$ ) *kritikus* sorozatnak nevezzük. Az ( $n_{sk}$ ) – től kisebb sorozatokat az ( $SZ_{ASi}$ ) költségekkel létrehozott termelést kel alkalmazni, ettől nagyobb sorozatok esetében pedig az ( $SZ_{AS(i+1)}$ ) költségekkel létrehozott termelés a javasolt.

$$n_{sk} = \frac{B_{(i+1)} - B_i}{A_i - A_{(i+1)}} \quad (6.15)$$



6.1. ábra

### ○ KÉRDÉSEK

- Melyek a számlázott költség összetevői?
- Mi a rezsiköltség?
- Mi a piacköltség?
- Mi a belső működtetői költség?
- Milyen amortizációs költségeket lehet megkülönböztetni?
- Mi a kritikus sorozat jelentősége?

## FELHASZNÁLT IRODALOM

[1]	Ačerkan, Spravočnik mašinostroitelja, G.N.T.I., Moskva, 1964.
[2]	Adolf Frischherec-W.D-K.G-W.H.-H. I.-G.K.-Martin Staniczek,Fémtechnológiai táblázatok, B+V Lap-és Könyvkiadó Kft.
[3]	Branko Ivkovic, Obrada metala rezanjem, Građevinska knjiga, Beograd, 1979.
[4]	Bakondi Károly, Forgácsolásmélet és forgácsolótechnológia I, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
[5]	Bali J, Forgácsolás, Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
[6]	Bálint L, A forgácsoló megmunkálások tervezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958.
[7]	Bálint L, Gépgyártástechnológia III, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
[8]	Bálint L.-Kardos L.-Kazár L.-Leskó B., Gépgyártástechnológiai enciklopédia, Tankönyvkiadó, Budapest, 1972.
[9]	Dudás Illés, Gépgyártás-technológia II, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2001.
[10]	Dudás Illés, Gépgyártás-technológia I, Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2003.
[11]	Dénes Miklós-Örffy Pál-Rudas János, Forgácsolásmélet-forgácsolótechnika II, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976.
[12]	Dormán Lajos, Szerkezetelemek I, Udarnik, Szabadka, 1983.
[13]	Dragoje Milikić, Tehnologija obrade rezanjem, Neoplanta, Novi Sad, 1999.
[14]	Horváth Mátyás - Markos Sándor, Gépgyártástechnológia, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2003.
[15]	Herbwerg Károly-Iliász Dimitrisz-Kalászi István-Rezek Ödön-Tóth István, A gépgyártás technológiája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
[16]	Hitomi K., Manufacturing Systems Engineering, Taylor and Francis, London, 1979.
[17]	Joko Stanic, D.M.,T.J., V.G., Masinska obrada, Privredni pregled, Beograd, 1977.
[18]	Janik József, Gyalulás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.
[19]	Kalán-Huszák-Mátray, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.
[20]	Kálmán József, A gazdaságos forgácsolás számítóábrái, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1963.
[21]	Knoll Imre, Furatmegmunkálás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
[22]	Kozmacev, Gépgyártástechnológia, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
[23]	Pavle Stanković, Mašinska obrada, Građevinska knjiga, Beograd, 1971.
[24]	Szenczi Gyula, Gyalu és vésőgépek, Táncsics Könyvkiadó, Budapest, 1965.
[25]	Szenczi Gyula, Marós, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
[26]	Szilágyi László-Váradi András-Balázs Imre-Kádar István, Gyártástechnológia I..Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.

## TÁRGYSZAVAK JEGYZÉKE

### A

ALAKVÁLTOZÁS, 10, 68, 69, 71, 72  
ALAKVÁLTOZÁSI TÉNYEZŐ, 9, 40  
ALAP DARABIDŐ, 154

### B

bérlétsé, 13, 157

### C

CSÚCSNÉLKÜLI KÖSZÖRÜLÉS, 115

### D

DARABIDŐ, 154, 155  
DIFERENCIÁL OSZTÓFEJ, 11, 97  
DOLGOZÓRÉS, 9, 39, 46, 50  
DOLGOZÓRÉS KOPÁSMÉRETE, 9, 50

### E

EGYÉB OSZTÓFEJEK, 11, 100  
EGYSZERŰSÍTETT MÓDSZER, 8, 27  
Előállítási önlétsé, 13, 157  
ELŐGYÁRTMÁNY, 3, 13, 149  
ELŐTOLÁS, 11, 65, 67, 68, 80, 88, 107, 109, 110, 125  
ÉRDESSÉG, 9, 11, 44, 49, 109  
ÉRDESSÉG NŐVEKEDÉS, 9, 49  
ESZTERGAPADOK, 9, 57

### F

FŐ FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG, 19  
FŐ FORGÁCSOLÓSEBESSÉG, 8, 19  
FŐ IDŐ, 154  
FOGASKEREKEK, 13, 122, 139  
FOGÁSOK SZÁMA, 10, 11, 75, 81, 112  
FOLYAMATOS MOZGÁS, 8, 22  
FORDULATSZÁM, 10, 11, 12, 74, 75, 90, 91, 110, 111, 126, 127  
FORGÁCS, 9, 40, 46  
FORGÁCSALAKOK, 9, 42  
FORGÁCSKÉPZŐDÉS, 8, 9, 16, 40  
FORGÁCSOLÓ ERŐK, 26, 27, 103  
FORGÁCSOLÓ SEBESSÉG, 17, 18, 19, 22, 64, 134  
FORGÁCSOLÓ SEBESSÉGEK, 17, 22, 134  
FORGÁCSOLÓERŐ, 10, 11, 26, 69, 71, 72, 106, 137  
FORGÁCSOLÓERŐK, 8, 11, 26, 27, 103  
FORGÁCSOLÓSEBESSÉG, 19  
FORGÁCSTÖRŐ, 9, 38  
FÚRÁS, 10, 48, 83

FŰRÉSZELES, 13, 131  
FŰRÉSZELESI MÓDOK, 13, 131

### G

GÉP IDŐ, 153  
Géplétsé, 13, 157  
GYALULÁS, 10, 48, 50, 77

### H

HŐELOSLÁS, 9, 45  
HOMLOKESZTERGÁLÁS, 9, 10, 61, 62, 75  
HORONY, 13, 136  
HŰTŐ-KENŐ FOLYADÉKOK, 46

### I

irányítás, 15

### K

KEMÉNYFÉMEK, 8, 9, 32, 39, 122  
Kerámia, 32  
KERÁMIALAPKÁK, 9, 39  
Készülék létsé, 158  
KETŐSLÖKET, 80, 81  
KÉZI IDŐ, 153  
KISZOLGÁLÓ IDŐ, 154  
KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS, 13, 156  
KOPÁSKRITÉRIUMOK, 9, 49  
KOPTATÓ CSISZOLÁS, 144  
KÖRALAKÚ MEGMUNKÁLÁS, 12, 127  
KORONG, 12, 117, 119, 126, 127  
KORONG SZILÁRDSÁGA, 12, 119  
KÖSZÖRŰK HASZNÁLATA, 12, 121  
KÖSZÖRŰKORONG, 12, 126  
KÖSZÖRÜLÉS, 12, 48, 113, 115, 123, 124, 125  
KÖSZÖRÜLŐ RÁHAGYÁSOK, 9, 10, 61, 62, 63  
KÖTŐANYAG, 118  
KRITIKUS SOROZAT, 13, 159  
KRONENBERG MÓDSZER, 8, 20, 30

### L

LAPKASZORÍTÓ, 9, 38

### M

MARÁS, 11, 13, 48, 92, 106, 107, 123, 124, 138  
megmunkáló rendszer, 2, 46  
MELLÉKIDŐ, 154  
MENETFORGÁCSOLÁS, 13, 138  
MÉRETHIBA, 9, 49



MÉRVADÓ ELŐTOLÁS, 11, 110  
MÉRVADÓ FORDULATSZÁM, 10, 11, 75, 91, 111  
MUNKADARAB FORDULATSZÁM, 12, 126, 127  
MŰSZAKI IDŐ, 154

## N

NAGYOLÓ RÁHAGYÁSOK, 9, 60, 61, 63  
NC OSZTÓFEJ, 11, 99  
NORMAIDŐ, 13, 153  
nyersanyag, 149

## O

örökölt hibák, 149, 151  
OSZTÓFEJ, 11, 96, 97

## P

PALÁSTESZTERGÁLÁS, 9, 10, 60, 63, 75  
PALÁSTMARÁS, 11, 50, 93, 108, 109  
Piac költség, 159  
Piac költségek, 159  
Piacköltségek, 13, 159  
POROZITÁS, 12, 119  
PÓTIDŐ, 154

## R

RELATÍV GÖRDÜLÉSI, 13, 140  
Rezsi költség, 13, 157

## S

SEBESSÉG, 18, 19, 64, 88, 103, 111, 119, 121, 137  
SEBESSÉGEK, 10, 11, 12, 13, 64, 79, 87, 102, 119, 137  
SÉRÜLT RÉTEG, 47

SÍK KÖSZÖRÜLÉS, 48  
SÍKALAKÚ MEGMUNKÁLÁS, 12, 127  
SOROZAT, 159  
SOROZATIDŐ, 155  
SUGARAS FOLYAMATOK, 13, 146  
SZABVÁNYOS ELŐTOLÁSOK, 8, 24  
SZABVÁNYOS FORDULATSZÁMOK, 8, 23  
SZEMCSE, 118, 119  
szerszám, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 32, 36, 39, 42, 45,  
46, 48, 49, 51, 53, 65, 67, 73, 74, 76, 77, 79, 80, 84,  
90, 92, 93, 94, 107, 108, 110, 112, 113, 123, 142, 144,  
158  
Szerszám költség, 158  
SZERSZÁMFAJTÁK, 9, 59  
SZERSZÁMFUNKCIÓK, 9, 58  
SZERSZÁMKOPÁS, 9, 48  
SZERSZÁMOK, 9, 10, 11, 13, 58, 79, 86, 100, 135, 139,  
141  
SZERSZÁMSÍKOK, 8, 34  
SZERSZÁMSZÖGEK, 8, 35  
SZERVISZ IDŐ, 154

## T

TELYESÍTMÉNY, 10, 11, 12, 76, 81, 91, 105, 112, 129  
TERMELÉKENYSÉG, 10, 11, 12, 76, 82, 91, 112, 130

## U

ÜREGELÉS, 13, 135  
ÜREGESZTERGÁLÁS, 9, 10, 63

## W

WALICH MÓDSZER, 8, 20, 21