

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
KÖZLEKEDÉSGÉPÉSZETI INTÉZET**

Igaz Jenő

Forgácsoló megmunkálás II/1.

(A forgácsolás elmélete)

KÉZIRAT

NEMZETI TANKÖNYVKIADÓ, BUDAPEST

A jegyzet lektorálta:

Dr. BALI JÁNOS egyetemi docens

Tartalomjegyzék

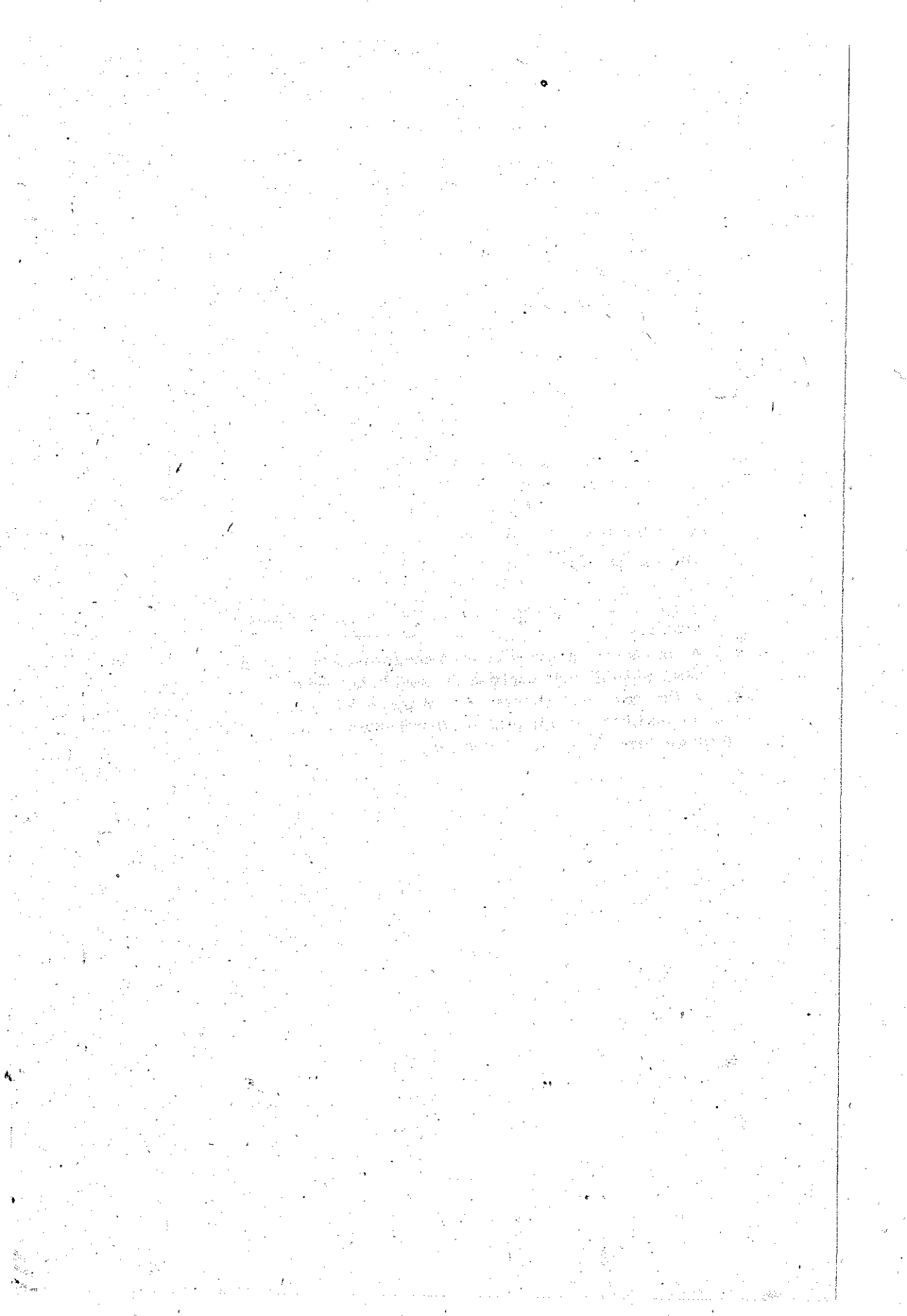
ELŐSZÓ	9
BEVEZETÉS	11
- Irodalomjegyzék	16
1. FORGÁCSOLÁSI ALAPFOGALMAK	21
1.1 A munkadarabbal összefüggő alapfogalmak	22
1.2 A forgácsolómozgással kapcsolatos alapfogalmak	22
1.3 Szerszám alapfogalmak	24
1.4 A forgácsal összefüggő alapfogalmak	27
1.5 Forgácsolási módok	30
- A fejezethez felhasznált és ajánlott irodalom jegyzéke	43
2. GYÁRTÁSGEOMETRIAI ALAPISMERETEK	45
- A fejezethez felhasznált irodalom	56
3. FORGÁCSOLOSZERSZÁMOK ELGEOMETRIÁJA	57
- Felhasznált irodalom	71
4. A FORGÁCSKÉPZŐDÉS FOLYAMATA	73
4.1 A forgácsképződés vizsgálati módszerei	75
4.2 A forgácsstő alakváltozásai	76
4.3 Forgácsfajták	84
4.4 Forgácsalakok és a forgácsstérfogati tényező	89
4.5 A forgácsolási keményedés és a felületi réteg tulajdonságai	94
- A fejezethez felhasznált és ajánlott irodalom jegyzéke	98
5. A FORGÁCSOLÁS ERŐ- ÉS TELJESÍTMÉNYSZÜKSÉGLETE	99
5.1 A forgácsolóerő meghatározásának módszerei	101
5.11 A forgácsolóerő meghatározása teljesítmény- méréssel	103
5.12 A forgácsolóerő meghatározása közvetlen erő- méréssel	105
5.13 A forgácsolóerő meghatározása számítással ..	106
5.14 A forgácsolóerő meghatározása számítással fajlagos erőmutatók alapján	110
5.141 A fajlagos forgácsolóerő	110

5.143 A fajlagos ártételés	115
-5.15 A fergőcsővíz meghatározása számítási csatlós fergőcsővíz-hálózat segítségével ..	115
5.16 A fergőcsővíz és a fergőcsővíz teljesítmény meghatározása tételekkel vagy számogramok segítségével	125
5.2 Fajlagos fergőcsővízteljesítmény	127
- A fajlagos teljesítmény meghatározása	129
6. A FERGŐCSŐVÍZ MEGHATÁROZÁS MŰSZERES MÓDSZEREI	131
6.1 A fergőcsővíz hővezetési tényezője, a fergőcső hőállapota	131
6.2 A fergőcsővíz hővezetési tényezőjének meghatározása - A fajlagos teljesítmény meghatározása	136
7. A FERGŐCSŐVÍZ MEGHATÁROZÁS MŰSZERES MÓDSZEREI	145
7.1 Fergőcsővíz meghatározásának lépései	145
7.2 A szerelési módok és a szerelési módok kapcsolata	154
7.3 A szerelési módokra ható tényezők	165
7.31 Az ártételés és a fergőcsővíz viszonyai közötti összefüggés	165
7.32 A hővezetési tényező és a fergőcső- víz viszonyai közötti ártételés	166
7.33 A szerelési módok hatása a szerelési módokra	172
7.34 A szerelési módok hatása az ártételésre ..	174
7.35 A hővezetési tényező hatása az ártételésre ..	176
7.4 A gyakorlati ártételés meghatározása	177
- Bevezetőjegyzék a 7. fejelethez	183
8. A FERGŐCSŐVÍZ MEGHATÁROZÁS MŰSZERES MÓDSZEREI MŰSZERES MÓDSZEREI	185
- Bevezetőjegyzék a 8. fejelethez	193
9. A FERGŐCSŐVÍZ MEGHATÁROZÁS MŰSZERES MÓDSZEREI ÉS STABILITÁS-VIZSGÁLATA	195
9.1 A fergőcsővíz meghatározásának lépései	195
9.11 Különböző szerelési módok fergőcsővíz meghatározásának lépései	196
9.12 Különböző szerelési módok fergőcsővíz meghatározásának lépései	196
9.121 A fergőcsővíz meghatározásának hatása az ártételés meghatározására	197
9.122 Az ártételés meghatározásának hatása a fergőcsővíz meghatározására	198
9.123 A szerelési módok hatása a fergőcsővíz meghatározás ára	198
9.124 A fergőcsővíz meghatározásának hatása a fergőcsővíz meghatározására	199
9.125 A fergőcsővíz meghatározásának hatása a fergőcsővíz meghatározására	200

9.2 A forgácsolási folyamat stabilitás-vizsgálata	205
9.21 Rongóvizsgálat a szerelőgépek anyagai állapotban	206
9.22 Rongóvizsgálat üresjárásban	206
9.23 Rongóvizsgálat forgácsolási kísérlet közben ..	206
9.231 Alusztikus mérlesek	207
9.232 Közvetlen rongómérlesek	207
9.233 Rongóvizsgálat a forgácsolóerő mérésével	209
9.24 Forgácsoló szerelőgépek rongóvizsgálata mestereséges vizsgálójel segítségével	211
- Irodalomjegyzék a 9. fejezethez	212
10. FORGÁCSTÖRÉS, FORGÁCSOSZTÁS	213
10.1 Forgács törés	213
10.2 Forgácsolás	213
- Irodalomjegyzék a 10. fejezethez	214
11. A FORGÁCSOLÁS SEGÉDANYAGAI, HŰTŐ-KENŐ FOLYADÉKOK ÉS HŰTÉSI-KENÉRI REND- SZEREK	225
11.1 A forgácsoló megmunkáló segédanyagai	225
11.11 A hűtő-kenő folyadékok hatása	226
11.111 Felületaktívítás	226
11.112 Adsorpció hatás	228
11.113 Diffúzió hatás	228
11.114 Behatás	228
11.12 A hűtő-kenő folyadékok hőhatása	228
11.13 A hűtő-kenő folyadékok szilén hatás	230
11.14 Hűtő-kenő anyagok korrózió-gátló tulajdonságai	230
11.2 Hűtési-kenési rendszerek	231
11.21 Folyadékgyűrés vagy elvezetéses hűtés	232
11.22 Nagygyorsú hűtés	233
11.23 Képlés	234
11.24 Szén-dioxid (CO ₂) hűtés	234
- Irodalomjegyzék a 11. fejezethez	235
12. FORGÁCSOLÁSTÁRÓ ÉS FORGÁCSOLÁSKÉPESÍTŐ, A FORGÁCSOLÁSKÉPESÍTŐK ANYAGJAINAK MEG- VÁLASZTÁSA	237
12.1 Megmunkálhatósági vizsgálatok	237
12.2 A mechanikai anyagok forgácsolhatósága	240
12.3 A szerelőgépek forgácsolhatóságát meghatározó tényezők	242
12.4 A forgácsoló szerelőgépek anyagának megválasztása	249
12.41 A forgácsolóanyagok osztályozása	249

12.42	Ötvözetlen szerszámacélok	251
12.43	Ötvözött szerszámacélok	252
	12.431 Wolfram ötvöztetésű szerszámacélok	252
	12.432 Króm és egyéb ötvöztetésű szerszámacélok	252
12.44	Gyorsacélok	254
12.45	Keményfémek	256
12.46	Kerámia forgácsolóanyagok	261
12.47	Szuperkemény forgácsolóanyagok	262
	- Irodalomjegyzék a 12. fejezethez	264
13.	A FORGÁCSOLÓ MEGMUNKÁLÁSI ELJÁRÁSOK	
	ÉS SZERSZÁMAIK	267
13.1	Esztergálás	267
	13.11 A forgácsolási adatok meghatározása	
	eszttergálásnál	267
	13.111 A forgácsolóerő meghatározása	267
	13.112 A gazdaságos forgácsolási sebesség	
	kiszámítása	272
13.12	Az eszttergálás változatai	277
13.13	Az eszttergakések	280
	13.131 Az eszttergakések típusai	280
	13.132 Az eszttergakések dolgozó részének	
	kialakítása	281
	13.133 Az eszttergakések csatlakozó részének	
	kialakítása	282
	13.134 Az eszttergakések szilárdsági ellenőrzése	282
13.14	Alakos kések	283
	13.141 Körkések méreteinek meghatározása	284
	13.142 Hasábos alakkések profiljának	
	meghatározása	288
13.2	Gyalulás és vésés	290
13.3	Furás, süllyesztés, dörzsölés	292
	13.31 A forgácsolási adatok meghatározása furásnál	292
	13.311 A forgácsolóerő és a teljesítmény-	
	süllyesztés meghatározása furáskor	292
	13.312 A gazdaságos forgácsolási sebesség	
	meghatározása furáskor	294
13.32	Furatmegmunkálás szerszámái	297
	13.321 Csigafuró	297
	13.322 Mélyfuratfurók	300
	13.323 Süllyesztők	302
	13.324 Dörzsárak	304
13.4	Marás	307
	13.41 A forgácsleválasztás körülményei homlokmarás-	
	nál	307

13.42	A forgácsleválasztás körülményei palást-marásnál	313
13.43	A gazdaságos forgácsolási adatok meghatározása maráskor	317
13.44	Marószerszámok	319
13.441	Martfogu marók	319
13.442	Hátraesztergált fogu marók	320
13.443	Forrasztott- és ragasztott-lapkás marók	322
13.444	Betétkéses és váltólapkás szerelt marószerszámok	322
13.5	Köszörülés	323
13.51	A forgácsleválasztás körülményei köszörülésnél	324
13.52	A köszörűkorongok jellemző tulajdonságai	327
13.521	Köszörű szemcseanyagok	327
13.522	A köszörűszemcse finomsága	328
13.523	A kötés keménysége	329
13.524	A korong tömörsége	329
13.525	A kötőanyag fajtái	330
-	Irodalomjegyzék a 13. fejezethez	331
14.	AZ OPTIMÁLIS FORGÁCSOLÁSI ADATOK MEGHATÁROZÁSA	333
14.1	A gazdaságos forgácsolási adatok meghatározásának módszerei	333
14.2	A forgácsoló megmunkálás determinisztikus matematikai modelljének korlátai és korlátfüggvényei	336
14.3	A forgácsolási rendszerek célfüggvényei	344
14.4	Az optimális munkapont meghatározása	352
-	Irodalomjegyzék a 14. fejezethez	356



Előszó

Ez a jegyzet a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola járműgyártási szakos hallgatói részére készült a Forgácsoló megmunkálás c. tantárgy második féléves anyagának elsajátításához. Tartalmát tekintve a legfontosabb forgácsolási alapismereteket tartalmazza. A tantárgy programjának megfelelően gyártásgeometriai és szerszámgeometriai alapfogalmak, forgácsoláselméleti alapösszefüggések, az egyes forgácsolási eljárások és azok szerszámjai, a forgácsolási folyamat gazdaságos és termelékeny megtervezése, a felszerszámozási folyamat tervezésének alapjai, a forgácsoló megmunkálás készülékezési alapismeretei és az alkatrészgyártás alapjai jelentik azt az ismeretanyagot, amelyet jártassági szinten kell elsajátítani hallgatóinaknak a Tanterv által biztosított óraszámkeret felhasználásával az előadások, a tantermi gyakorlatok és a laboratóriumi gyakorlatok foglalkozásain, továbbá a szakirodalom önálló tanulmányozása, valamint a tervezési-, ill. begyakorló-feladatok önálló elkészítése során.

A jegyzet anyagának összeállítása az egyes fejezetek helyének kijelölése, az ismeretek mélységének megválasztása az alábbi alapvető szempontok alapján történt:

- A főiskolai végzettségű üzemmérnök a gyakorlati munkában együtt dolgozik, sőt az esetek többségében a továbbképzésben is együtt vesz részt az egyetemi végzettségű okleveles mérnök kollégáival. Fontos tehát, hogy szakterületükön "azonos nyelven" beszéljenek, úgy az alapvető fogalmak értelmezésében és jelölésmódjában, mint a közösen végzett feladatok megoldásának módszereiben. Részben ebből a gondolatból kiindulva kellett messzemenően támaszkodni azokra az egyetemi tankönyvekre és főiskolai jegyzetekre, amelyeken az utóbbi évek mérnök nemzedéke nevelkedett a hasonló jellegű felsőoktatási intézményekben.
- Ugyanakkor azt is szem előtt kellett tartani, hogy a főiskolai tananyagot meghaladó ismeretek ne kerüljenek a jegyzetbe, mivel ma már a "Forgácsoló megmunkálás" hazai irodalmában kiváló szakkönyveket találhatnak a téma iránt alaposabban érdeklő-

dők, amelyekből nagy részletességgel és differenciált tárgyalás-
módban ismerkedhetnek meg a szakterület általános és speciális
összefüggéseivel.

- Különösen nagy gondot kellett fordítani a didaktikai szempontokra,
hogy a hallgatók tanulmányi munkája ezzel is könnyebbé váljon
és szilárd alapot kapjanak a tárgykör későbbi, elmélyültebb tanul-
mányozásához.

- Megkülönböztetett figyelmet igyekeztem fordítani a jegyzetben
előforduló forgácsolási fogalmak jelölési rendszerében a hazai
és nemzetközi egységesítési megállapodások betartására. Ennek
értelmében a CIRP ANNALS-ban közzétett jelölési bázisrendszer
és az OTIR (Országos Technológiai Információs Rendszer) for-
gácsolási fogalmainak jelölési rendszerére tett javaslatokat kö-
vettem.

Minden olyan mennyiség mérésére és értékének kifejezésére,
amelyre a Minisztertanács 8/1976. (IV. 27.) számú rendelete
törvényes mértékegységet állapít meg, a nemzetközi mértékegy-
ség rendszert (SI) és az SI-n kívüli törvényes mértékegységeket
használtam az MSZ 4900. előírásainak megfelelően.

Ezen a helyen szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik
tanácsaikkal, észrevételeikkal, segítségükkel a jegyzet megírásához hoz-
zásegítettek. Külön köszönetemet fejezem ki Dr. Bali János egyetemi
docensnek, a jegyzet bírálójának hasznos tanácsaiért, odaadó, lelkiis-
meretes munkájáért.

Győr, 1979. március

Igaz Jenő

Bevezetés

A forgácsolás elmélete a tudományos kutatás módszereivel igyekszik a fémek forgácsolásakor fellépő igen bonyolult jelenségeket rendszerezni, és a különböző tényezők kölcsönhatásának vizsgálatával a gyakorlat számára felhasználható elméleti összefüggéseket megállapítani. A fémgörácsolásnak alapjában véve gyakorlati tudománynak kell lennie, hogy eredményeit a vele foglalkozók pontos megfigyeléseikkel, leleményességükkel és szakmaszeretettelükkel minél jelentősebb alkotások létrehozására használhassák fel.

A forgácsolás aránylag fiatal tudományág. A mult század negyvenes éveitől a francia COCQUILLAT fúrási vizsgálataitól számítjuk a forgácsoláselmélet létrejöttét. WIEBE (1851.) és JOESSEL (1864.) a forgácsolóképződés folyamatának megfigyelésével és a forgácsolóerő meghatározásának törvényszerűségeivel foglalkoztak.

TRESCA (1873.) ólom gyalulásakor figyelte meg a forgácsoló deformációját. Az első általános érvényű megállapításokat különböző forgácsolófajták vizsgálatával és az irányisik fogalmának meghatározásával a világhírű pétervári tudós TIME (1868. és 1877.) fogalmazta meg. HAUSSNER (1892.) figyelte meg az élsisakképződés jelenségét, és készítette az első forgácsolóerőmérőt gyaluláshoz. ZVORIKIN (1898.) a forgácsolóerő mérésével is meghatározta az irányisik hajlásszögének egyenletét, amit 50 évvel később ERNST és MERCHANT (1945.) képlékenységtani vizsgálatokkal is bebizonyított.

Századunk első éveiben TAYLOR nevéhez fűződik a gyakorlat számára is használható képletek és táblázatok kidolgozása a szerszáméltartamra, a forgácsolóerőre és a forgácsoló megmunkálás gazdaságosságára vonatkozóan. TAYLOR 1907-ben hozta nyilvánosságra 26 éves kutatómunkájának eredményeit, amelyek hosszú időn át iránymutatók voltak és még napjainkban is értékállóak. BRACKENBURY és MEYER (1911.) végezték el az első kalorimetrikus méréseket és néhány évvel később SAWIN és FRIEDRICH (1914.) számolták be a forgácsolási hőmérséklet első kísérleti meghatározásáról. USZACSEV (1921.) először alkalmazott hőelemeket a forgácsolási hő mérésére. KRONENBERG (1927.) a forgácsoláselmélet alapfogalmain tankönyvben foglalta össze. HERBERT (1929.) nevéhez fűződik az első rendszerezett megmunkálhatósági vizsgálatok esztérgálásakor, ő végzett először kísérletet 50 m/min

feletti forgácsolósebességgel. PATKAY (1929.) furásra végzett megmunkálhatósági vizsgálatokat. ISHII (1929.) a Tokyóban tartott nemzetközi mérnökkongresszuson mikroszkopikus filmfelvétellel számolt be a forgácsolóvizsgálatáról. LEYENSETTER (1931.) forgácsolóképeségi és megmunkálhatósági vizsgálatokat végzett és megfogalmazta az elméleti forgácskeresztmetszet leírásának alapfogalmait. GOTTSWEIN és REICHEL (1936.) szabadalmaztatták a kétképes hőmérsékletmérési eljárást esztergálásra. SALOMON (1928.) eközben a marás forgácsoláselméleti vizsgálatával foglalkozott, a fajlagos forgácsolóerő és a forgácsolási hő mérésével.

OSENBERG (1938.) elsőnek számol be a forgácsolókerámiák alkalmazásáról. PIISPANEN (1948.) munkássága az első jele annak, hogy a forgácsolási problémák megoldásához felhasználhatók a képlékenységtani és törésmechanikai kutatások. A képlékenységtani alkalmazásokat főleg Amerikában dolgozták ki a háború utáni években. Az elvégzett munkát elsősorban MERCHANT (1945.), illetve LEE és SHAFFER (1951.) nevei fémjelzik.

Európában erről a kérdésről HUKS (1952.) és OPITZ (1953.) publikált. A forgácsolóerő meghatározásának egyenletével újabban KIENZLE és VICTOR (1952.) foglalkoztak és meghatározták a fajlagos forgácsolóerőt, illetve a forgácsolóerőnek a technológiai adatoktól való függését leíró alapvető összefüggéseket. A Szovjetunióban alapvető forgácsoláselméleti kutatásokat SZOKOLOVSKIJ (1954.) és KASIRIN (1944.) vezettek, akiknek munkássága a forgácsképződés szinte valamennyi jelenségének vizsgálatára kiterjedt. LADZJE (1954.) és ZOREV (1956.) a forgácsleválasztás mechanikájának kutatásával foglalkoztak és különösen ZOREV megállapításai voltak előremutatók, amikor a forgácstóban az alakváltozási zónát az irányikkal szemben egy jól definiált területtel helyettesítette. Ezzel alapot adott a forgácsolási rezgések mechanikájának kutatásához is. OXLEY (1962.) ugyanerre a tapasztalati eredményre jutott a deformációs zóna vizsgálatával. A szerszámtartam forgácsolási adatoktól való függésének legjobb megközelítését a KÖNIG-DEPIRIEUX (1969.)-féle éltartamegyenlettel sikerült elérni.

A számítástechnika és az NC-technika újabb, korlátlan lehetőségeket nyitott a forgácsoláselméleti kutatások előtt, újabb szuperkemény forgácsolóanyagok kerülnek felhasználásra, és újabb, nehezen megmunkálható szerkezeti anyagok jelentenek megoldandó feladatokat a tudósok és a gyakorlati szakemberek számára.

Hazánkban is születtek értékes eredmények a forgácsolási kutatások terén. A század elején REJTŐ SÁNDOR műegyetemi tanár a forgácsoláskor keletkező alakváltozások vizsgálatával végzett úttörő munkát. A harmincas években Dr. KAZINCZY LÁSZLÓ kísérletei, amelyek a forgácstóban létrejött alakváltozások törvényszerűségeinek megállapítására vonatkoztak, megelőzték a külföldi kutatók ezirányú vizsgálatait és megállapításait még ma is helytállóak.

Nehéz lenne azonban azt nem tudomásul venni, hogy a gyakorlat sokkal régebben forgácsol, mint ahogy azt a tudomány magának fedezte. Nem tudjuk pontosan, hány ezer éve ismeretes a "fa-forgácsolás" tudománya. Az etimológiai szótár tanúsága szerint is, a forgács finn-ugor eredetű szavunk, a hajdani faragás művelete nyomán keletkező "faragad", majd "faragács" szavakból alakult ki a forgács szó nyelvünkben. A görögök (i.e. 500 évvel TAURUSI THEODOROS) már ismertek egy olyan forgácsoló eljárást, amely hasonlított a mai esztergáláshoz. A munkadarabot két fatuskóra szerelt csucs közé fogták be, és hajtására a munkadarabra tekercselt zsinórt használták. A zsinór oda-vissza huzogatásával forgatták a megmunkálandó tárgyat. A könnyebb forgatás céljából a zsinór két végét ijként meghajlított fára kötötték. Ezzel az eljárással csak kis szilárdságú anyagokat, fát vagy szarut tudtak megmunkálni, de a rómaiak már bronz tárgyakat is forgácsoltak. LEONARDO DA VINCI az esztergák elméletéről és konstrukciójáról ír, és egy 1500. körülről ránkmaradt rajzán már taposó forgattyus lábhajtás látható.

Az angol ipari forradalom nyomán az erőgépek feltalálásával visszavonhatatlanul megindul ipari méretekben is a fémek forgácsolása. Az 1700-as évek végére elfogadott és nélkülözhetetlen méretadó technológia a fémek forgácsolása, amelyet mesterek, később szakmunkások, végül a gyártóeszközök jelenlegi szintjén betanított munkások is "csinálnak".

Ugy tűnhet, hogy a forgácsolás kizárólag mesterség, amelyet csak sok-sok év műhely-praxisban lehet elsajátítani, de befejezett tudásra szert tenni talán egy emberöltő is kevés a mesterember számára. Hiszen a forgácsolási folyamat nem olyan, mint a kémiai reakció, amely egy és csakis egy módon mehet végbe, hanem a folyamat igen sokféle összetevője nagyon sokféleképpen léphet kapcsolatba, miközben a folyamat végeredménye lényegileg nem különbözik.

A forgácsolás fizikai folyamat, mert alkotóelemeinek kölcsönhatása fizikai törvényeken alapul. Folyamat, mert időben és térben lejátszódó változások követik egymást. A forgácsolási folyamat vizsgálata csak is a MUNKADARAB-KÉSZÜLÉK-GÉP-SZERSZÁM rendszer igénybevételenek elemzése alapján hajtható végre. A rendszer energiaátalakítóként viselkedik: villamos, vagy mechanikai energiát hőenergiává alakít, miközben a munkadarab kívánt alak- és méret-változtatását végzi. A rendszert működésbe hozva három fő jelenségcsoporthat figyelhetünk meg: fémfizikai, termikus és mechanikai jelenségek. Ezek a főbb jelenségcsoporthat mindig egyidejűleg hatnak és elkülönített vizsgálatuk csak a folyamat lényegét torzító egyszerűsítésekkel oldható meg. Ezek a kölcsönhatások annyira bonyolultá teszik a folyamatot, hogy a leíró egyenletei jelentős elhanyagolás nélkül fel sem írhatók. Ezért a kutatások empirikus uton kísérik meg feltárni a forgácsolási technológia tartalmi és mennyiségi összefüggéseit. Ez magyarázza a tananyag szokásostól

eltérő tárgyalási módját, amely azonban az alkalmazott műszaki tudományokra általánosan jellemző.

A forgácsolás és az egyéb alakító megmunkálási eljárások szoros kölcsönhatásban vannak egymással, fejlődésük párhuzamosan megy végbe. Vannak időszakok, amikor egy-egy eljárás rohamos fejlődésen megy át, vagy pedig új eljárás alakul ki. Általában ilyen esetekben a hagyományosnak tekintett forgácsolást hajlamosak elvaultnak és korszerűtlennek minősíteni. De a gyakorlat az ellenkezőjéről tanuskodik. Annak ellenére, hogy sok esetben forgácsnélküli alakító eljárásokat alkalmaznak sikeresen, a széles körű gépipari gyakorlatban - műszaki és gazdasági szempontból egyaránt megalapozottan - a forgácsolás továbbra is (és nagyon hosszú időre) a legelterjedtebb megmunkálási eljárás marad, elsősorban egyszerűsége és egyetemessége folytán.

A forgácsolás a többi alakító eljárással összehasonlítva, elsősorban azzal az előnnyel rendelkezik, hogy a már említett egyszerűsége és egyetemessége mellett, alkalmas pontossági követelmények gazdaságos feltételek melletti kielégítésére.

A forgácsolás igen munkaigényes megmunkálási eljárás. Alapproblémát jelent ezzel kapcsolatban az, hogy az öntés, a kovácsolás és a sajtolás nem kielégítő pontossága miatt jelentős ráhagyást kell forgácsolással eltávolítani, ami egyrészt fokozza a forgácsolási költségeket, másrészt további műszaki-szervezési feladatok megoldását is felveti, mint például a forgács törése, tízemen belüli összegyűjtése és eltávolítása.

Az egyéb alakítási eljárások fejlődése természetesen maga után vonja, hogy néhány forgácsolási mód és változat feleslegessé válik, mások pedig a kisebb ráhagyások miatt eltérő munkaráfördítással lesznek megvalósíthatók. Ennek megfelelően csökken a viszonylag egyszerű nagyoló műveletek aránya és egyidejűleg nő a munkaigényes befejező simító műveletek szerepe. Ennek ellenére nem várható, hogy a forgácsolás aránya az alakító eljárások között csökkenjen, mivel a megmunkálható alkatrészek alakja egyre bonyolultabb lesz, és egyidejűleg fokozódnak a pontossági és egyéb minőségi követelmények is.

A forgácsoló megmunkálások korszerűsítése csakis a folyamat törvényszerűségeit feltáró tudomány, a forgácsoláselmélet alapján lehet hatékony. Ebből a szempontból a forgácsoláselmélet az adott technológiai ágazat tudományos bázisának tekinthető. A technológiai folyamatok tervezésénél a létrehozandó folyamat hatékonysága a döntő szempont. A hatékonysági mutatók közül a legfontosabbak: a legyártott alkatrész minősége, a folyamat megbízhatósága, termelékenysége és költsége.

A technológiai folyamat termelékenységét és költségét az az idő határozza meg, amely a folyamat végrehajtásához szükséges, ez függ a beállított forgácsolási tényezőktől. A forgácsolási adatok tudatos meghatározása lehetetlen a forgácsleválasztás alapvető törvényszerűségeinek ismerete nélkül.

A forgácsolt alkatrészek minőségét a makró- és mikrogeometriai pontosságuk határozza meg. A makrógeometriai pontosság, alak-, méret- és helyzetpontosság elsősorban a forgácsolás közben fellépő erőktől függ. Tehát a folyamat tervezésénél meg kell tudni határozni a várható erőket, azok nagyságát és irányát, valamint azt, hogy a folyamat mely tényezőivel befolyásolható. A munkadarab és a szerszám hőtágulásával kapcsolatos hibákat is számítani tudjuk, ha ismerjük a forgácsolást kísérő termikus jelenségeket.

A forgácsolási folyamat megbízhatósága szoros kapcsolatban van a folyamat stabilitásának jelenségével, és elsősorban a pontossági korlátok túllépésében vagy pedig a szerszám munkaképességének csökkenésében mutatkozik meg a hatása. A meghibásodások keletkezésének analízise, valamint azok megszüntetésének lehetőségei a szerszám kopási folyamatának tanulmányozása, valamint a forgácsolási folyamat rezgésjelenségeinek elemzése után lehetséges.

A szerszám forgácsolóképeségének szempontjából döntő a szerszáanyag helyes megválasztása a megmunkálandó munkadarab anyagának forgácsolhatósági jellemzőihez igazodva. A szerszám kopása elsősorban a kontakt viszonyoktól függ, s ugyanígy a forgácsolószerszámok élgeometriai kialakítása is szoros kapcsolatban áll a szerszám és a munkadarab érintkező felületein lejátszódó fizikai folyamatokkal. Ezek ismerete nélkül nem lehet tudományosan megalapozott ajánlásokat adni a konkrét feltételeknek legjobban megfelelő szerszámkiakítást illetően.

A forgácsolási folyamat tervezése során a tervező technológusnak a meglévő eszközökből és berendezésekből kell a legmegfelelőbbet kiválasztani. A gépek és készülékek, továbbá a szerszámok merevségi és szilárdsági méretezéséhez, a rendszer terhelhetőségének megismeréséhez és annak kihasználásához szükség van a folyamat statikus és dinamikus törvényszerűségeinek feltárására. Ehhez ismerni kell, hogy a folyamat közben milyen erők ébrednek; mekkora a folyamat teljesítményszükséglete; milyen sebességek és forgács-adatok várhatók; milyen lesz a szerszám forgácsolóképesége; milyen időráfordításokat igényel a folyamat és hogyan alakulnak annak költségei? Mindezekre a kérdésekre a forgácsoláselmélet alapján megfelelő válaszokat lehet adni.

A forgácsolás, mint a fentiekből kitűnik, két egymással szorosan összefüggő és egymásra épülő részből tevődik össze: a forgácsképződés folyamatát kísérő fizikai jelenségek törvényszerűségeit vizsgáló forgácsoláselméletből, és a forgácsolási folyamat gyakorlati oldalával, ezen belül eszközeivel, berendezéseivel, gazdaságossági problémáival foglalkozó forgácsolástechnikából.

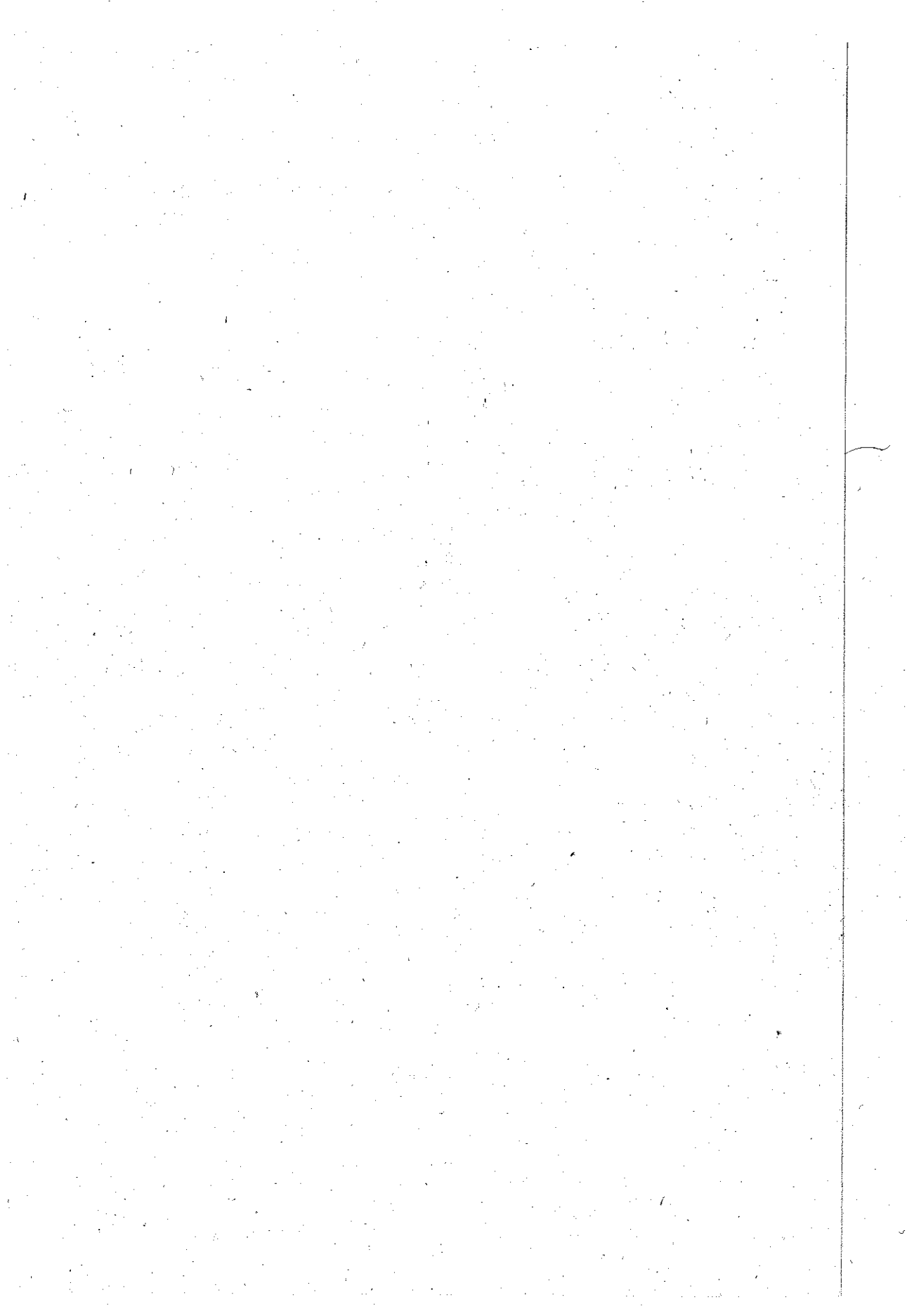
Irodalomjegyzék

1. Dr. BAKONDI Károly - Dr. KARDOS Árpád: A gépgyártás technológiája I. Forgácsolás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1963.
2. Dr. BALI János: Forgácsolás (előadási segédlet) BME. Gépgyártás-technológia Tanszék, kézirat 1978.
3. BRACKENBURY H.J. - MEYER G.M.: The heat generated in the Process of Cutting Metall Engineering 91. (1911.) H.2.s.: 39...40.
4. COCQUILLAT, M.: Experiences sur la Résistance utile produites dans la Forage. Annales des Travaux Publics en Belgique 10. (1851.) H. 10. s.: 199.
5. FRIEDRICH, H.: Über die Warmevorgänge beim Spanschneiden und die vorteilhaften Schnittgeschwindigkeiten Z. VDI. 58. (1914.) H. 10. s.: 379...383., H. 11. s.: 417...422.
6. GOTTWEIN, K.: Die Messung der Schneidentemperatur beim Abdrehen von Flusseisen. Maschinenbau, Berlin 4. (1925.) H. 23. s.: 1129...1135.
7. Dr. GRIBOVSZKI László: Gépipari megmunkálások. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
8. HAUSSNER, A.: Das Hobeln von Metallen. Mitteilungen des k.-k.-Gewerbemuseums. Wien, (1892.) H. 4/5., 6. s.: 117...179.
9. HERBERT, E.G.: Cutting temperatures. The Pendulum (1925.) H.3.4.
10. HUCKS, H.: Plastizitätsmechanische Theorie der Spanbildung. Werkstatt u. Betrieb 85. (1952.) H.1. s.: 1...6.
11. ISHII, S.: Microscopic cinematographs applied to research in metall cutting. World Engineering Congress, Tokyo, 1929. Paper No. 478.
12. JOESSEL, M.: Versuche über die günstigste Form und Verwendung der Schneidwerkzeuge bei den Hilfsmaschinen mechanischer Werkstätten vom Standpunkte der Oeconomie der Betriebskraft. Versuche über die Gestalt und Benützungsweise der Arbeitsstähle.

- z.d. Österr. Ingenieur - u. Architekten-Vereins 17. (1865.) s. 82...84.
13. KASIRIN, A.J.: O nekotorih voproszah obrabotki metallov rezanyijem, imejuscih principalnoje znacsenyije. Sztanki i insztrument, 1953. No. 8.
 14. KAZINCZY László: Az acél forgácsolása közben a forgácstöben létesülő alakváltozások vizsgálata. Egyetemi doktori disszertáció, BME. 1939. Bp.
 15. KRONENBERG, M.: Grundzüge der Zerspanungslehre Berlin (Göttingen/Heidelberg). Springer Verlag, 1927.
 16. KÖNIG, W. - DEPIEREUX, W.R.: Wie lassen sich Vorschub und Schnittgeschwindigkeit optimieren? Industrie-Anzeiger 91. (1969.) Nr. 61. s.: 1481...1484.
 17. KIENZLE, O.: Die Bestimmung von Kräften und Leistungen an spanenden Werkzeugen und Werkzeugmaschinen Z.VDI. 94. (1952.) H. 11/12. s.: 299...305.
 18. KIENZLE, O.: - VICTOR, H.: Zerspanungstechnische Grundlagen für die kräftemässige Berechnung und den Einsatz von Drehbänken, Hobel- und Bohrmaschinen. Werkstatttechnik u. Maschinenbau 46 (1956.) H. 6., s.: 283-288.
 19. LEE, E.H. - SHAFFER, B.W.: The Theory of Plasticity Applied to a Problem of Machining. Journal of Applied Mechanics 73. (1951.) H.12. s.: 405-413.
 20. LEYENSETTER, W.: Die Schnittgeschwindigkeit im Zerspanungsvorgang. Werkzeugmaschine, Berlin 35. (1931.) H.18. s.: 363-367. H. 19.s.: 392-395.
 21. LOLADZE, T.H.: Iznosz rezsuscsego insztrumenta. Masgiz, Moszkva, 1958.
 22. MECHANT, M.E.: Mechanics of the Metal Cutting Process Journal of Applied Physics 16. (1945.) H. 5. s.: 267-275., H6. s.: 318-324.
 23. OPTZ, H.: Stand und Bedeutung der Technologie der Fertigungsverfahren. Industrie-Anzeiger (1962.) H.72. s.: 1709-1720.
 24. OSENBERG, W.: Die Bearbeitbarkeit von Kunststoffen mit keramischen Werkzeugen. Maschinenbau, Der Betrieb, Berlin 17. (1938.) H. 5/6. s.: 127-130.
 25. OXLEY, P.L.B.: Analyse des Spanbildungsvorganges. Fertigung 1/74. (1974.) s.: 3-8.

26. PATKAY, St.: Bearbeitbarkeit und Spiralbohrer. Dissetacion, Th. Berlin 1929. Werkstattstechnik 22. (1928.) H. 24. s.: 679-683.
27. PIISPANEN, V.: Lastunmondostumisen Teoriaa. Teknillinen Aikakauslehti 27. (1937.) H 9., s.: 315-322.
28. ROZENBERG, A.M. - JEREMIN. A.N.: Elementü teorii processza rezania metallov. Masgiz, Moszkva, 1956.
29. REICHEL, W.: Standzeitgeschwindigkeits-Ermittlung von Werkzeugen und Bearbeitbarkeitsprüfung von Werkstoffen. Maschinenbau, Berlin 15. (1936.) H.7. s.: 187-191.
30. SALOMON, C.: Zur Theorie des Fräsvorgangs. Z. VDI. 72. (1928.) H.45., s.: 1619-1624.
31. SAWIN, N.N.: Experimentelle Bestimmung der Scheidwärme. Z.d. Österr. Ingenieur - u. Architekten - Vereins 63. (1911.) H. 32. s.: 503-508.
32. SHAFFER, B. W.: The Mechanics of the Simple Shearing Process During Orthogonal Machining. Transactions of the ASME, Ser. B.77. (1955.) April, s.: 331-336.
33. SHAW, M.C. - USUL, E. - SMITH, P.A.: Free Machining Steel III. Trans. ASME 83. (1961.) s.: 181.
34. SHAW, M.C. - COOK, N.H. - FINNIE, L.: The Shear Angle Relationship in Metall Cutting Trans. ASME, No.2. (1953.)
35. SZOKOLOVSZKIJ, A.P.: Naucsntüje osnovü tehnologii masinoszto-roenyija. Vibracii. Masgiz. Moszkva, 1955.
36. TAYLOR, F.W.: On the art of cutting metals. Transactions of the ASME 28. (1907.) s.: 31-279., 281-350.
37. TIME, I.A.: Szoprotivlenyije metallov i gyereva rezanyiju Teorija rezanyija i prilozsenyije jego k masinam - orugijam. Gornüj Zsurnal, 1871.
38. TIME, I.A.: Memuar o sztroganyii metallov. Sz. Peterburg. V.Tipografii A. Trensolja, 1877.
39. TRESKA, H.: Memoires sur le rabotage, des métaux. Bulletin de la société d'encouragement pour l'industrie nationale. 1873.
40. USZACSEV, Ja.G.: Javlenija, proizvodjascsije pri rezanyii metallov. Izvestija Petrogradszkogo politechniceszkogo insztituta Petra Velikogo, t. XXIII., vüp. 1., 1915.
41. VIEREGGE, G.: Zerspanung der Eisenwerkstoffe. Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1959.

42. WIEBE, F.: Handbuch der Maschinenkunde 1851.
43. ZOREV, N.N.: Voproszú mehaniki processza rezanyija metallov. Masgiz, 1956.
44. ZVORÛKIN, K.A.: Rabota i uszilije, nyeobhogyimítje dlja otgyelenyija metalliceszkih sztruzsek. Moszkva, "Russzkaja" tipografija, 1893.

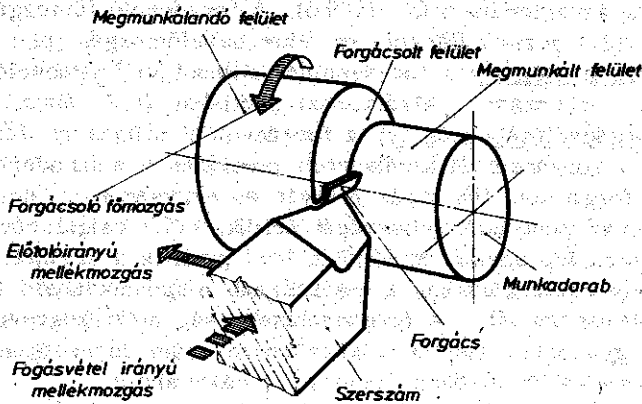


1. Forgácsolási alapfogalmak

A forgácsolás olyan anyagszétválasztó megmunkálási eljárás, amelynél a munkadarab kívánt alakját úgy érik el, hogy a felesleges anyagmennyiséget vékony rétegben arra alkalmas eszközzel a megmunkálható felületről eltávolítják. A munkadarabról eltávolított anyagrészt forgácsnak nevezzük, a forgácsleválasztást végző eszközt forgácsolószerszámnak, a szerszám és a munkadarab között létrejövő relatív elmozdulást forgácsoló mozgásnak, a mozgást létesítő gépet forgácsoló szerszámgépnek hívjuk. A forgácsolás definíciója értelmében (1.1. ábra) négy alapvető tényezőről beszélhetünk:

- a) munkadarab,
- b) forgácsoló mozgások,
- c) forgácsolószerszám,
- d) forgács.

A forgácsolási alapfogalmakat az MSZ 16900/1. foglalja össze az általános fogalmak szintjén.



1.1. ábra

A forgácsolás alapvető tényezői

1.1 A munkadarabbal összefüggő alapfogalmak

A munkadarab, amelynek alakja a forgácsleválasztás következtében megváltozik előírt geometriai alakzatával, méreteivel, felületi minőségével, anyagával és előgyártmányával döntően befolyásolja a teljes forgácsoló technológia megválasztását. A munkadarabnak azt a felületét, amelyet forgácsolással kívánunk átalakítani, megmunkálandó felületnek nevezzük. A forgácsolt felület a szerszám élével közvetlenül érintkezésben álló felület; az a felület, amely a forgácsolás következtében a szerszámél nyomában keletkezik, és amelyről a forgács levált.

A megmunkálandó felületből forgácsolással hozzuk létre a megmunkált felületet, miközben a szükséges műveletet elvégezzük.

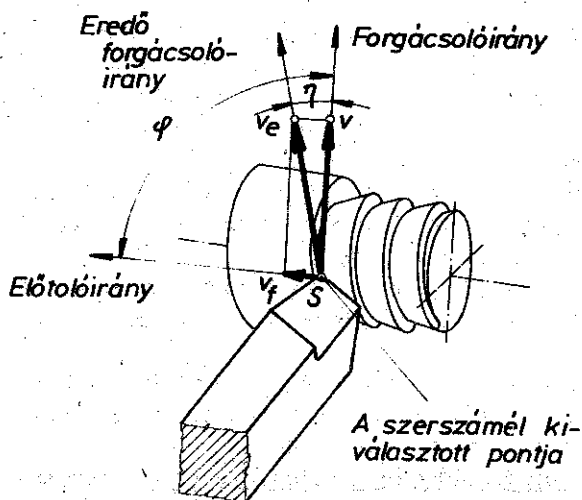
1.2 A forgácsolómozgással kapcsolatos alapfogalmak

A forgácsoláshoz a munkadarab és a szerszám viszonylagos helyzetváltoztatása, a forgácsoló mozgás szükséges. Az eredő forgácsoló mozgás összetett mozgás, a szerszám gép mozgásainak, mint összetevő mozgásoknak az eredője. A szerszám gép mozgásainak megfelelően beszélünk forgácsoló főmozgásról és mellékmozgásokról. A főmozgást a szerszám gép főhajtóműve létesíti a munkadarab vagy a szerszám mozgásával. A forgácsoló főmozgás az a forgácsolómozgás, amely az ék alakú szerszámot a munkadarab megmunkálandó felületébe kényszeríti behatolásra anyagleválasztás céljából. A forgácsoló főmozgás lehet forgómozgás (pl.: esztergáláskor) és lehet haladómozgás (pl.: gyaluláskor).

A forgácsolóirány a forgácsolóél pillanatnyi forgácsoló főmozgásának iránya a szerszámél kiválasztott pontjában (1.2. ábra).

A forgácsolósebesség (v) a forgácsolóél pillanatnyi főmozgásának sebessége a forgácsolóél kiválasztott pontjában a munkadarabhoz viszonyítva. A forgácsoló főmozgás irányán és nagyságán a főmozgást végző elem jellemző pontjának sebességét értjük. (Pl.: csigafuróval való furáskor a furó legnagyobb átmérőjén lévő pontnak a kerületi sebessége, vagy tengely esztergáláskor a munkadarab megmunkálandó átmérőjének kerületi sebessége stb.) A forgácsolósebesség mértékegysége $[m/s]$, azonban a gyakorlati életben a köszörtűszerszám sebességén kívül az összes forgácsolási módban $[m/min]$ a használatos.

Forgácsoló mellékmozgásoknak azokat a mozgásokat nevezzük, amelyek a forgács keresztmetszetét alakítják ki és a forgácsoló főmozgáshoz hozzáadódva ismételt vagy folyamatos rétegleválasztást, illetve kívánt geometriai tulajdonságu felületet hoznak létre. A forgácsoló mel-



1.2. ábra

A forgácsoló mozgások és irányaik

lékmozgásokat vagy a munkadarab, vagy a szerszám, vagy mindkettő együtt végezheti. Kétféle forgácsoló mellékmozgást különböztetünk meg: előtolómozgást és fogásvétel irányu mozgást.

Az előtolómozgás a forgácsoló főmozgáshoz hozzáadódva a forgács vastagsági méretét meghatározó és a folyamatos forgácsleválasztást adott geometriai feltételek mellett biztosító forgácsoló mellékmozgás. Ez a mozgás lehet szakaszos vagy folyamatos. (Pl.: esztergáláskor folyamatos egyenesvonalu, de gyalulás esetén szakaszos egyenesvonalu.) Bizonyos forgácsolóeljárások esetén (pl.: üregelés), amikor a szerszám eleve bele van építve a forgácsleválasztás ismételt rétegzésének lehetősége, nincs szükség előtolómozgásra. Ilyen esetekben az előtolómozgást azzal a feltételezett forgácsolómozgással jellemzik, amelyet a szerszám egyetlen képzeletbeli forgácsolóéle végezne ugyanazzal az eredménnyel, mint a szerszámgépre felfogott lépcsőzetes forgácsolóélekkel rendelkező szerszám.

Az előtolóirány a forgácsolóél pillanatnyi előtolómozgásának iránya a forgácsolóél kiválasztott pontjában a munkadarabhoz viszonyítva.

Az előtolósebesség (v_f) a forgácsolóél kiválasztott pontjában a forgácsolóél pillanatnyi sebessége az előtolóirányban a munkadarabhoz viszonyítva. Szakaszos előtolás esetében (pl. gyalulás) az előtolósebességet nem definiálják.

A gyakorlati életben az előtolósebesség mellett az előtolás (s) nagyságát használják az előtolómozgás jellemzésére. Az előtolás (s) nagyságát a forgácsolási folyamat egy meghatározott részére vonatkoztatják: pl. esztergáláskor a szerszámnak a munkadarab egy fordulatára

eső elmozdulására (mm/fordulat), harántgyaluláskor a munkadarabnak a szerszám egy kettőslöketeire eső előtolásirányú elmozdulására (mm/kettőslökét) stb. Ily módon az "előtolás" elnevezést használják az egy él által leválasztott forgács egyik elméleti méretének, rendszerint a vastagságának jelölésére is.

Az előtolóirány hajlásszöge (ψ) az előtolóirány és a forgácsolómozgás iránya közötti szög, e két mozgás sebességvektorai által meghatározott síkban mérve (1.2. ábra).

Az eredő forgácsolóirány a forgácsolóél kiválasztott pontjában pillanatnyi eredő forgácsolómozgásának iránya a munkadarabhoz viszonyítva (1.2. ábra).

Az eredő forgácsolósebesség (v_e) a forgácsolóél eredő forgácsolómozgásának pillanatnyi sebessége a forgácsolóél kiválasztott pontjában a munkadarabhoz viszonyítva (1.2. ábra).

Az eredő forgácsolóirány hajlásszöge (γ) a forgácsolóirány és az eredő forgácsolóirány közötti szög.

A fogásvételirányu, vagy mélyítő irányu mozgás a forgács szélességi méretét meghatározó forgácsoló mellékmozgás. A fogásvételi mozgás rendszerint merőleges az előtolómozgásra, és mindig szakaszos mozgás. A gyakorlati életben a fogásvétel irányu mozgás jellemzésére a fogásmélység (a) nagyságát használják. A fogásmélység mértékegysége a (mm).

A fogásvétel irányu mellékmozgás hatására a munkadarab és a szerszám már beállított, egymáshoz viszonyított helyzete megváltozik. A ráhagyás nagyságától függően a felesleges anyagmennyiséget a munkálandó felületről egy vagy több lépésben kell eltávolítani. A fogásvételek száma (p) a forgácsolási műveletek időigényességének fontos befolyásoló tényezője, hiszen azt mutatja meg, hányszor kell megismételni a rétegleválasztást, amíg a kívánt makró- ill. mikrogeometriai tulajdonságu felületet létre nem hozzuk.

1.3. Szerszám alapfogalmak

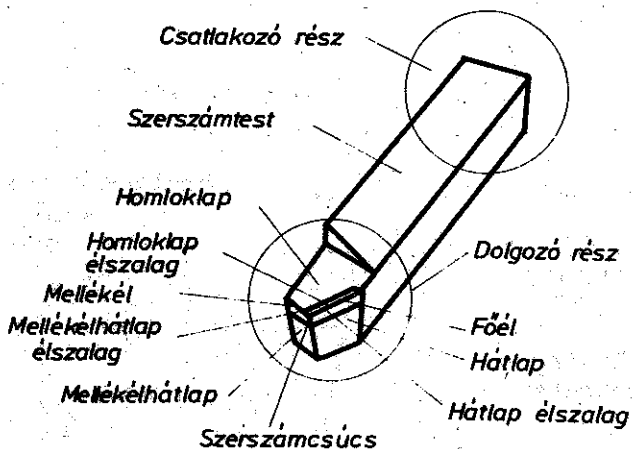
A forgács leválasztását végző eszköz a forgácsolószerszám. A szerszámnak a munkadarabbal közvetlenül érintkező része a forgácsolóél.

A forgácsolószerszámokat többféle szempont szerint osztályozhatjuk. A leggyakoribb felosztás a forgácsolóél geometriája alapján fogalmazható meg. E szerint beszélünk szabályos és szabálytalan élgeometriájú forgácsolószerszámokról. A szabályos forgácsolóélű szerszámok egyéltű (pl. esztergakések), kétéltű (pl. csigafuró), és szabályosan többéltű (pl.-maró) kivitelben fordulnak elő.

A szabálytalan élgeometriájú szerszámok mindig sokélűek (pl. köszörűkorongok) és megkülönböztetünk kötött- (pl.: dörzsköszörűlés), ill. szabad (pl.: túlkrösités) abrazív szemcsékkel történő forgácsolást.

A forgácsolási folyamatra nem gyakorol egyforma hatást a szerszám mindegyik része. A szerszám forgácsot leválasztó része a dolgozó rész. Az élék, a homlok- és hátlapok képezik a szerszám dolgozó-részét.

Többéltű szerszám esetén minden élnek van dolgozó része. (Lásd 1.3. ábra!)



1.3. ábra
Szerszám alapfogalmak

A szerszám másik fő része a csatlakozórész, amelynek feladata a szerszámnak a szerszángép szerszámhordozó eleméhez történő pontos helyezése és befogása. Tekintettel arra, hogy a szerszám ezen funkcionális részének helyzetmeghatározó és erőtávívó szerepe van, a szerszámok csatlakozórészének kialakítását többnyire szabvány írja elő.

A dolgozórészt és a csatlakozórészt a szerszámtest köti össze. A szerszámtest a szerszámnak az a része, amelyen a forgácsolóéleket kialakították, amelybe a forgácsolólapkákat, vagy betétkéseket behelyezték.

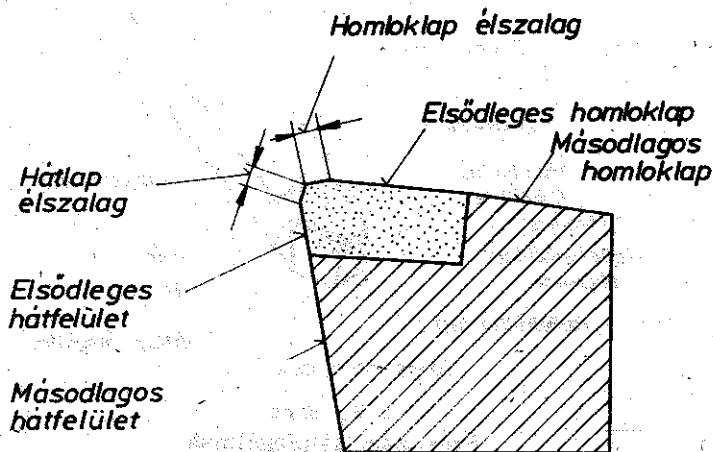
Mivel a forgácsolási folyamatra a dolgozó rész gyakorolja a legnagyobb hatást, így éleinek, lapjainak és szögeinek elnevezését szabvány egységesíti.

A szerszám főéle a dolgozó résznek az az élszakasza, amely a forgácsleválasztás zömét végzi. Ha a szerszám végzi a főmozgást, ez az él a szerszám haladásának irányába néz. Ha a munkadarab végzi a főmozgást, a szerszám főéle a munkadarab mozgásának irányával szembenéz.

A szerszámnak a főélhez csatlakozó és a forgácsolásban még részt vevő éle a mellékél. A mellékforgácsolóélnak nem az a feladata, hogy a munkadarabon bármiféle forgácsolt felületet állítsa elő.

A főforgácsolóél és a mellékforgácsolóél találkozását szerszámcsucsoknak nevezzük. A szerszámcsucs lehet éles, lekerekített vagy le-tört. A lekerekített szerszámcsucs sugarának névleges méretét csucs-sugarának (r_ϵ) nevezzük.

A szerszám homloklapja az a felület, amelyen a szerszám éle előtt keletkezett forgács lesiklik. Ha a homloklap az él közelében megtörik, akkor az éllel párhuzamosan megtört részt a homloklap élszalagjának nevezzük (1.4. ábra).



1.4. ábra

A szerszám homloklapjának és hátlapjának részei

Amennyiben a homloklap felület máshol is megtörik, akkor elsődleges, másodlagos stb. homloklapról beszélünk.

A szerszám hátlapja a főélen átmenő olyan felület, amely a forgácsolt felület felé néz. Ha a hátlap is az él közelében megtörik, akkor az éllel párhuzamosan megtört részt a hátlap élszalagjának nevezzük. Amennyiben a hátlap máshol is megtörik, akkor elsődleges, másodlagos stb. hátlapról beszélünk.

A mellékélhez csatlakozó felületet mellékélhátlapnak nevezzük. Egyes szerszámoknak (pl. beszűrő forgácsolókések) egynél több mellékforgácsolóéle is lehet.

A dolgozó rész azon része, amely a homlok- és hátlap között van: a forgácsolóék. Egyformán lehetséges a főforgácsolóélhez, valamint a mellékforgácsolóélhez tartozó forgácsolóékról beszélni. Ha a homloklap és a hátlap között lekerekített átmenet van, akkor a forgácsolóéket le-

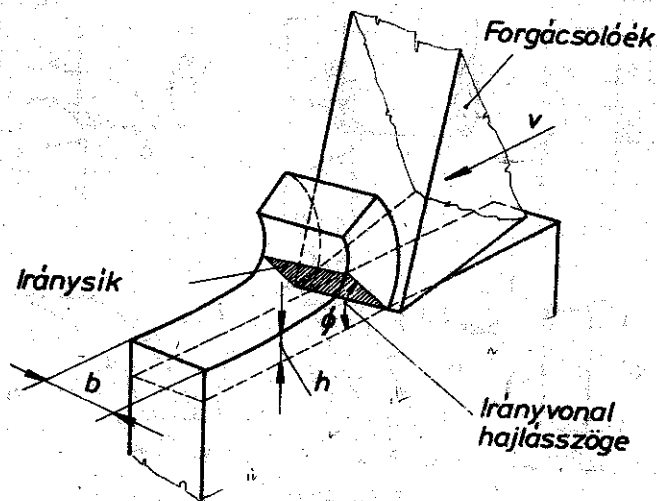
kerekített forgácsolóél határolja. A szerszámél lekerekedési sugarát (r_n) az élre merőleges síkban kell meghatározni.

Az élék és lapok helyzetét a szerszám dolgozó részének szögei határozzák meg. A nemzetközi szakirodalom tanúsága szerint a forgácsolóél ezen tulajdonságaival a forgácsolószerszámok élgeometriája foglalkozik. Az egyes országokban kialakult különféle értelmezések egységesítése és összehasonlíthatósága érdekében a forgácsolószerszámok élgeometriáját szabványok foglalják össze.

1.4 A forgáccsal összefüggő alapfogalmak

A forgácsolási folyamatnak, a forgácsképződésnek és a forgácsolás mechanikájának tanulmányozására a szerszám élének környezete, azaz a forgácsnak a munkadarabbal még összefüggő része a legalkalmasabb.

A forgácsnak a munkadarabbal még összefüggő részét forgácsolóél nevezik. A forgácsselemek a forgácsolóél mentén (sík) mentén csuszognak el és alakulnak forgáccsá (1.5. ábra). Ez a felület (vagy zóna) különösen fontos a forgácsolás mechanikájának vizsgálatakor, ezért az irányvonalnak megkülönböztetett figyelmet kell szentelnünk.



1.5. ábra
A forgácsoló rész

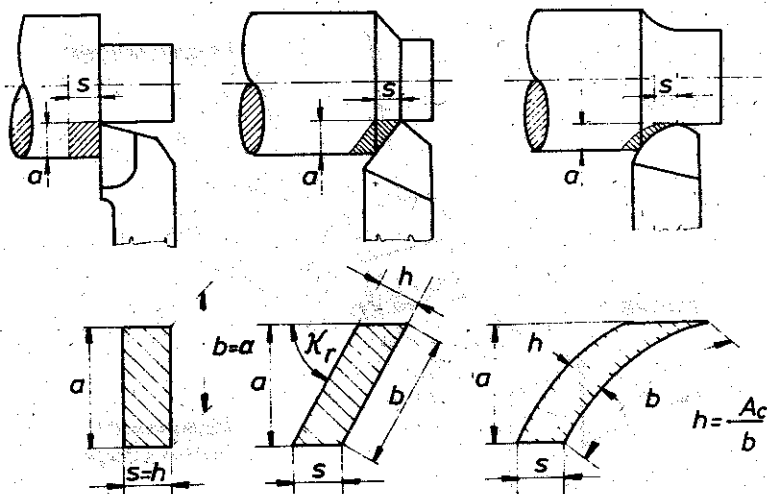
Az irány sík tehát az a sík, amely mentén a forgácsselemek a szerszámék előtt a forgácstőben elmozdulnak. Az irányvonal az irány síkhoz és a szerszám élére merőleges síkhoz a metszésvonala. Helyzetét a forgácsolt felülettel bezárt mellékszöge, az irányvonal hajlásszöge (Φ) határozza meg.

A forgácsolási adatok meghatározása szempontjából fontos a leválasztandó elméleti forgácskeresztmetszet alakjának és méreteinek az ismerete. A forgácskeresztmetszet alakját a szerszám forgácsoló részének kiképzése, méreteit pedig az előtolás és a fogásmélység határozza meg.

A forgácsolási folyamat lényegének jobb megközelítése és a különböző forgácsolási módok közös alapra való helyezése megkívánja, hogy a forgács méreteinek jellemzésére sajátos elméleti forgácsmértéket: a forgács szélesség (b) és a közepes forgácsvastagság (h) fogalmát vezessük be.

A forgács szélesség (b) azonos a szerszámél fogásában lévő élvonalhosszával, azaz a forgács kerületének a forgácsolt felülettel érintkező ívhosszával a forgácsolóirányra merőleges síkmetszetben.

A közepes forgácsvastagság (h) a fogásban lévő élvonalhossz egy-egy szakaszára jutó átlagos forgácsvastagság szintén a forgácsolóirányra merőleges síkmetszetben számolva. A közepes forgácsvastagság általában közvetlenül nem mérhető, csak kiszámítható (1.6. ábra).



1.6. ábra

Az elméleti forgácskeresztmetszet méretei esztergálásnál

A közvetlenül mérhető forgácsvastagság (h_c) a forgácsnak az a mérete, amely minden pontban a forgács szélességre merőleges.

Az elméleti forgácskeresztmetszet (A_C) a forgácsszélességnek

(b) és a közepes forgácsvastagságnak (h) a szorzata, vagyis a forgácsolóirányra merőleges forgácskeresztmetszet területével egyenlő.

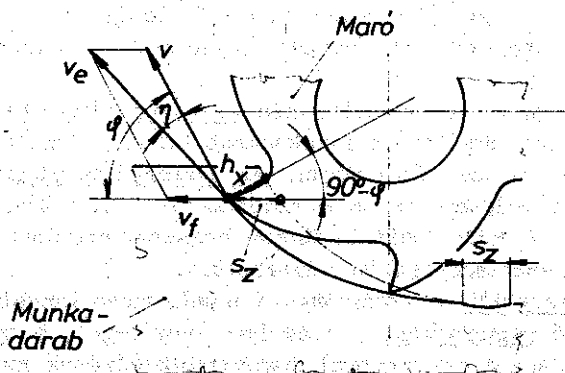
Többéltű forgácsolószerszámok esetén fontos jellemző a fogankénti előtolás (s_z) nagysága, amely a szerszám egy fordulatra eső előtolása

(s) és a forgácsolóélek számának (z) hányadosaként határozható meg:

$$s_z = s/z.$$

(Ha pl.: maráskor $z = 1$, azaz egykéses vagy ütőkéses marást tételezünk fel $s_z = s$; ugyanez értelmezhető esztergáláskor is $s_z = s$).

Üregelés esetében a fogankénti előtolás megfelel a foglépcsőzetességnek. Palástmaráskor a fogankénti előtolás nyoma a megmunkált felületen két egymást követő, a forgácsolt felület elmetsződéséből adódó hullámosság közötti távolsággént adódik az előtolásirányban mérve (1.7. ábra).



1.7. ábra

A pillanatnyi forgácsvastagság alakulása palástmarásnál

A fogankénti előtolásból a pillanatnyi forgácsvastagság (h_x) számításával közelítően meghatározható:

$$h_x \approx s_z \cdot \sin \varphi_x$$

ahol (φ_x) az előtolóirány pillanatnyi hajlásszöge. Ezt az általános megfogalmazást esztergálásra vagy gyalulásra is kiterjesztve beláthatjuk, hogy ezekben az esetekben $h = s_z$, mivel az előtolóirány hajlásszöge állandóan $\varphi = 90^\circ$, hiszen az előtolóirány merőleges a forgácsolóirányra.

A fogásmélység vagy fogásszélesség hosszesztergáláskor és sík-köszörüléskor megfelel annak a beállított rétegvastagságnak, amennyivel

a megmunkált felületet mélyebben kívántuk elhelyezni a megmunkálandó felülethez képest. Üregeléskor, tárcsás horonymaráskor, beszuró köszörüléskor pedig a fogásmélység (itt inkább fogásszélesség) megfelel a forgácsolóél által kialakított rétegszélességnek. Furásnál a fogásmélység a furó félátmérőjével egyezik meg.

1.5 Forgácsolási módok

A forgácsolási módokat a szerszám és a munkadarab egymáshoz viszonyított helyzete, a forgácsoló mozgások és a forgácsolást végző szerszám kialakítása határozzák meg. A forgácsolás végezhető szabályos vagy szabálytalan élgeometriájú szerszámmal. Napjainkban a szabálytalan élgeometriájú szerszámmal végzett forgácsolás részaránya mintegy 15 ... 20%-ra tehető.

A legáltalánosabb forgácsolási mód az esztergálás. Esztergáláskor a főmozgás forgó és általában a munkadarab végzi. A mellékmozgások egyenesvonalúak és a szerszám végzi. Az esztergálás változatai a megmunkálandó felület helyzete és az előtolómozgás iránya alapján különböztethetőek meg. A külső palástfelületen hosszsztergálást, beszuró-esztergálást és menetesztergálást végezhetünk.

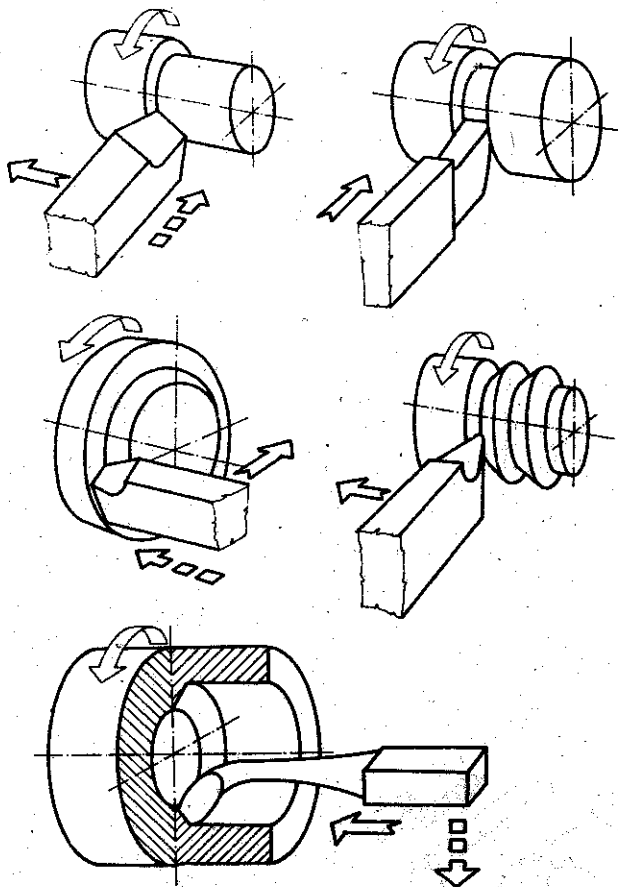
A hosszsztergálás előtolóiránya a munkadarab tengelyével párhuzamos, a beszuró esztergálásé a tengelyre merőleges, a menetesztergálás előtolómozgása a csavarvonal menetemelkedésének megfelelő irányu és nagyságú.

Keresesztergáláskor az előtolóirány merőleges a munkadarab tengelyére. Ha belső hengeres felületet munkálunk meg, furatesztergálás-ról beszélünk (1.8. ábra).

Gyaluláskor a főmozgás is és a mellékmozgások is egyenesvonalúak. A gyalulás szerszáma egyéltű. A gyalulásnak három változata ismert: a hosszgyalulás, a harántgyalulás és a vésés (1.9. ábra). Hosszgyaluláskor a főmozgást a munkadarab, a mellékmozgást a szerszám végzi. Harántgyaluláskor és véséskor a főmozgást a szerszám, a mellékmozgásokat általában a munkadarab végzi.

Gyaluláskor a főmozgás rendszerint vízszintes, míg véséskor függőleges. Gyalulással általában külső felületeket, míg véséssel belső alakzatokat szoktunk megmunkálni.

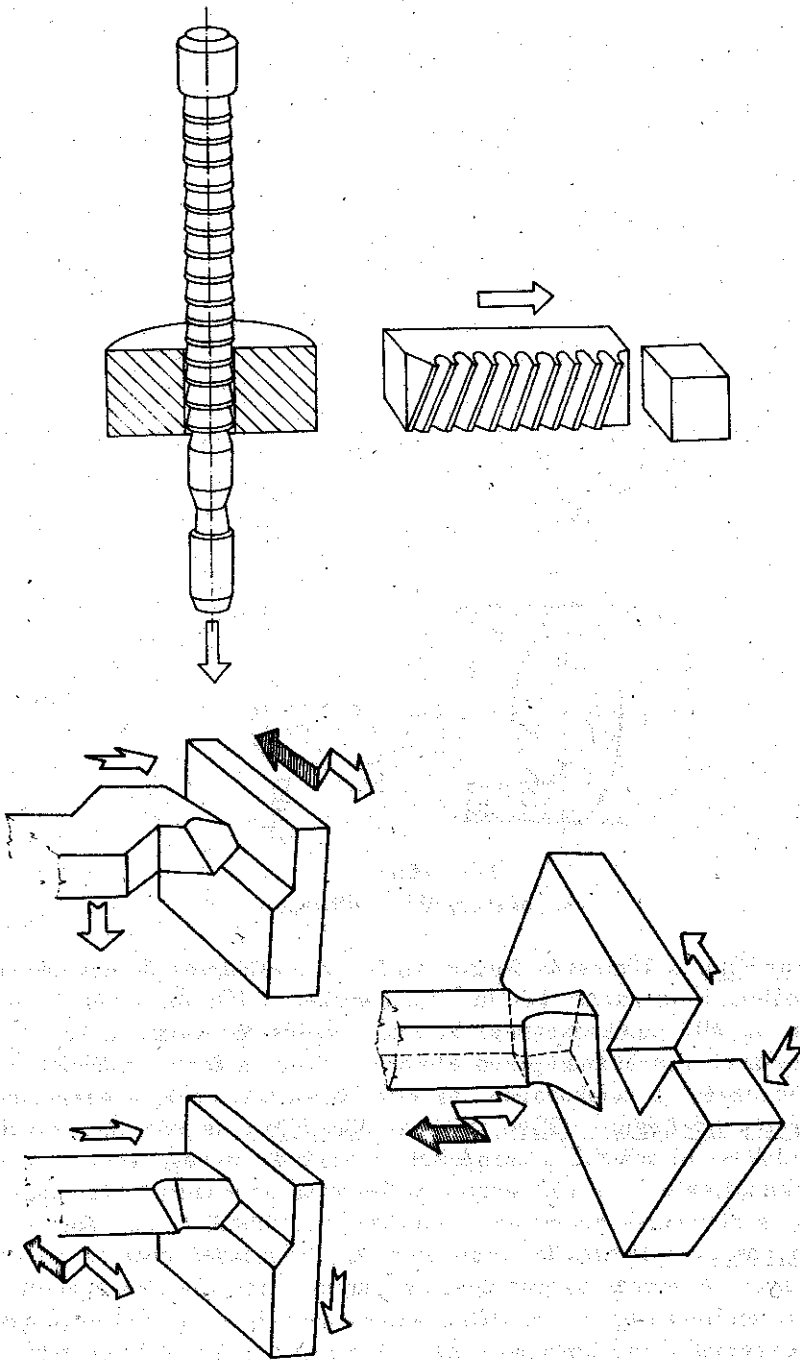
Az üregelés többéltű szerszámmal végzett forgácsoló megmunkálás. A főmozgás többnyire egyenesvonalú mozgás, amit a szerszám végez. Az üregelés szerszáma jellegzetesen lépcsőzetes fogazású, így az előtolómozgás a szerszámba beépített. Üregeléssel mind belső, mind külső felületet megmunkálhatunk (1.10. ábra).



1.8. ábra
Az esztergálás változatai

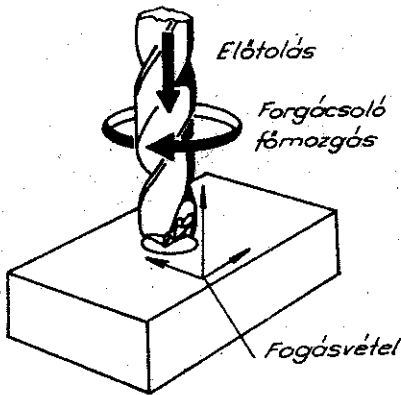
Furáskor a főmozgás forgómozgás, a mellékmozgás egyenesvonalu, a jellemző szerszám kétélű. Furógépeken a főmozgást és a mellékmozgást az álló munkadarabhoz képest a szerszám végzi (1.11. ábra), esztergaszerű szerszámgepeken előfordul, hogy a furási műveletnél a forgó főmozgást a munkadarab, az előtolómozgást pedig a szerszám végzi. Furatok bővítésére stüllyesztést és dörzsölést is végzünk, mindkét megmunkálási eljárásnál a forgácsoló mozgások megegyeznek a furás mozgásviszonyaival. A stüllyesztés jellegzetes szerszáma két- vagy háromélű, a dörzsölés szerszáma szabályosan többélű (1.12. ábra).

Maráskor a főmozgás forgó mozgás, és minden esetben a szerszám végzi. A marás szerszámjai szabályosan többélű szerszámok. A marás mellékmozgásai általában egyenesvonaluak, a mellékmozgásokat rendszerint a munkadarab végzi. A marásnak két változatáról, homlokmarásról és palástmarásról beszélünk (1.13. ábra).



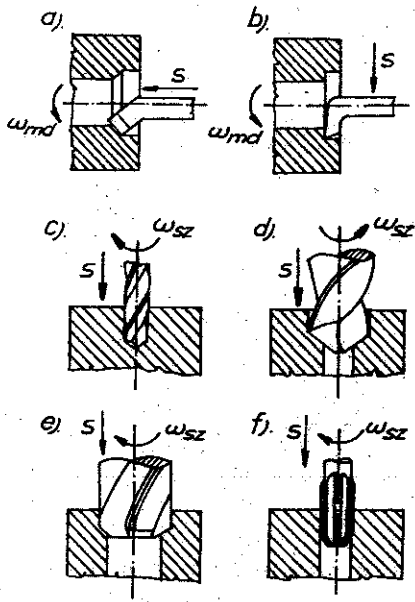
1.10. ábra
Külső és belső ítérelés

1.9. ábra
A gyalulás és vésés változatai

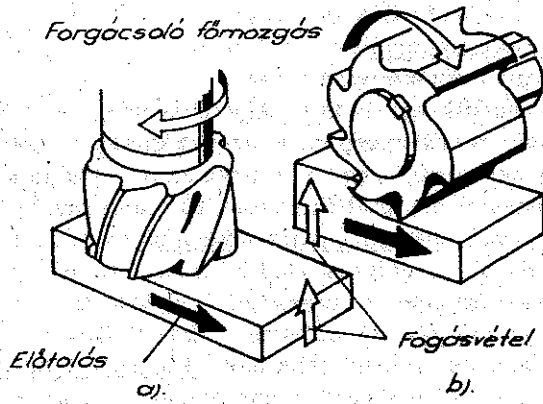


1.11. ábra
A furás forgácsoló mozgásai

Homlokmaráskor a szerszám tengelye merőleges a megmunkált felületre és az előállított felületet a szerszám homloklapján kialakított fogak munkálják meg (1.14. ábra).



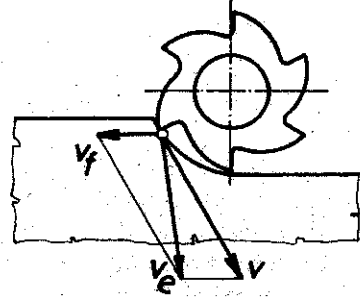
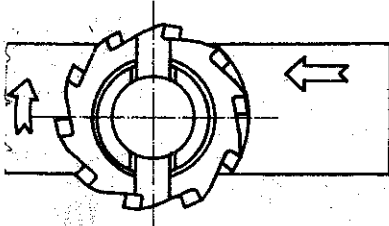
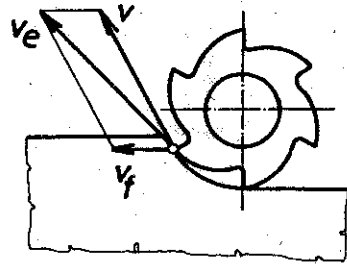
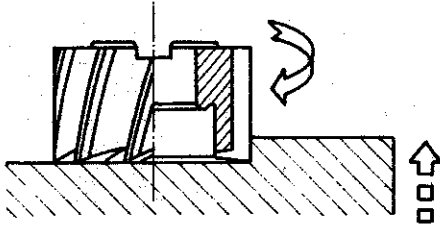
1.12. ábra
A furatbővítés forgácsolás-technikai változatai



1.13. ábra
A marás változatai

Palástmaráskor a szerszám tengelye párhuzamos a megmunkált felülettel és az előállított felületet a szerszám palást felületén elhelyezkedő szerszámélek alakítják ki (1.15. ábra). A palástmarás szerszám-elrendezési viszonyai lehetőséget teremtenek alakos felületek megmunkálására a palástfelületen kialakított szerszámfelület átmosásával.

Köszörülésnél a főmozgás forgó mozgás, a szerszám szabálytalanul sokélű és a főmozgást minden esetben a szerszám végzi. A köször-



1.14. ábra

A homlokmarás forgácsoló mozgásai

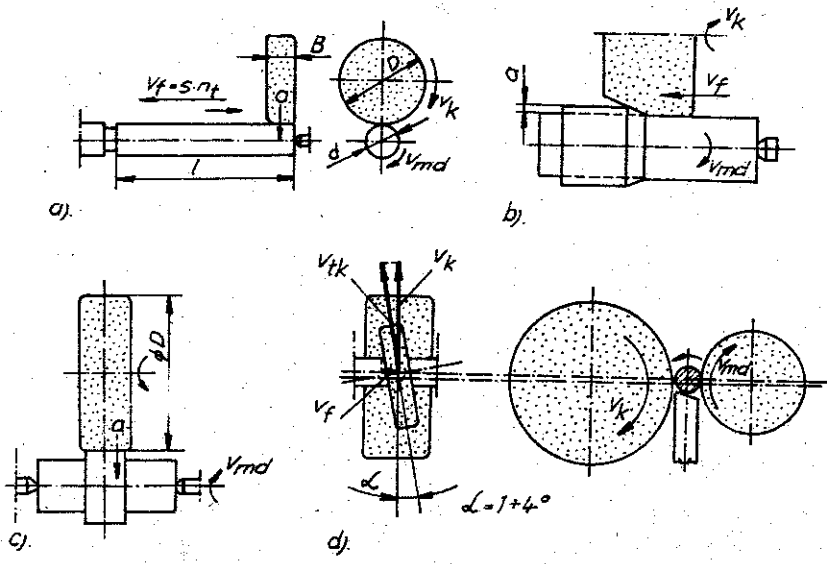
1.15. ábra

Egyenirányú és ellenirányú palástmarás

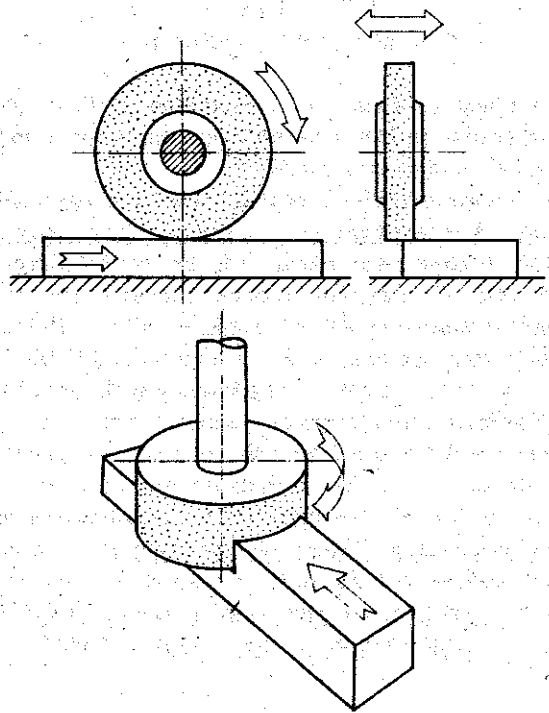
rülésnek a megmunkált felület alakjától függően három változata van: a palástköszörülés, a sikkköszörülés és a furatköszörülés. Palástköszörülésnél a munkadarabnak forgó mellékmozgása van, amelyhez hozzáadódik egy másik, egyenesvonalu mellékmozgás is. Ezt az egyenesvonalu mellékmozgást a szerszám gép felépítésétől függően végezheti a munkadarab, vagy a szerszám is. Oldalelőtöléses köszörülésnél az egyenesvonalu mellékmozgás előtölőiránya párhuzamos a munkadarab tengelyével, beszuró palástköszörülésnél az előtölőirány merőleges a munkadarab tengelyére (1.16. ábra). A mélyítőirányu mellékmozgást szintén végezheti a szerszám, vagy akár a munkadarab is. Sikfelületek köszörülését végezhetjük a köszörülkorong homlokfelületével, vagy a köszörülkorong palástfelületével. Koronghomlokkal történő sikkköszörülésnél a szerszám tengelye merőleges a megmunkált felületre.

Korongpalástartal történő sikkköszörülésnél a szerszám tengelye párhuzamos a megmunkált felülettel. A sikkköszörülés mellékmozgásai általában egyenes vonaluk és azokat végezheti akár a szerszám, akár a munkadarab. A forgácsleválasztás rétegfolyamatosságát és szakaszos ismétlődését biztosító egymásra merőleges előtölő mellékmozgásokat a síkjukra merőleges irányban a fogásvétel irányu mellékmozgás egészíti ki (1.17. ábra).

Furatköszörüléskor a munkadarab forgó mellékmozgásához a szerszám furattengellyel párhuzamos mellékmozgása is hozzájárul. A fogás-

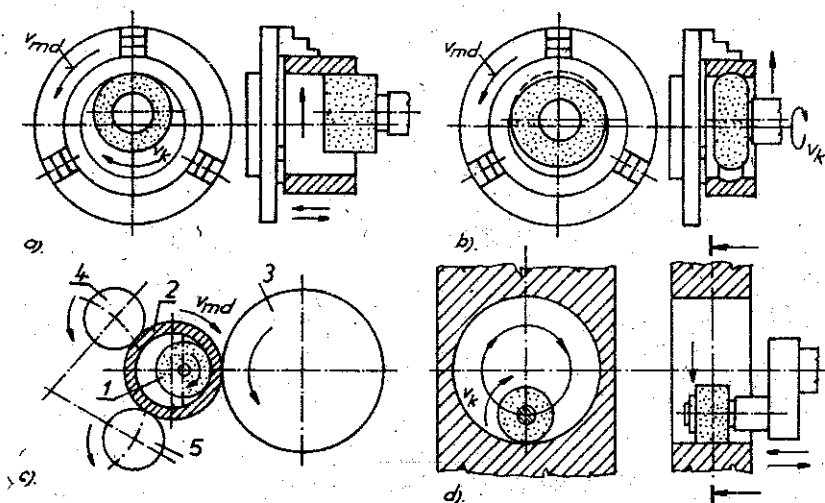


1.16. ábra
A palástkiszörülés változatai



1.17. ábra
A sikkiszörülés változatai

vétel irányu mellékmozgást általában a szerszám végzi (1.18. ábra). Bolygó furatköszörülésnél a munkadarab forgó mellékmozgása helyett a szerszám végez bolygó körelőtölést. A tengellyel párhuzamos előtolás-mozgást rendszerint a munkadarab végzi.



1.18. ábra
A furatköszörülés változatai

A felsorolt alapvető forgácsolási módokon kívül a gyakorlatban még számos forgácsolási módot használnak, amelyek a már ismertetett forgácsolási módokból származtathatók.

A forgácsoló megmunkálások osztályozásának egységes rendszere még nem alakult ki. A szerszám és a szerszámgép típusa alapján jellemzett forgácsolási módok nem határolták be egyértelműen az egyes megmunkálási módokat. Esetenként azonos szerszámmal és szerszámgéppel is végezhető lényegében eltérő megmunkálás. Például esztergán, örvénylő fejbe fogott esztergakésekkel, a szerszámok különböző sugárirányu elhelyezésekor még azonos mozgásviszonyok esetén is egészen eltérő forgácsleválasztási körülmények jönnek létre. Ha a szerszámok forgástengelye megegyezik a munkadarab forgástengelyével, a forgács keresztmetszete állandó. Ha a két forgástengely nem esik egybe, a forgácsolás szakaszos, a forgács pedig változó keresztmetszetű lesz.

Ha a forgácsleválasztás fizikai jellege szerint osztályozzuk a jellegzetes felületek forgácsolási módjait, a kapott rendszerbe jól beilleszthetők lesznek a szokásos elnevezésű megmunkálási módok is, és egyben átfogóbb és valóságosabb képet kaphatunk a forgácsoló megmunkálási eljárásokról.

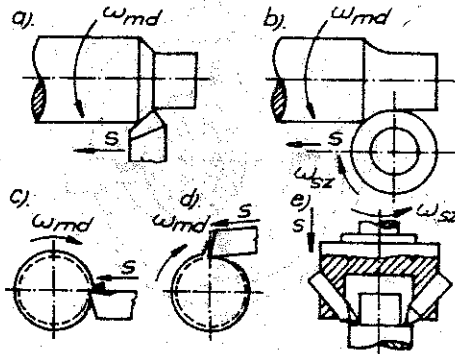
A forgácsolás fizikai jellege szerint megkülönböztetjük az

- állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztását, (pl.: esztergálás, süllyesztés, ... stb.),
- változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztását (pl.: marás),
- állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztását (pl.: gyalulás, üregelés).

Mivel valamilyen jellegzetes felületet igen sokféle módon állíthatunk elő, a megmunkálási módok ilyen alapon történő csoportosításánál előfordul, hogy különböző csoportba sorolt megmunkálásokat azonos mozgáviszonyokkal, azonos gépeken, illetve szerszámokkal valósítunk meg. Ezen az elven osztályozhatók a sík felületek, a külső és belső hengeres felületek és az alakos felületek megmunkálására alkalmazott eljárások, amelyek száma a jelenlegi gépgyártástechnológiai gyakorlatban kb. 80. Például a külső hengeres felületek szabályos élgeometriájú szerszámmal huszonhat féle módon munkálható meg.

A jegyzet korlátozott terjedelme miatt ezt az osztályozást csak a külső hengeres felületek szabályos élgeometriájú szerszámmal végzett megmunkálási eseteire bontjuk ki részletesen. További jellegzetes felületelemeknél ehhez hasonló módon részletezhető megmunkálási esetekre számíthatunk.

A munkadarabok külső hengeres felületei - állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásával - megmunkálhatók egy és többélű szabályos élgeometriájú szerszámokkal. A gyakorlatban eddig alkalmazott megmunkálási változatok a következők: (1.19. ábra)



1.19. ábra

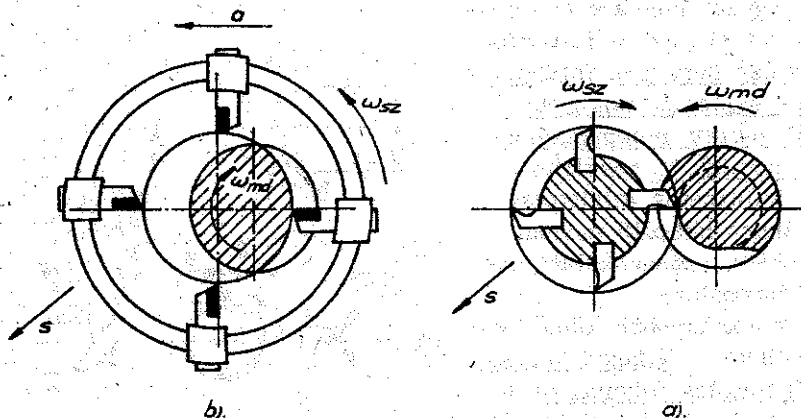
Állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztásának elvén egy- és többélű szabályos élgeometriájú szerszámokkal végzett megmunkálási változatok külső hengeres felületek előállítására

- a) forgácsolás esztergakéssel tengelyirányú előtolással,
- b) forgácsolás gombakéssel tengelyirányú és körirányú előtolással,
- c) forgácsolás esztergakéssel sugárirányú előtolással,
- d) forgácsolás esztergakéssel érintőirányú előtolással,
- e) forgácsolás süllyesztómaróval tengelyirányú előtolással.

Az eljárások közös vonásai a lényegében állandó keresztmetszetű forgács leválasztásának fizikai jellegében vannak. Az egyes változatok alkalmazása a megmunkálandó hengeres felületek méreteitől, a gyártandó darabszámtól, a művelet fokozatától (nagyoló, simító stb...) a rendelkezésre álló gépi berendezésektől függ elsősorban.

Külső hengeres felületek forgácsolása változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásával történhet egy- és többélű szabályos élgeometriájú szerszámmal. Az ilyen jellegű megmunkálásoknál egyélű szerszámként esztergakést, többélű szerszámként pedig különféle alakú marókat használnak. A gyakorlatban eddig alkalmazott megmunkálási változatok közül a legelterjedtebb az örvénylő- és a rotációs forgácsolás.

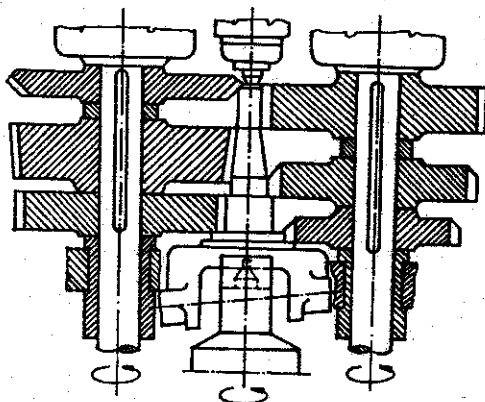
Az örvénylő forgácsolást legtöbbször esztergán végzik szápra szerelt fejjel. A munkadarab a forgácsolóél pályáján belül vagy kívül helyezkedhet el, így megkülönböztethetünk ún. külső érintkezésű szerszámmal végzett örvénylő forgácsolást, és ún. belső érintkezésű szerszámmal végzett örvénylő forgácsolást (1.20. ábra).



1.20. ábra

Az örvénylő forgácsolás változatai

A rotációs forgácsolást elsősorban nagysorozat és tömeggyártásban alkalmazzák. A megmunkálás olyan gépeken történik, amelyeknek két azonos irányban forgó orsójára kb. egymással szemben a megmunkáló szerszámokat szerelik fel, a szerszámok közötti síkban elhelyezkedő, és haladó eltolómozgásra is képes tengelyekre pedig a munkadarabot fogják fel. A tengelyek legtöbbször függőleges elrendezésűek. A megmunkálás általában a munkadarab egy teljes körülfordulásával fejeződik be (1.21. ábra).



1. 21. ábra

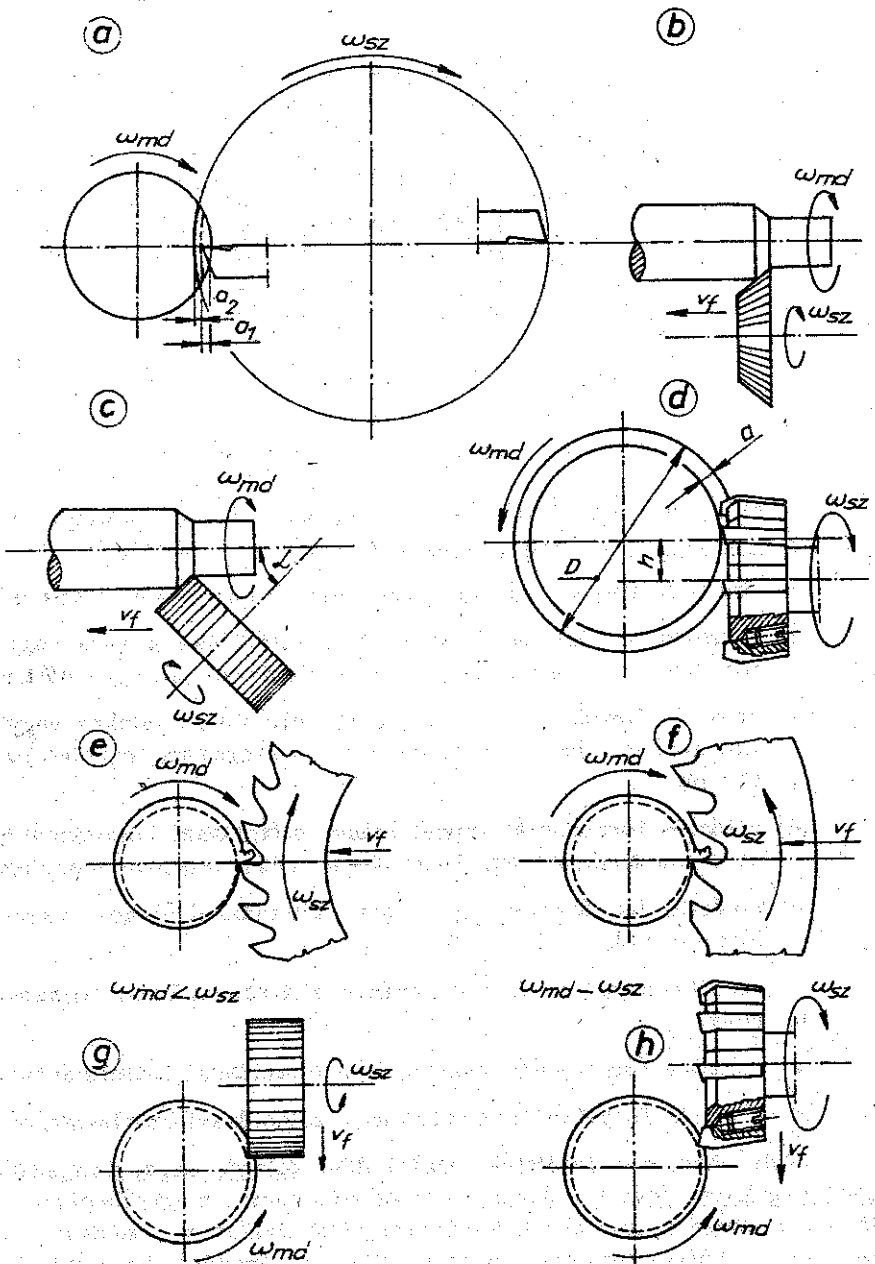
A rotációs forgácsolás alapelrendezése

A külső hengeres felületek forgácsolási változatai változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásakor (1. 22. ábra):

- a) örvénylő forgácsolás esztergakéssel, tengelyirányú előtolással,
- b) rotációs forgácsolás tengelyirányú előtolással alakos vagy palástmaróval, ha a szerszám és a munkadarab tengelye párhuzamos,
- c) rotációs forgácsolás tengelyirányú előtolással alakos vagy palástmaróval, ha a munkadarab és a szerszám tengelye szöglet zár be,
- d) rotációs forgácsolás tengelyirányú előtolással homlokmaróval, ha a munkadarab tengelyére a szerszám tengelye merőleges,
- e) rotációs forgácsolás sugárirányú előtolással alakos- vagy palástmaróval,
- f) rotációs forgácsolás sugárirányú előtolással belső fogazású maróval,
- g) rotációs forgácsolás érintőirányú előtolással palástmaróval,
- h) rotációs forgácsolás érintőirányú előtolással homlokmaróval.

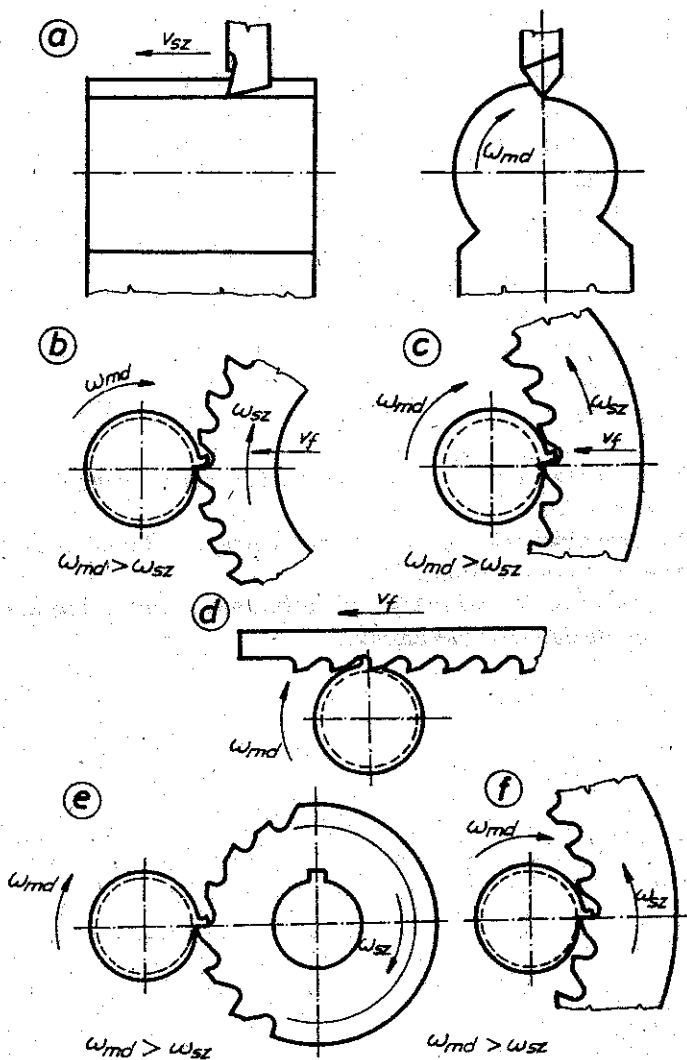
Külső hengeres felületek forgácsolása állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásával számos változattal megvalósítható (1. 23. ábra). A forgács leválasztására rendszerint gyalukést, palástmarót, üregelő lécet, külső- és belső fogazású üregelő tárcsákat használnak.

Hengeres felület gyalukéssel történő megmunkálására legtöbbször akkor kerül sor, ha a megmunkálandó felület nem teljes palástfelület, ilyen feladattal leginkább a szerszámgyártásban találkozunk bélyegek gyalulásakor. A bélyeg-gyalugépen a forgácsoló főmozgás egyenesvonalú,



1.22. ábra

A külső hengeres felületek forgácsolási változatai változó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása elvén felépített megmunkálási esetekben



1.23. ábra

Külső hengeres felületek forgácsolásának változatai állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásának elvén

ami vagy a szerszám, vagy a munkadarab végez, az előtolás pedig a munkadarab saját tengelye körüli szakaszos elfordulása.

Hengeres felület palástmaróval, vagy belső fogazású maróval végzett forgácsolásakor ha a munkadarab szög- és kerületi sebessége lényegesen nagyobb, mint a szerszámé, akkor szakaszosan leváló, közel állandó keresztmetszetű forgácsokat kapunk. Ezt az elvet elsősorban célgépeknél alkalmazzák rövid hengeres felületek forgácsolásakor.

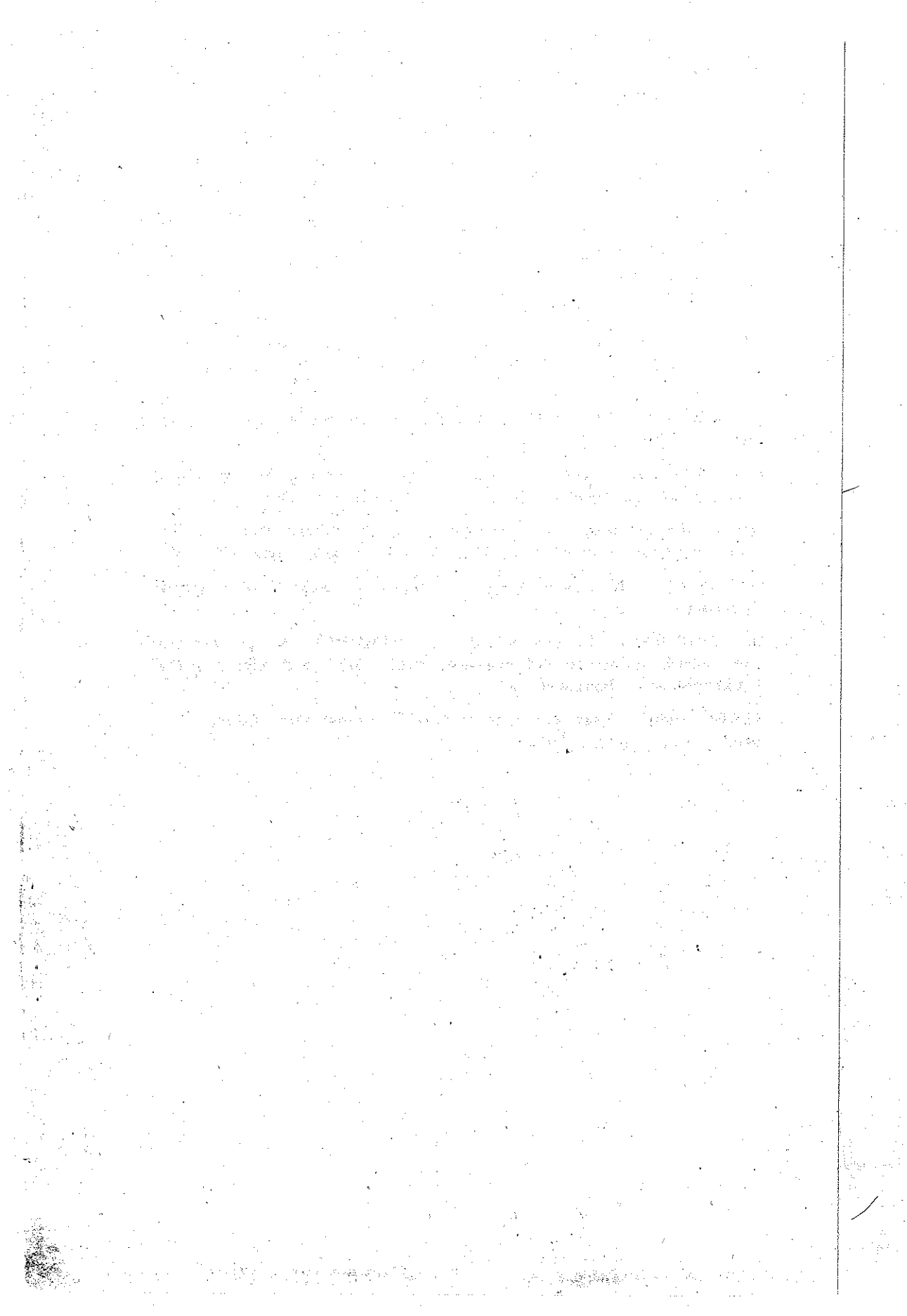
Üregelőszerszámokkal értelemszerűen elsősorban a nagysorozat- és tömeggyártásban forgácsolnak külső hengeres felületeket. Külső- és belső fogazású tárcsa alakú üregelő szerszámokon a forgácsolófogak spirális vonalban követik egymást. Rövid hengeres felületek (pl.: golyóscsapágy gyűrű hengeres része) megmunkálásakor ezek a szerszámok célgépeken igen nagy termelékenységet biztosítanak.

Végezetül foglaljuk össze a külső hengeres felületek forgácsolási változatait állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztásakor:

- a) forgácsolás gyalukéssel, körirányú előtolással, váltakozó egyenesirányú főmozgással;
- b) forgácsolás palástmaróval sugárirányú és körirányú együttes előtolással;
- c) forgácsolás belső fogazású maróval sugárirányú és körirányú előtolással;
- d) forgácsolás érintőirányú főmozgást végző üregelőléccel forgó előtolással;
- e) forgácsolás érintőirányú körelőtolással, külső fogazású tárcsás üregelőszerszámmal;
- f) forgácsolás érintőirányú körelőtolással belső fogazású gyűrű alakú üregelőszerszámmal.

A fejezethez felhasznált és ajánlott
irodalom jegyzéke

1. Dr. BAKONDI Károly: Forgácsolás elmélete és forgácsoló technológia I. KTMF. jegyzet: 49.660/I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
2. DEGNER - LUTZE - SMEJKAL: Spanende Formung, VEB Verlag Technik, Berlin, 1968.
3. Dr. FAZAKAS Balázs - HORNYIK László: A forgácsolás elmélete. NME, Miskolc, egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Bp., 1965.
4. Dr. FILEMON József: Gépgyártástechnológia szerkesztők számára. BME. egyetemi jegyzet, J 4-732. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.
5. Dr. GRIBOVSZKI László: Gépipari megmunkálások. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
6. Dr. GRIBOVSZKI L. - MOLNÁR J. - SZMEJKÁL A.: Az automatizált gyártás technológiai tervezése. NME. MTI kiadvány: J 4-714. Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.
7. SZABÓ András: Forgácsolószerszámok élgeometriája. GAMF, Kecskemét, jegyzet, 1972.



2. Gyártásgeometriai alapismeretek

A forgácsoló megmunkálás mozgásgeometriai alapjaival a gyártásgeometria foglalkozik. A gyártásgeometria a gépgyártástechnológia fejlődése során felgyülemlett, a gépalkatrészek alaki tulajdonságaira vonatkozó hatalmas ismeretanyagot kívánja geometriai szempontok szerint rendezni.

Mivel a gyártásgeometria a gépiparon belül kialakult tudományág, ennek megfelelően a gépalkatrészek gyártásgeometriája azokat a gyakorlati geometriai ismereteket foglalja össze, amelyek a munkadarab és a szerszám, vagy a munkadarab és a mérőeszköz relatív helyzetére és relatív mozgására, a munkadarab és a szerszám, vagy a munkadarab és a mérőeszköz alaki kapcsolataira vonatkoznak.

Egyes formák létrehozásában a mechanikai mozgásnak nincs lényeges szerepe (pl.: lemezszabások esetében), más formák kialakításában viszont a mechanikai mozgásnak döntő szerepe van. Ezt külön hangsúlyozni kívánjuk, amikor a gépalkatrészek kinematikai gyártásgeometriájáról beszélünk, a forgácsoló megmunkálás mozgásgeometriai alapjainak tárgyalásakor.

Gyártásgeometriai vizsgálatainkban a munkadarabnak alakot adó szerszám gép belső felépítésétől eltekinthetünk, s csak külső mozgásait, mint különböző merev térrendszerek mozgásait elemezzük. A szerszám gép bármely mozgást végző szerkezeti egysége (pl.: a szerszámtartó, a szánok, revolverfejek, az asztal, vagy a gép állványa), a szerszám gépre felfogott munkadarab és a szerszám gépbe befogott szerszám mind merev térrendszereknek tekinthetők. E térrendszerek egymáshoz képest meghatározott relatív mozgásokat végeznek. A szerszám gépek mozgásai lehetőleg egyszerű mozgások vagy egyszerű mozgások szuperpozíciói.

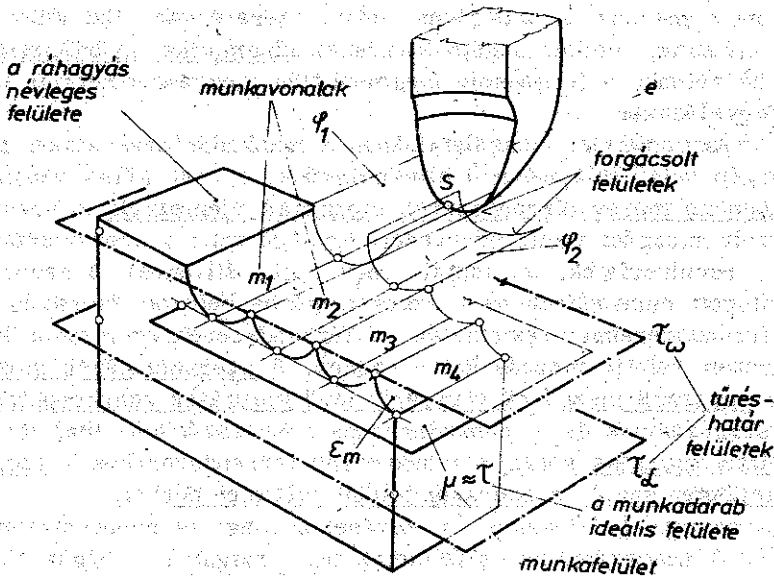
A szerszámnak és a munkadarabnak a szerszám gép által megvalósított relatív mozgása során a munkadarab térrendszerében a szerszám felületét surol, a szerszám felület felületet burkol.

A szerszám gyártásakor és élezésekor maga is munkadarabnak tekinthető. A szerszámélek és felületek tehát maguk is mozgással létrehozott, a lehetőségekhez mérten egyszerű vonalak és felületek.

A gépszerkesztés és a gépgyártás lehetőleg elemi formák létrehozására törekszik, s csak ha ezek valamilyen oknál fogva nem kielégíthetők, fordul a bonyolultabb, a kizárólag elemi mozgásokkal elő nem állítható formák felé.

A gyártásgeometria egyaránt használ geometriai és műszaki fogalmakat, illetve kifejezéseket. Terminológiája tehát a matematikus és a technológus nyelvének közös része. A következőkben néhány alapfogalmat vezetünk be, amelyen keresztül megismerhető lesz a kinematikai gyártásgeometriának tudományos igényű fogalomköre és terminológiája, amely az adott területhez szükséges elemi-, kinematikai-, ill. differenciálgeometriai fogalmak és kifejezések körét a szükséges gyártástechnológiai fogalmakkal és kifejezésekkel kibővítve használja.

- A szerszámél a szerszám térrendszerének olyan vonala, amely a munkadarab térrendszerében forgácsolt felületet surol.
- A szerszámfelület több és sokélű szerszám esetében a szerszám térrendszerének a szerszáméleket tartalmazó olyan felülete, amely a munkadarab térrendszerében a munkadarab elméleti felületét burkolja. A szerszámfelületen az élek elhelyezését vagy számát változtatva a munkadarab névleges felülete nem változik meg.
- A munkadarab ideális felülete az az elméleti felület, amelynek legjobb megközelítésére törekszünk a munkadarab készremunkálása közben. Ezt az elméleti felületet a munkadarab névleges felületének is hívjuk (2.1. ábra).

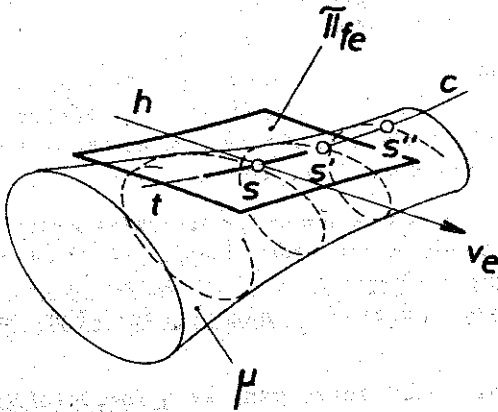


2.1. ábra

A munkadarab felületeinek gyártásgeometriai értelmezése

- A munkadarab módosított ideális v. névleges felületének nevez-
zük azt az elméleti felületet, amely az ideális felületet annak
megjelölt tartományán belül jól megközelíti, a tartományhatáro-
kon kívül azonban attól előírt mértékben eltér.
- A munkadarab megmunkálendő felülete: a munkadarab ráhagyá-
sának felülete, amely az ideális vagy módosított ideális felület-
tel, egzaktul, vagy közelítően egyenközű elméleti felület, a rá-
hagyás mértékével megnövelt méretekkel.
- A munkadarab tűrésfelületei a munkadarab névleges vagy módo-
sított névleges felületével egzaktul, vagy közelítően egyenközű
olyan elméleti felületek, amelyek között kell elhelyezkednie a
valóságos megmunkált felületnek (2.1. ábra).
- A szerszám forgácsoló éle két felületnek a metszészvonala: a
homlok lapnak ($A \gamma'$), amely a szerszám dolgozó részének az a
felülete, amelyen a forgács lesiklik, és a hátlapnak ($A \alpha$),
amely a szerszám dolgozó részének a megmunkált felület felé
eső felülettartománya.
- A homlok lap és a hátlap között anyag van, ez a forgácsolóék.
- A forgácsolóél a homlok lapnak az a határvonala, amely teljes
hosszán, vagy annak egy részén a forgácsoló műveletet végzi a
forgácsoló éknek a munkadarab anyagába történő behatolása so-
rán.
- A (e) forgácsolóél a munkadarab térrendszerében egy (ψ) for-
gácsolt felületet surol.
- A forgácsolóél felbontható forgácsolópontok sorozatára, amelyek
tartozhatnak a munkadarab forgácsolt felületét előállító főforgá-
csolóélhez, illetve a mellékforgácsolóélhez.
- Az egy-, vagy többélű forgácsolószerszám forgácsolóélének (e)
valamely (s) kiválasztott pontja - meghatározott kinematikájú gé-
pi megmunkálás esetén - az (m) munkavonalat írja le a munka-
darab térrendszerében.
- A munkavonalak a forgácsleválasztás jellegének megfelelően egy
fogásvételen belül lehetnek: egyszerűek, szakaszosak, és cikliku-
sak.
- Egyszeri forgácsleválasztás esetén a munkavonal is egyszeri,
(Példák: az üregelés, menetesztergálás, menetmetszés, menet-
furás, hátraesztergálás stb.)

- Szakaszos forgácsleválasztáskor a munkavonal szakaszosan megismétlődő nem ciklikus vonalsereg. (Példaként a gyalulás, vésés, lefejtő gyalulás, ill. lefejtő vésés esetei sorolhatók fel.)
- Ciklikus forgácsleválasztás esetében a folytonos előtolómozgás következtében a munkavonal folyamatos ciklikus vonal. (Például: az esztergálás, furás, marás, lefejtő marás munkavonalai.)

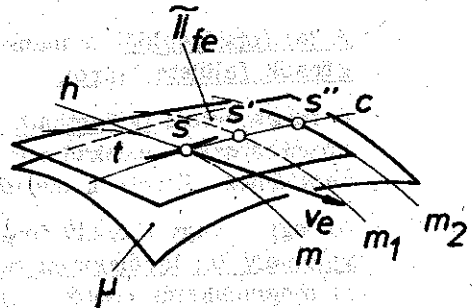


2.2. ábra

Ciklikus munkavonal a munkafelületen helyezkedik el

- Ha a ciklikus munkavonal egy (S) pontját a munkadarab rendszerében rögzítjük, és a folytonos előtolást biztosító, egyébként és általában konstans értékű geometriai paramétert gondolatban folytonos változóként tekintjük, akkor e változó függvényében a ciklikus munkavonal a (μ) munkafelületet surolja. Azaz, a (m) ciklikus munkavonal a munkafelületen (μ) helyezkedik el (2.2. ábra).

- Ha a szakaszos előtolásból származó diszkrét munkavonalsereg egyik vonalát a munkadarab térrendszerében rögzítjük, és a szakaszos előtolást biztosító, egyébként és általában konstans értékű geometriai paramétert gondolatban folytonos változóként tekintjük, akkor e változó függvényében a vonalsereg a (μ) munkafelületet surolja a munkadarab térrendszerében. A szakaszos munkavonalsereg tehát a munkafelületen helyezkedik el (2.3. ábra).



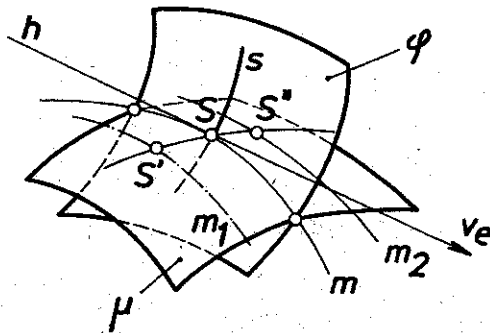
2.3. ábra

A szakaszos előtolásból származó diszkrét munkavonalsereg munkafelületet határoz meg

- Egyszeri munkavonal esetében munkafelület nem definiálható.

- Igen összetett mozgásviszonyú megmunkálások esetében, amikor két különböző jellegű előtolás is szerepel, (pl.: hengeres fogaskerek diagonális lefejtő marásánál), a munkavonalak kétparaméteres serege, s így a munkafelületek egyparaméteres serege jelenik meg a forgácsolóél egy pontjára vonatkozóan.
- Határozatlan munkavonal esetén (pl.: kézi előtolású furásnál, stüllyesztésnél, dörzsölésnél) a munkafelület meghatározása a szabatos geometriai leírás hiányában csak a feltételezés szintjén lehetséges.

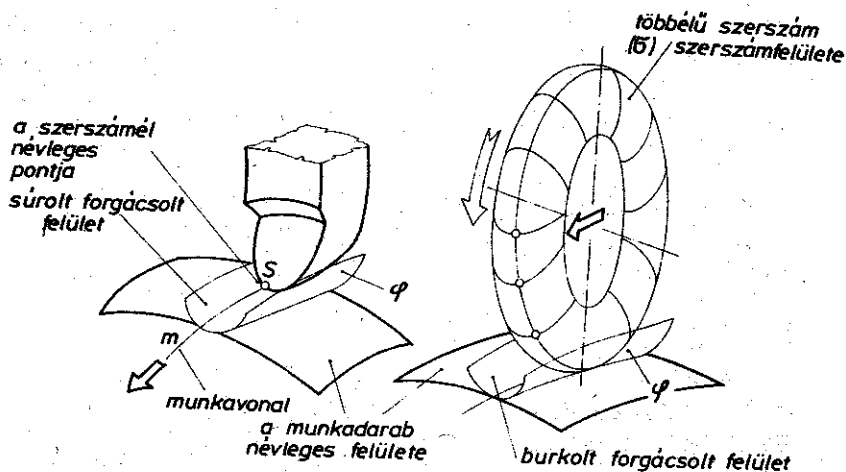
- Ismétlődő paraméterű munkavonalak esetében tehát a munkavonalon két felület: a forgácsolt felület (ψ) és a munkafelület (μ) halad keresztül, azaz forgácsolt felület és a munkafelület a munkavonalban metszik egymást (2.4. ábra).



2.4. ábra

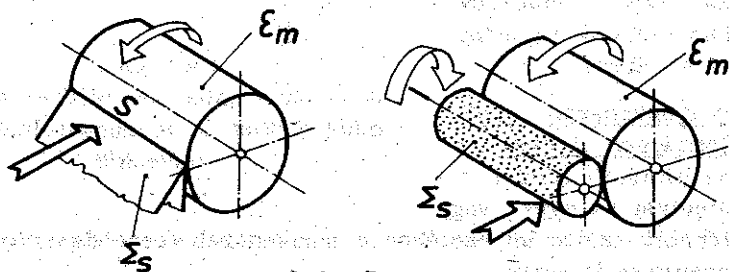
A munkavonalon két felület: a forgácsolt felület és a munkafelület halad keresztül

- A munkadarab surolt forgácsolt felülete az az elméleti felület, amelyet az egy-, vagy többélű szerszám esetében a munkadarab térrendszerében egy szerszámél surol.
- A munkadarab forgácsolt burkoló felülete az az elméleti felület, amelyet a sokélű szerszám szerszámfelülete a munkadarab térrendszerében burkol (2.5. ábra).
- A munkadarab előállított felülete az az általában összetett felület, amely a surolt forgácsolt felülethez vagy felületekhez, illetve a burkolt forgácsolt felülethez, vagy felületekhez, azok önelmetsződése következtében a leforgácsolt térrész eltávolítása után a munkadarabon megmarad.
- Az előállított felület lehet barázdálatlan, egyszer-, vagy kétszer barázdált. Az egyszer és kétszer barázdált felületek összetett felületek.
- Ha a munkadarab a szerszám gép térrendszerében egy rögzített tengely körül forog és a szerszám éle a tengellyel párhuzamos egyenes, akkor a forgácsolóél (s) a munkadarab térrendszerében



2.5. ábra

A sűrott forgácsolt felület és a burkolt forgácsolt felület fogalma



2.6. ábra

Barázdálatlan előállított felületek

egy forgáshengert sűrol és az előállított felület (ϵ_m) egy barázdálatlan felület lesz (2.6. ábra).

- Ugyancsak barázdálatlanul előállított felületet kapunk, ha a munkadarab a szerszám gép térrendszerében egy álló tengely körül forog, és egy sokélű szerszám szerszámfelülete (Σ_s), amely az előző tengellyel párhuzamos helyzetű tengely köré irt forgáshenger, burkolja a barázdálatlanul előállított forgáshenger alakú burkolt forgácsolt felületet (ϵ_m). (Lásd 2.6. ábra.)
- Ha a szerszám éle a munkadarabnak a szerszám gép térrendszerében rögzített helyzetű forgástengelyéhez képest kitérő helyzetű egyenes (s) és a munkadarab tengelyével párhuzamos haladó mozgást végez, a munkadarab térrendszerében sűrott forgácsolt felületként egy torzcsavarfelület (ψ_m) keletkezik. Ennek önel-