

Gépipari technológiai ismeretek

Kulcsár, Tamás, Pannon Egyetem

Gépipari technológiai ismeretek

írta Kulcsár, Tamás

Publication date 2012

Szerzői jog © 2012 Pannon Egyetem

A digitális tananyag a Pannon Egyetemen a TÁMOP-4.1.2/A/2-10/1-2010-0012 projekt keretében az Európai Szociális Alap támogatásával készült.

Tartalom

1. ELŐSZÓ	1
2. BEVEZETÉS	2
3. ÁLTALÁNOS ALAPFOGALMAK	3
1. A GYÁRTMÁNY RÉSZEI ÉS JELLEMZŐI	3
2. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT MODELLJE	6
3. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT SZERVEZÉSE	10
4. A FORGÁCSOLÁS ELMÉLETI ALAPJAI	15
1. A SZERSZÁMOK ÉLGEOMETRIÁJA, KOORDINÁTARENDSZEREK	16
2. A FORGÁCSOLÓ SZERSZÁMOK ANYAGAI	20
3. A FORGÁCSKÉPZŐDÉS MECHANIZMUSA	23
4. A FORGÁCS ALAKJA	25
5. FORGÁCSOLÓ ERŐ ÉS TELJESÍTMÉNY	26
6. A SZERSZÁMOK KOPÁSA ÉS ÉLETTARTAMA	31
7. A FORGÁCSOLT FELÜLET MINŐSÉGE	37
8. A FORGÁCSOLÁS GAZDASÁGI KÉRDÉSEI	41
5. ESZTERGÁLÁS	43
1. AZ ESZTERGAGÉPEK	43
6. FÚRÁS, FURATBŐVÍTÉS	71
7. MARÁS	85
1. A homlokmarók kopása és éltartama	95
8. GYALULÁS, VÉSÉS, ÜREGELÉS	97
1. Gyalulás	97
9. FORGÁCSOLÁS HATÁROZATLAN ÉLGEOMETRIÁJÚ SZERSZÁMMAL - KÖSZÖRÜLÉS	106
10. A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ALAPFOGALMAK ÉS JELÖLÉSEK	114
1. FORGÁCSOLÁS	114
2. MÉRÉSTECHNIKA	117
3. ABRAZÍV MEGMUNKÁLÁS	117
4. FOGASKEREKEK, MENETEK	117
5. SZERSZÁMANYAGOK	118
6. AUTOMATIZÁLÁS	119
Irodalomjegyzék	121

Az ábrák listája

3.1. Csigatengely műhelyrajza (Forrás: [1])	4
3.2. A tűrések hatása a relatív gyártási költségzintre (Forrás: [1])	5
3.3. A technológiai folyamat rendszer kapcsolata iparvállalati környezetével (Forrás: [1])	6
3.4. Csigatengely technológiai folyamata, alakító és hőkezelő műveletekkel (Forrás: [1])	8
3.5. Csigatengely technológiai folyamata, alakító és hőkezelő műveletekkel (Forrás: [1])	9
3.6. A munkaidő általános struktúrája (Forrás: [1])	11
4.1. A szerszám ékszerűen behatol a munkadarabba és forgácsot választ le (Forrás: [1])	15
4.2. Esztergálás MKGSI rendszerének részlete és a főbb leíró mennyiségek (Forrás [1])	16
4.3. Forgácsoló szerszám dolgozó felületei, élei felülnézetben (a) és térbeli ábrán (b) (Forrás: [1])	16
4.4. Ortogonál élszög rendszer koordináta síkjai (Forrás: [1])	17
4.5. Szerszám koordináta élszög rendszer koordináta síkjai (Forrás: [1])	18
4.6. Az ortogonálisíokban és az élsíokban értelmezett szögek (Forrás [1])	19
4.7. A κ szerszámmhelyezési szög és a forgács keresztmetszet összefüggése (Forrás [1])	19
4.8. A λ_s terelőszög hatása a forgács lefutására (Forrás [1])	20
4.9. Forgácsoló szerszámok három fő szerkezeti eleme esztergakés esetében (Forrás: [1])	20
4.10. Egyélű forgácsoló szerszám élei és lapjai (Forrás [1])	21
4.11. Szerszám anyagok szívósságának és keménységének összefüggése (Forrás: [1])	22
4.12. Szerszám anyagok forgácsoló sebesség tartománya az előtolás függvényében (Forrás: [1]) ..	22
4.13. A forgácsképződés mechanizmusának modellje szívós anyagnál (Forrás: [1])	23
4.14. A forgácsképződés mechanizmusa rideg anyagnál (Forrás: [1])	23
4.15. Az élrátét kialakulása (Forrás: [1])	24
4.16. Forgácsalakok osztályozása (Forrás: [1])	25
4.17. A forgácsoló erő összetevői, illetve a fajlagos forgácsoló erők (Forrás: [1])	26
4.18. A fajlagos főforgácsoló erő a forgácsvastagság függvényében (Forrás: [1])	28
4.19. A (k_c) és a (h) kapcsolata (Forrás: [1])	28
4.20. Kopási jelenségek esztergakés homlok és hátfelületein. (Forrás [1])	32
4.21. Egyélű szerszám többszöri újraélezése (Forrás: [1])	33
4.22. Kopásgörbék különböző forgácsolási sebességek esetén (Forrás: [1])	35
4.23. A kísérletek alapján felvett „Taylor”-egyenest (Forrás: [1])	35
4.24. Optimális éltartam-paraméterek (Forrás: [1])	36
4.25. Az elméleti és a tényleges felületi profil forgácsolásnál (Forrás: [1])	37
4.26. Jellegetes felülettípusok forgácsolásnál (Forrás: [1])	38
4.27. Determinisztikus és sztohasztikus érdesség (Forrás: [1])	38
4.28. Megmunkált felület nyoma esztergálásnál (Forrás: [1])	39
4.29. Érdességprofilok (Forrás: [1])	39
4.30. Az elméleti érdesség meghatározása (Forrás: [1])	39
4.31. A megmunkált felület feszültségi állapota (Forrás: [1])	41
4.32. A forgácsolási paramétereket befolyásoló tényezők (Forrás: [1])	42
5.1. Egyetemes csúcseszterga (Forrás: [3])	43
5.2. Karusszel eszterga (Forrás: [3])	43
5.3. Ábra Fejeseszterga (Forrás: [3])	43
5.4. Toronyrevolver eszterga (Forrás: [3])	44
5.5. Dobrevolver eszterga (Forrás: [3])	44
5.6. Revolverautomata revolverfeje (Forrás: [3])	44
5.7. Revolverautomata revolverfeje (Forrás: [3])	44
5.8. Hátraeszterga (Forrás: [3])	45
5.9. Horizontál eszterga (Forrás: [3])	45
5.10. Az egyetemes eszterga felépítése (Forrás: [3])	45
5.11. Emeltyűs rendszerű tokmány (Forrás: [3])	47
5.12. Csúcsok közötti befogás (Forrás: [3])	47
5.13. Az esztergálás jellegzetes felületei (Forrás: [3])	48
5.14. Hosszesztergálás (Forrás: [3])	49
5.15. Oldalazás (Forrás: [3])	49
5.16. Kúpesztergálás (Forrás: [3])	50
5.17. Alakesztergálás (Forrás: [3])	50
5.18. Menetesztergálás (Forrás: [3])	50

5.19. Forgácsoló mozgások esztergálásnál (Forrás: [3])	51
5.20. A felületi érdesség és a csúcssugar összefüggése (Forrás: [3])	53
5.21. Csúcsfurat (Forrás: [3])	54
5.22. 90°-os csúcsfurat (Forrás: [3])	54
5.23. Védőkúpos csúcsfurat (Forrás: [3])	54
5.24. Központfűrő (Forrás: [3])	54
5.25. Hosszesztergálás (Forrás: [3])	55
5.26. Lépcsős esztergálás (Forrás: [3])	56
5.27. Homlokmenesztő (Forrás: [3])	57
5.28. Állóbáb (Forrás: [3])	57
5.29. Bábhely kialakítása hosszú munkadarabon (Forrás: [3])	58
5.30. Az állóbáb beállítása (Forrás: [3])	58
5.31. Futóbáb (Forrás: [3])	58
5.32. Síkesztergálás (Forrás: [3])	59
5.33. Rövidre fogott egyenes nagyolókés (Forrás: [3])	59
5.34. Oldalazás félcsúcs támasztás mellett (Forrás: [3])	60
5.35. Homorú és domború felület keletkezése síkesztergálásnál (Forrás: [3])	60
5.36. Beszúrás és leszúrás (Forrás: [3])	60
5.37. Kiszúrás (Forrás: [3])	61
5.38. Szúrókések kialakítása	61
5.39. Rovátkoló és recéző szerszám (Forrás: [3])	62
5.40. Rovátkoló és recéző szerszám (Forrás: [3])	63
5.41. Esztergakés típusok (Forrás: [3])	64
5.42. Balos és jobbos esztergakés (Forrás: [3])	64
5.43. Tangenciális (hasábos) kés (Forrás: [3])	64
5.44. Tangenciális (hasábos) kés (Forrás: [3])	65
5.45. Körkés (Forrás: [3])	65
5.46. Esztergakések fajtái (Forrás: [3])	65
5.47. Cserélhető lapkás szerszámok (Forrás: [4])	66
5.48. Forrasztott lapkás szerszámok (Forrás: [4])	66
5.49. A forgácsolóerő meghatározása közvetlen erőméréssel (Forrás: [3])	68
5.50. A forgácsolókeresztmetszet 90°-os és 90°-nál kisebb elhelyezési szögű késnél (Forrás: [3])	69
5.51. Mozgáshosszak a gépi idő számításához (Forrás: [3])	69
6.1. A fúrás, furatbővítés alapváltozatai (Forrás: [1])	71
6.2. A furatmegmunkálás MKGS rendszere (Forrás: [1])	72
6.3. Asztali fűrőgép (Forrás: [4])	72
6.4. Oszlopos fűrőgép (Forrás: [4])	72
6.5. Konzolos fűrőgép (Sugárfűrőgép) (Forrás: [4])	74
6.6. CNC fűrőközpont (Forrás: [4])	74
6.7. koronafűrő, b) váltólapkás fűrő, c) laposfűrő, d) mélyfűrő (Forrás: [1])	75
6.8. (Forrás: [1])	75
6.9. (Forrás: [1])	76
6.10. (Forrás: [1])	76
6.11. Keményfém váltólapkás telibe fűrő (Forrás: [1])	77
6.12. Hengeres szárú és kúpos szárú csigafűrő és központfűrő (Forrás: [4])	78
6.13. Hengeres, kúpos és csapos süllyesztő (Forrás: [4])	78
6.14. Csigafűrő élgeometriája (Forrás: [1])	78
6.15. Szabványos központfuratok	79
6.16. Süllyesztőfűrő forgácsoló része és annak elemei (Forrás: [1])	80
6.17. Kúpsüllyesztő (Forrás: [5])	81
6.18. Csapos süllyesztő (Forrás: [5])	81
6.19. Többkéses fűrőrud (Forrás: [5])	81
6.20. Furatmegmunkálás egykéses fűrő rúddal (Forrás: [1])	81
6.21. dörzsárak általános élgeometriája (Forrás: [1])	82
6.22. A csigafűrő jellegzetes kopásformái a sarokkopás és a hátkopás (Forrás: [1])	83
6.23. A csigafűrő kúppaláston történő hagyományos élezése (Forrás: [1])	83
6.24. (Forrás: [1])	84
7.1. A marás MKGS rendszere (Forrás: [1])	86
7.2. Egyetemes szerszámmarógép (Forrás: [4])	86
7.3. CNC marógép (Forrás: [4])	86

7.4. CNC fúró-marógép (Forrás: [4])	87
7.5. (Forrás: [1]) A marószerszámok két fő típusa: a.) száras maró, b.) furatos maró	88
7.6. A palástmarás változatai (Forrás: [1]) a.) ellenirányú marás, b.) egyenirányú marás	89
7.7. Forgácskeresztmetszet palástmarásnál (Forrás: [1])	90
7.8. Forgácskeresztmetszet homlokmarásnál (Forrás: [1])	93
7.9. Jellegzetes homlokmaró élgeometriája (Forrás: [1])	93
7.10. A lapka és a munkadarab érintkezési lehetőségei (Forrás: [1])	96
8.1. A gyalulás forgácsolási viszonyai (Forrás: [1])	97
8.2. Síkgyalulás (Forrás: [1])	97
8.3. Hengerfelület-gyalulás (Forrás: [1])	97
8.4. Csavarfelület-gyalulás (Forrás: [1])	98
8.5. Lefejtő fogvésés (Forrás: [1])	98
8.6. Profilozó gyalulás (Forrás: [1])	98
8.7. Alakgyalulás (Forrás: [1])	98
8.8. A vésőkések működési feltételei (Forrás: [1])	99
8.9. Vésőkések típusai és élgeometriája (Forrás: [1]) a.) gyorsacél vésőkés, b.) forrasztott keményfémleplek horonyhúzó	99
8.10. Vésőkések típusai és élgeometriája (Forrás: [1]) a.) gyorsacél vésőkés, b.) forrasztott keményfémleplek horonyhúzó	99
8.11. Az üregelő tűske forgácsleválasztási körülményei (Forrás: [1])	100
8.12. Üregeléssel készült jellegzetes alkatrészek (Forrás: [1])	101
8.13. Az üregelő szerszám részei (Forrás: [1])	101
8.14. A dolgozó rész felosztása (Forrás: [1])	102
8.15. Függőleges belső üregelőgép (Forrás: [3])	104
8.16. Függőleges külső üregelőgép (Forrás: [3])	104
8.17. Külső felületek üregelő szerszámai (Forrás: [3])	104
8.18. Az üregelő szerszám fogkialakítása (Forrás: [3])	104
9.1. Forgácsképződés (Forrás: [1]) a) esztergálás, b) köszörülés esetén	106
9.2. A pórusok egyik szerepe a köszörűkorongok működésénél (Forrás: [1])	108
9.3. Szilíciumkarbid és korund szemcséjű köszörűkorong jelölése (Gránit vállalat) (Forrás: [1]) ..	108
9.4. Korongalapalakok (Forrás: [1])	109
9.5. Egyetemes palástköszörűgép (Forrás: [3])	110
9.6. Áteresztő köszörülés (Forrás: [3])	111
9.7. Csúcs nélküli köszörűgép (Forrás: [3])	111
9.8. Vízszintes és függőleges tengelyű síkköszörűgép (Forrás: [3])	112
9.9. Furatköszörűgép (Forrás: [3])	112

1. fejezet - ELŐSZÓ

Az ipari termelési folyamatokat szervező, irányító szakemberek feladatai a manapság elterjedt ipari-technológiai és üzletvezetési környezetben igen változatosak és sokrétűek. A legalapvetőbb gyártási folyamatok (előgyártás, alkatrészgyártás, szerelés) ismerete mellett megalapozott tudással kell rendelkezni a teljes folyamatot átszövő minőségssabályozásról, továbbá a gyártóeszközök tervezéséről és fejlesztéséről, a folyamatos fejlesztésekről, a termelő berendezések cellákba és gyártórendszerekbe integrálásáról, számítógépes tervező-, és gyártásszervező rendszerek alkalmazásáról. E feladatok ellátásához sokoldalú ismeretekre, készségekre van szükség.

E jegyzet célja az, hogy a hallgatókat megismertesse azon alapvető gépgyártástechnológiai ismeretekkel, melyek segítségével sikeresen tudják elvégezni az iparvállalatoknál felmerülő üzemi szervezési-, és menedzsment feladatokat, illetve hatékonyan tudják képviselni a vállalati érdekeket a vállalatközi kapcsolatokban.

2. fejezet - BEVEZETÉS

A mai társadalmi-gazdasági viszonyok között - ipari termelési módszerek segítségével előállított - termék megvalósítása azt igényli, hogy magasan képzett szakemberek gazdasági és műszaki szempontok alapján aprólékosan megtervezzék a gyártmányon kívül az előállítás folyamatát is, valamint gondos szervező munkával a teljes termelési folyamat erőforrás szükségletét is biztosítani kell. A következő lényeges feladatokat kell megoldani:

- a piaci igények felmérése alapján meg kell vizsgálni a megvalósítás gazdasági, pénzügyi feltételeit, figyelembe véve a finanszírozás, a termékkibocsátás, a forgalmazás különös követelményeit .
- el kell végezni a termék konstrukciós tervezését, a gyártásérett konstrukció kialakítását, röviden a gyártmánytervezést (CAD, CAE technikák);
- el kell végezni a termék előállítási folyamat tervezését: az alkatrész előállítás, a szerelés, az ellenőrzés, a csomagolás tervezését. A gyártási folyamatot úgy kell tervezni, hogy a műszaki követelmények biztonságos kielégítése mellett a gazdaságosságot is kielégítő, optimális folyamatot biztosítson. (a terméktervezési folyamatot támogató számítógépes technikák: CAPP, CAM, CAE, CAST, CAQ, ...);
- össze kell állítani a gyártási folyamathoz szükséges gépi berendezések, készülékek, szerszámok, mérőeszközök listáját, valamint a termelést erőforrásokkal való kiszolgálásának terveit (alapanyagok, felkész termékek, energia, humán erőforrás, termelési információ; CAPP, MRP, TIR, ...)

A termék előállítási folyamat tervezési feladatainak többsége a gyártástervezéssel végezhető el.

A fentiekben jelzett elvégzésére az iparvállalatoknál olyan szervezeti egységek szakosodnak, mint a gyártmánytervezési-, a gyártástervezési-, a gyártáselőkészítési-, a gyártóeszközgazdálkodási-, a pénzügyi-, a controlling-, a kereskedelmi-, az igazgatási-, a szervezési, stb. egységek. A hatékony gazdálkodásra szorító körülmények természetesen abba az irányba terelik a cégeket, hogy ezen funkcionálisan elkülönülő szervezeti egységeikben felhalmozott erőforrásaikat optimálisan használják. A legtöbb esetben a szervezeti felépítésből adódó bürokratikus típusú működés helyett a projekt feladatokra összeálló (gyors reakcióképességű) team-szerű működést alkalmaznak.

3. fejezet - ÁLTALÁNOS ALAPFOGALMAK

A **technológia** azokkal az elvekkel, törvényszerűségekkel, eljárásokkal, valamint ezekkel kapcsolatos eszközökkel, gépekkel, berendezésekkel foglalkozik, amelyek a nyersanyagok átalakítása, feldolgozása során **terméket** hoznak létre. Ha a technológia az alapanyagok gyáripari feldolgozására irányul, akkor **gyártástechnológiáról**, ha pedig ezen belül gépipari termék előállítására vonatkozik, akkor **gépgyártástechnológiáról** beszélünk.

A **gyártás** fogalmának pontosítása érdekében a fogalmat úgy definiáljuk, hogy gyártás alatt fejlett technológiával, magas szervezettségi szinten, azaz gyáripari körülmények között megvalósított termék előállítási folyamatot értünk. A gyártási folyamat eredményeképpen előálló termék a **gyártmány**.

A gépgyártástechnológia a műszaki tudományoknak azon szűkebb része, amely a gépek, részegységek és gépalkatrészek gyártásával kapcsolatos ismeretekkel foglalkozik. A gépgyártástechnológia tárgykörét további részterületekre oszthatjuk:

- az alapanyagok (előgyártmányok) osztályozása, fajtái, és tulajdonságai;
- a gyártási eljárások rendszere, ezek törvényszerűségei;
- a különféle megmunkáló szerszámok, jellemzőik és alkalmazásai;
- a megmunkáló gépek felépítése, alkalmazása, üzemeltetése, és telepítése;
- a mérés-technikai eszközök alapvető ismerete és használata;
- kiegészítő gyártóeszközök (pl. készülékek) alapvető ismerete, és használata;
- összetett gyártórendszerek kialakítása, és üzemeltetése;
- alapvető üzemszervezési, termelés-szervezési ismeretek;
- a termelési folyamatok tervezésének általános formái, és tartalmi követelményei;
- a termék és a gyártási folyamat minőségének folyamatos és megbízható menedzsmentje.

1. A GYÁRTMÁNY RÉSZEI ÉS JELLEMZŐI

A gyártmány a gyártás terméke, a termék bonyolultságától, a termelési lánc szerveztségétől függően lehet egy egyszerű lemez alkatrész, csavar, egy hajtáslánc elemeként működő csapágy, vagy fogaskerék, de lehet egy bonyolult felépítésű precíziós szerszámgép, vagy egy több ezer alkatrészből álló autó. A több elemből álló **gyártmány elsődleges eleme** mindig az **alkatrész**, amely abban különbözik az összetett **szervevényektől**, hogy sem oldható, sem oldhatatlan kötést nem tartalmaz. Így valamennyi gyártmány - tovább már nem bontható - elemeire, alkatrészeire bontható. Az egyetlen darabból álló késztermék pedig általában a későbbi felhasználás során válik egy összetett termék alkatrészévé.

A termelés folyamatos fenntartása érdekében gyártmány és a gyártás kialakításánál a termék megfelelőségen túlmenően jelentős gyártásszervezési szempontokat is érvényesíteni kell:

- az alkatrészek, részegységek, gyártmányok egyértelmű azonosíthatóságát;
- a gyártási folyamat során együttműködő szervezeti egységek közötti munkamegosztás és együttműködés feltételeinek kialakíthatóságát;
- a szerelés, a későbbi felhasználás illetve karbantartás műszaki-technológiai követelményeit;
- a gyártási átfutási idő minimalizálását, a legkisebb erőforrás ráfordítás mértékét;

A **gyártmány** – struktúráját tekintve - tehát több szintű **részegységből**, a részegységek **alkatrészekből** épül fel. A gyártmány felépítésének funkcionális rendszerét a **gyártmány-családfa** ábrázolja.

Egy gyártmány hierarchikus struktúrájában a következő részegység szinteket értelmezzük:

- a gyártmány → (a gyártási folyamat **végterméke** pl.: autó);
- a szerkezeti egység → (**önálló funkciót** megvalósító szerelvény pl.: hajtómű, motor + sebességváltó, stb.);
- a főcsoport → (önállóan **szerelhető és ellenőrizhető** rész-szerelvény pl.: sebességváltómű);
- az alcsoport → (önállóan **szerelhető és bemérhető** alkatrész csoport pl.: kapcsoló mechanizmus);
- az alkatrész → (**tovább nem bontható** gyártmány elem pl.: tárcsa).

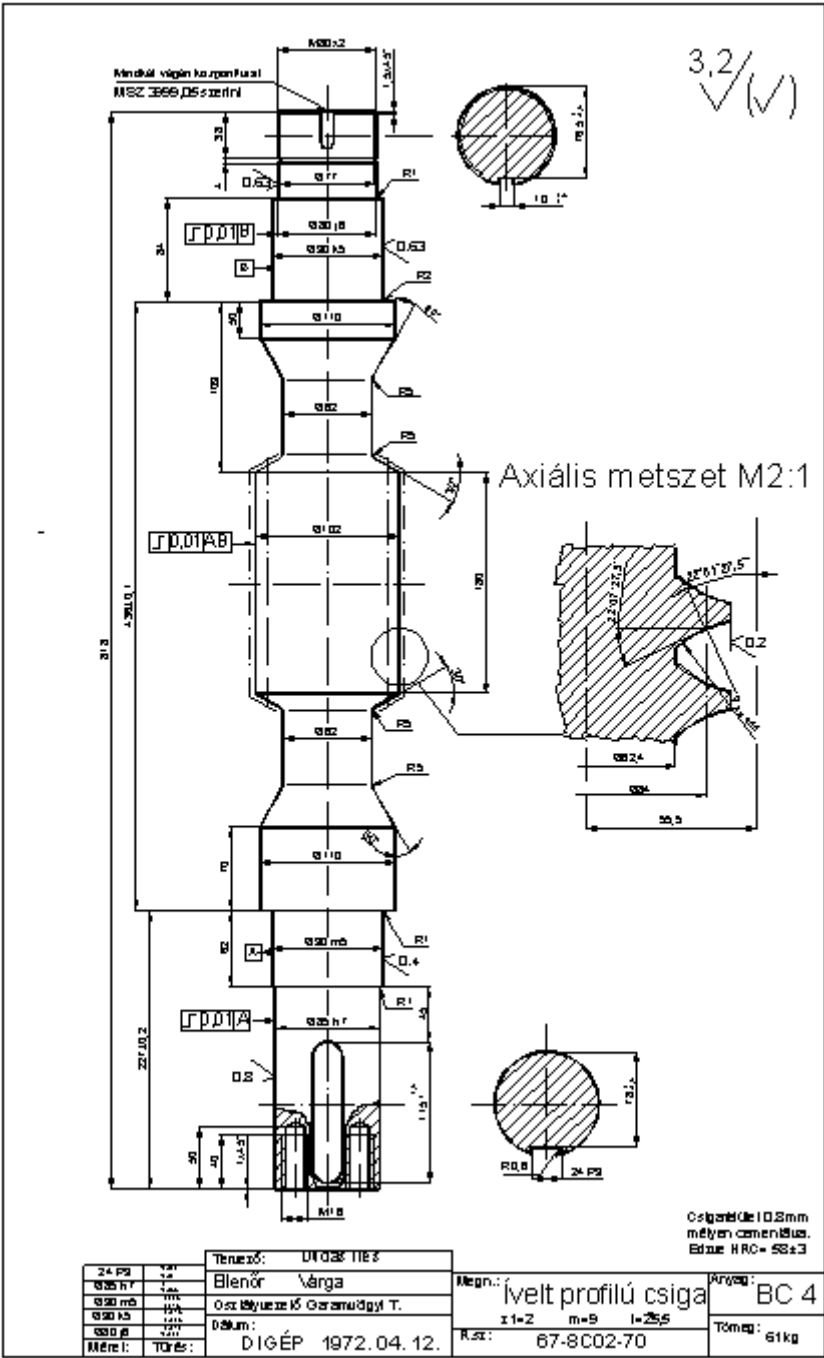
A **gyártmánycsaládfa** a **gyártmány struktúráját**, az alkatrészek, alkatrész csoportok, szerkezeti egységeknek a gyártmányban meghatározott **funkcionális helyét és kapcsolatait rögzíti**.

A termelési folyamatban lévő alkatrész neve: **munkadarab**. A munkadarab megmunkálására vonatkozó információkat, és az alkatrész funkciójából eredő követelményeket a műhelyrajzon adjuk meg. (3.1. ábra).

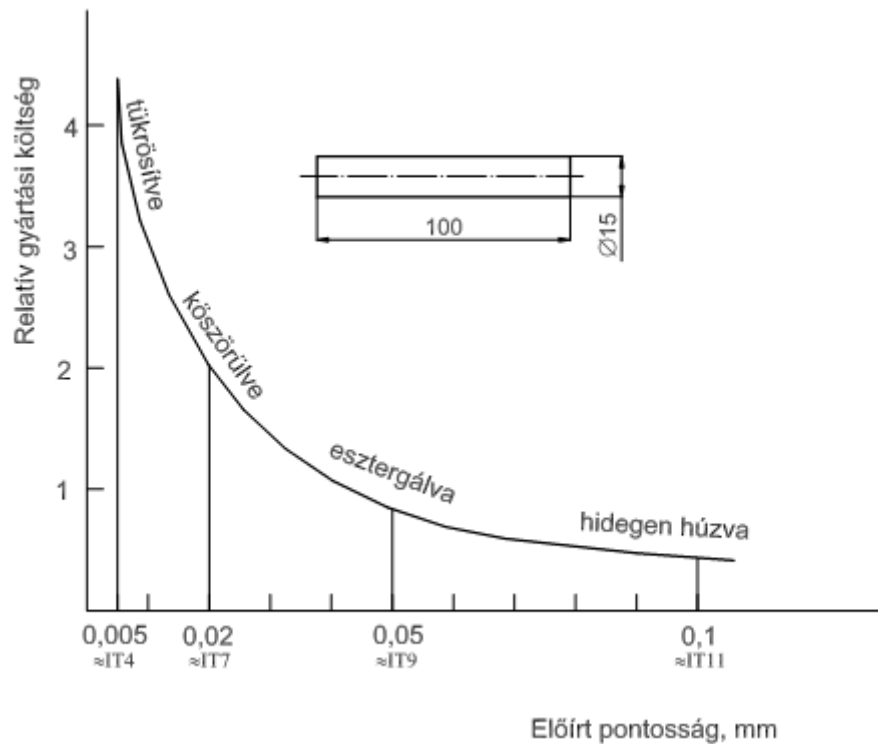
A **műhelyrajzon** előírt gyártási **információk** olyan követelmények, amelyeket a gyártás során a végrehajtó szervezetnek (üzemi termelési szervezet) teljesíteni kell. Ezek a követelmények alapvetően három csoportba oszthatók:

- az alkatrész **alakjára** vonatkozó előírások. Ezeket a géprajzi szabályoknak megfelelően nézeti és metszeti képeken vizuális formában, másrészt az alaktűrések (egyenesség, síklapúság, körkörösség, hengeresség, stb.) szabványos megadásával adjuk meg;
- a pontos **méretekre** vonatkozó előírásokat a mérethálózat-, a mérettűrés és helyzettűrések segítségével adjuk meg. A mérettűrést vagy numerikusan az alsó és felső határeltérés megadásával, vagy az ISO tűrésrendszer szerint alfanumerikus kód (pl. Ø50 H7) szerint szokás megadni. A különböző helyzettűréseket (párhuzamosság, merőlegesség, egytengelyűség, radiális és axiális ütés, tengelyhelyzet, szimmetria, stb.) is az ide vonatkozó szabványok szerint adjuk meg;
- az egyéb **tulajdonságokra** vonatkozó követelmények az anyagminőségre-, (összetétel, mechanikai tulajdonságok) a hőkezelési állapotra, a felületminőségi követelményekre, egyéb speciális szabványoknak való megfelelésre terjedhetnek ki.
- a műhelyrajzon **kiegészítő szöveges információ** is található (ilyen lehet például a tűrésmező táblázat, utalás a rajzon külön nem részletezett tűrésekre vonatkozóan, egyéb vevői követelményekre vonatkozó előírások, mint például különféle élettartam teszteknek való megfelelés)

3.1. ábra - Csigatengely műhelyrajza (Forrás: [1])



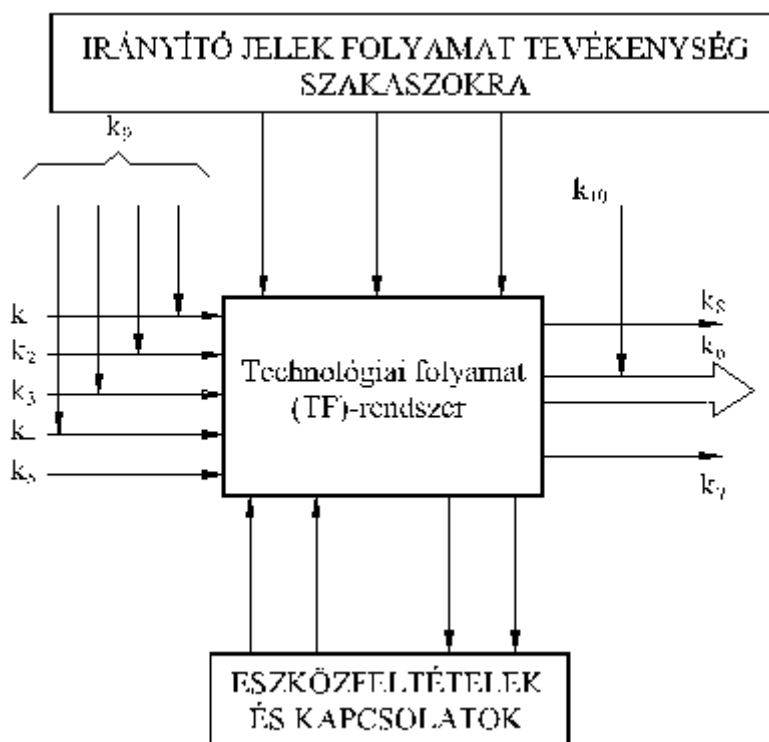
3.2. ábra - A túrések hatása a relatív gyártási költségszintre (Forrás: [1])



2. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT MODELLJE

A gyártási folyamat legegyszerűbb modelljét olyan átalakító egységnek (fekete doboznak) tekintjük, mely anyagi-, energetikai-, információs-, és humán erőforrás- kapcsolatban áll (iparvállalati) környezetével. Ebben az átalakító egységben anyagi javak, gyártmányok előállításuk folyik. A gyártási folyamat pontos megismerése és az irányító szerep elsajátítása érdekében elemezni kell a gyártástechnológiai rendszert, a környezettel való kapcsolatát és a benne zajló folyamatot is. (3.3. ábra).

3.3. ábra - A technológiai folyamat rendszer kapcsolata iparvállalati környezetével (Forrás: [1])



Az 3.3. ábra szerinti jelölések értelmezése az alábbiak szerinti:

k_1 - nyers- és segédanyagokkal, félkész termékekkel és kereskedelmi árukkal való ellátás folyamata,

k_2 - energiával való ellátás folyamata,

k_3 - gyártóberendezések, gépek, készülékek, szerszámok, mérőeszközök és egyéb technikai feltételek biztosításának folyamata (gyártóeszköz-ellátás, karbantartás, stb.),

k_4 - az élőmunkával való ellátás folyamata.

Ezek (k_1 - k_4) együttesen a gyártás anyagi ellátásának, kiszolgálásának folyamatát jelentik.

k_5 -a gyártáshoz szükséges és annak során keletkező információk biztosításának, illetőleg feldolgozásának folyamata (gyártmány és gyártási tervek, gyártási programok kidolgozása, operatív gyártásirányítás, stb.)

Ez (k_1 - k_5) összefoglalóan a gyártás konstrukciós és technológiai előkészítését, valamint a gyártásirányítást jelenti.

k_6 -A TF végtermékének felhasználási, hasznosítási folyamata (a szerelés technológiai folyamata, a kész gépek üzemeltetése a felhasználás területén stb.)

k_7 -a hulladékanyagok kezelésének, hasznosításának vagy megsemmisítésének folyamata

k_8 -a hulladékegyes hasznosításának folyamata

k_9 -A TF-ba „bemenő” anyagok, energia, élőmunka és információk ellenőrzésének folyamata

k_{10} -a TF-ot elhagyó végtermékek ellenőrzésének rendszere

A termelési rendszerben végbemenő folyamatok közül **azokat a természeti és tudati folyamatokat**, amelyek eredményeként a bemenő anyagok és félkésztermékek kész termékké (gyártmánnyá) válnak, **gyártási folyamatnak nevezzük**.

A gyártási folyamat részfolyamatai: a beszerzés, a raktározás, az anyagmozgatás, a technológiai-tervezés, a termelőberendezések előkészítése, a munkahelyek megszervezése, az alkatrészek elkészítésének minden fázisa, a szerelés, minőségbiztosítás, stb.

A gyártási folyamat részfolyamatait további gyűjtő fogalmakkal is csoportosíthatjuk. **Anyagi folyamatoknak** nevezzük a gyártási folyamat azon részfolyamatait, amelyek közvetlenül kapcsolódnak a munkadarab, vagy szerelvény tulajdonságainak a megváltoztatásához - az állapothatározók kedvező irányú alakításával -; továbbá olyan kiegészítő folyamatokhoz, melyek segítik a fő tulajdonság változtató folyamat végrehajtását mint például az anyagok adagolása, a gyártóeszközök (szerszámok, készülékek, mérőeszközök) biztosítása. Az anyagi folyamaton **belül technológiai folyamatnak** nevezzük azt a részfolyamatot, melynek eredményeként a munkadarab tulajdonságai (alak, méret, felületi érdesség, anyagszerkezet, hőkezeltégi állapot) megváltoznak.

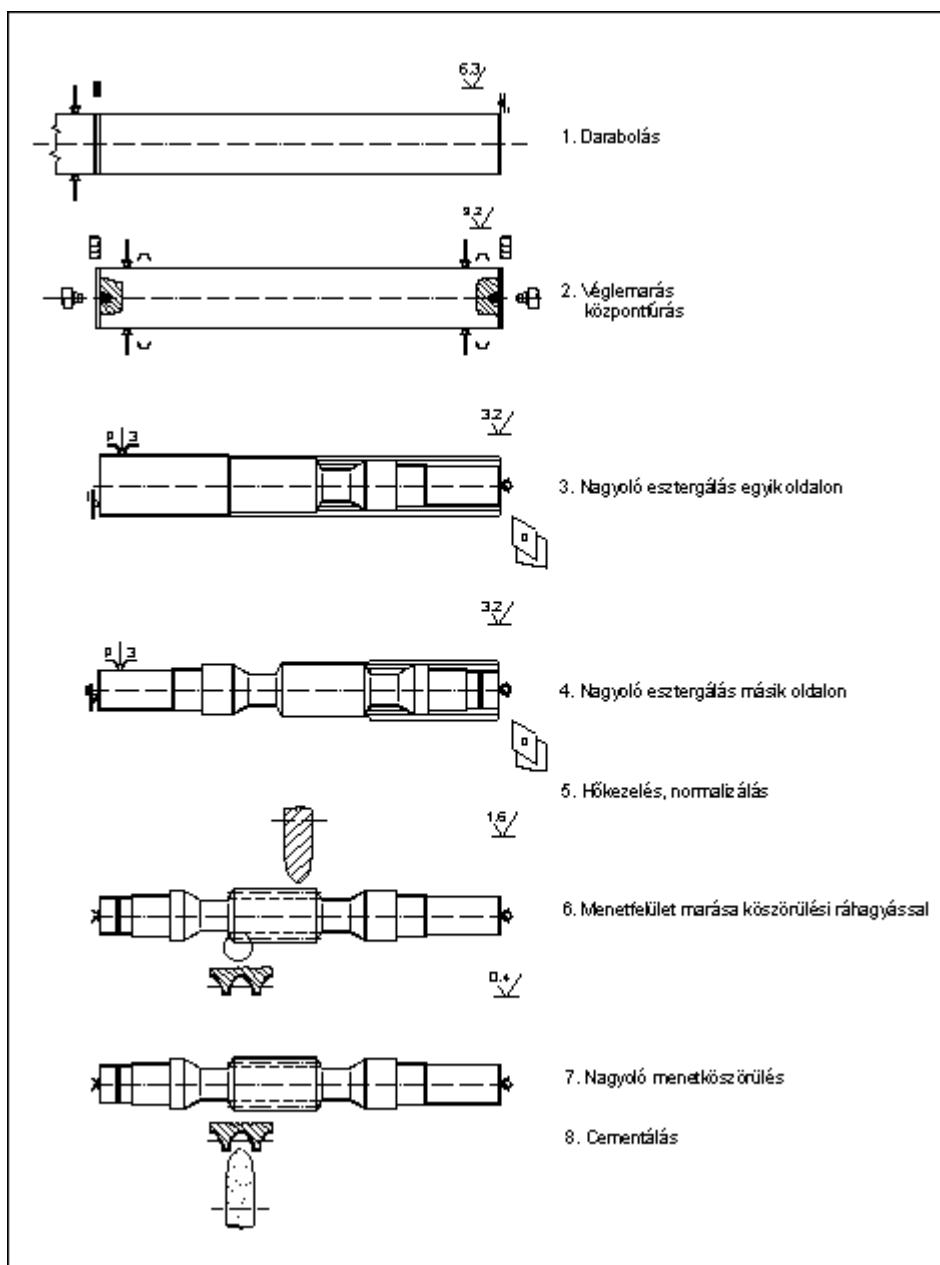
A gyártási folyamat azon részeit, amelyek közvetlenül nem változtatják a munkadarab tulajdonságait, viszont az anyagi folyamatok tervezéséhez, ütemezéséhez, irányításához, végrehajtásához és ellenőrzéséhez szükséges adatokat tartalmazzák, **információs folyamatoknak** nevezzük. A termelő üzemek méretének növekedésével, a termelési kapacitások koncentrációjával, a gyártmány struktúrák bővülésével és bonyolultabbá válásával, a számítógépes technikák elterjedésével az információs folyamatok jelentősége növekszik.

A gyártási folyamatot technológiai szempontok szerint, a technológiát leíró fogalomrendszer szerint tagolhatjuk hierarchikus alapelemeire:

- a technológiai folyamat, *A gyártási folyamat azon része, melynek során a munkadarab alak-, méret-, helyzet- és egyéb tulajdonság-követelményeinek értékei az előírt érték irányába változnak;*
- a megmunkálási (gyártási) szakasz, *A gyártás azon része amely a termékhez szükséges részeket azonos készültségi állapotba hozza. Különböző típusú műveletek együttese. (előgyártás, alkatrészgyártás, szerelés) (pl. alakadás egy forgácsolási technológiával → esztergálás)*
- művelet csoport *Azonos pontossági fokozatot létrehozó műveletek együttese (pl. nagyoló műveletek csoportja)*
- a művelet, *Egy gépen, berendezésben egy befogásban (felfogásban) elvégzett alakítás. (pl. nagyoló esztergálás egy befogásban.)*
- a műveletelem-csoport, *Azonos típusú műveletelemek összessége (pl. fúrási műveletelemek: fúrás, felfúrás, süllyesztés, dörzsölés)*
- a műveletelem, *(A munkadarab meghatározott felületén ugyanazon szerszámmal végzett anyageltávolítás és a hozzá tartozó munkadarab pozicionáló tevékenység. Mozdulatok összessége)*
- a fogás, *A szerszám egyetlen előtolással megvalósított teljes mozgásciklusa (pl. a szerszámmal történő megközelítés + forgácsolás + a szerszám kiemelése)*
- a mozdulat, *Funkcionálisan még elkülöníthető kézi vagy gépi aktivitás. Időigénye meghatározható. (pl. szorítás, közeliést, ürités.. stb)*
- mozdulat elem *Az anyagleválasztás szempontjából funkcionárisan el nem határolható aktivitás. (pl. indítás, léptetés, ..)*

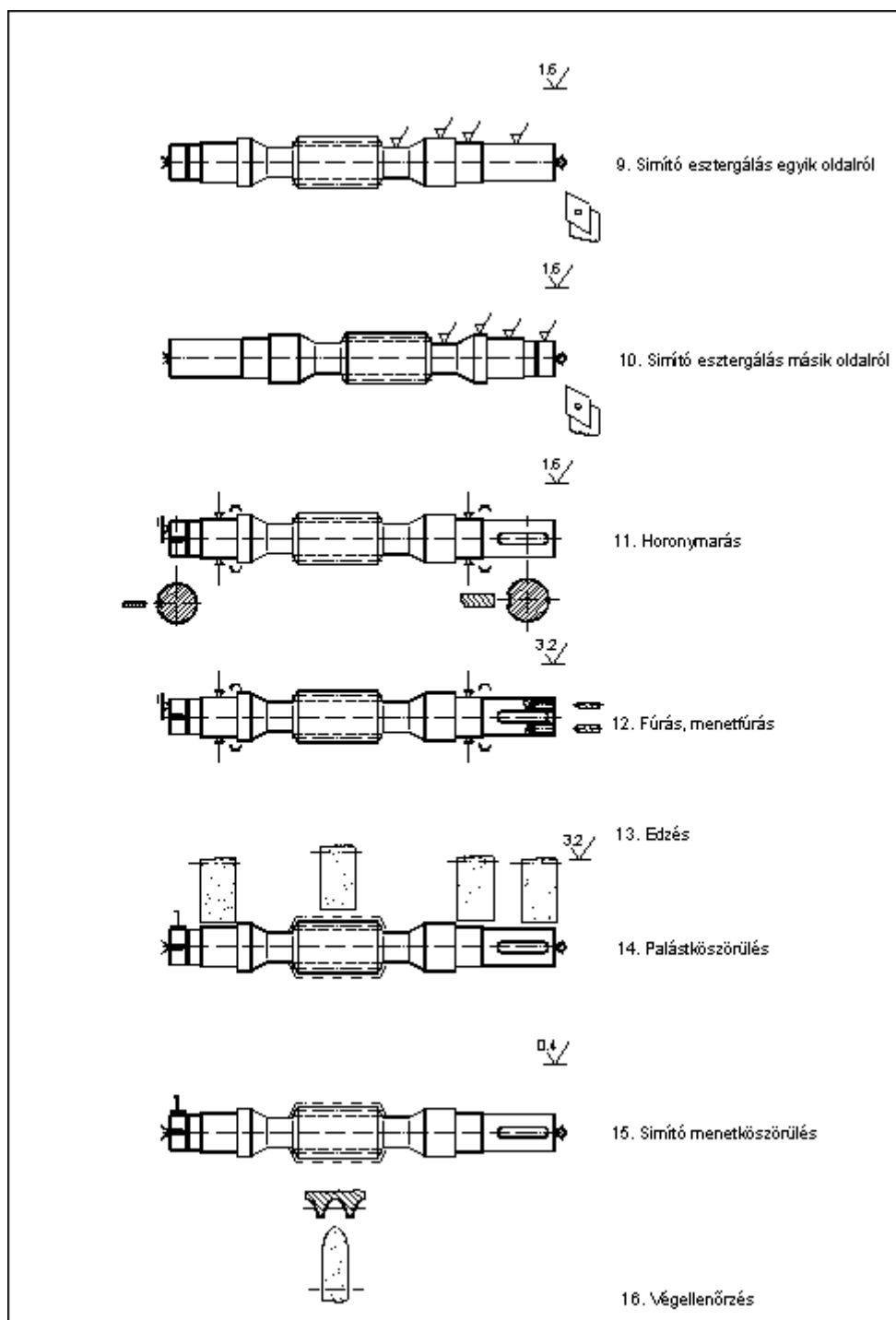
Példaként a 3.1. ábrán látható tengely technológiai folyamatát ábrázoljuk annak műveleti bontású lépéseivel.

3.4. ábra - Csigatengely technológiai folyamata, alakító és hőkezelt műveletekkel (Forrás: [1])



Az esztergálási és köszörülési ráhagyásokat simító megmunkálásokkal távolítjuk el.

3.5. ábra - Csigatengely technológiai folyamata, alakító és hőkezelő műveletekkel (Forrás: [1])



3. A GYÁRTÁSI FOLYAMAT SZERVEZÉSE

A gyártás tömegszerűsége, a termékhez kapcsolódó technológiai folyamat időigénye alapján képzett mutatószám alapján **egyedi-, sorozat- és tömeggyártást** különböztetünk meg.

Az **egyedi gyártás** estén egyszerre csak egy vagy legfeljebb néhány darab van a gyártási folyamatban. A gyártmányok, munkadarabok és műveletek igen ritkán, vagy pedig nem is ismétlődnek. A géppark leginkább egyetemes gépekből áll, amelyek a legkülönbözőbb gyártmányok előállítására alkalmasak.

Sorozatgyártásban egyszerre több munkadarab is gyártásban van. A gyártmányok, munkadarabok és műveletek sorozatonként ismétlődnek, az egy sorozatban legyártott termék egy-egy megmunkáló gépen jellemzően azonos körülmények között, azonos beállítással készülnek. Az egyetemes megmunkáló gépek

mellett nagy termelékenységű célberendezéseket alkalmaznak. Az egyszerre munkába vett munkadarabok száma a **sorozatnagyság**. A technológiai folyamat sorozatnagyságonként ismétlődik. Sorozatban kiforrott szerkezetű, megállapodott típusú termékeket gyártanak. Így készülnek szerszámgépek, szivattyúk, kompresszorok, dróthúzógépek, hajtóművek, kábelgépek, stb. A sorozatnagyság alapján értelmezünk kis-, közép- és nagysorozatgyártást.

Tömeggyártás esetén a gyártási folyamat megszakítás nélküli. A gyártmányok és munkadarabok hosszú ideig változatlanok. Az egyes munkahelyeken csak egy állandóan ismétlődő műveletet végeznek. A termelő gépek automaták, célgépek, rugalmas automata gépsorok. A tömeggyártásban kiforrott szerkezetű, széles körben használatos termékeket gyártanak, mint pl.: a kötő-elemek, a golyós csapágyak, stb.

Az iparszerű gyártás másik, gazdasági mutatója a gazdaságosság. Gazdaságosnak mondunk egy gyártási folyamatot, ha valamely vizsgált idő-intervallumban (többnyire a termék életciklus alatt) ez elvárásoknak megfelelő mértékű profitot termel a befektető számára. A piaci verseny körülmények között ezt a követelményt csak az eredmények és a ráfordítások gondos tervezésével és folyamatos számbavételével lehet megvalósítani. Egy gyártási folyamat megvalósítása során eredmény a piac által elismert termék-ellenérték, az ún. bevétel, míg a ráfordítás, a gyártási folyamat során felmerülő kiadás igen sokféle lehet. A gyártási folyamat szempontjából az úgynevezett **közvetlen gyártási költség**-típusokat vizsgáljuk. Ezek közé tartoznak az:

- **anyagköltség,**
- **bérköltség,**
- **gépköltség,**
- **rezsiköltség,**
- **készülékköltség,**
- **szerszámköltség,**

amelyek jellegzetesen a munkákra fordított idő alapján (arányosan) terhelik a munkadarabot.

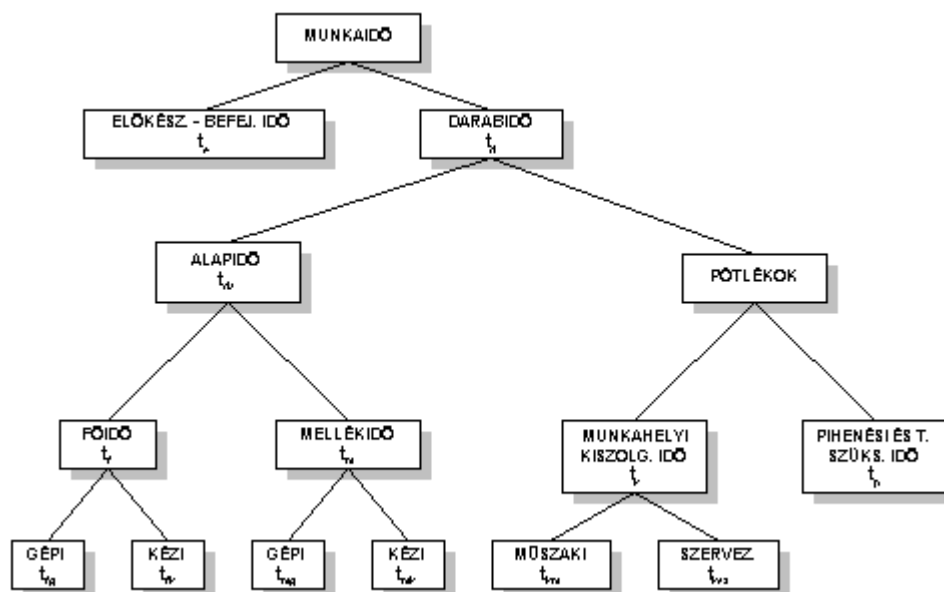
Ezért célszerű a technológiai folyamatok időösszetevőit meghatározni és vizsgálni.

A gyártás során **közvetett költségek** – pl.: a gyártás előkészítésére illetve a befejezésre fordított költségek –, is felmerülnek. Ezek a sorozat gyártásakor csak egyszer fordul elő, a darabköltséget befolyásoló hatásukat könnyű számítani.

A költségek vizsgálata során a bérköltség, a rezszi- vagy általános költség és a gépköltség elsősorban a gyártmányra fordított időtől függ. Ezért lényeges megvizsgálni azt, hogy egy gyártmány előállításához mennyi időt és költséget használunk. Az így meghatározott időigény a termelés programozásához, ütemezéséhez is alapvető információként szolgál. A technológiai folyamatban az egyes műveletek elvégzésének az adott technikai feltételrendszer mellett szükséges időt **normaidőnek** nevezzük.

A termék előállítására fordított időalapot (munkaidőt) elemezve feltérképezhetjük és tervezhetővé tesszük azokat a hatásokat, amelyek a termék-előállítás és ezzel együtt a gyártás költségeit alapvetően befolyásolják. A 3.6. ábra a gyártmány előállítására fordított idő-struktúrát mutatja, figyelembe véve a gyártási sorozat előkészítéséhez szükséges tevékenységeket, valamint a tényleges megmunkálás idő-szerkezetét is.

3.6. ábra - A munkaidő általános struktúrája (Forrás: [1])



Egy n darabból álló gyártási sorozat elkészítéséhez az üzemi szervezetnek (üzemi logisztikai szervezet, raktárosok, anyagmozgatók, karbantartók, gépbeállítók, szerszámosok) elő kell készítenie a gyártóhelyet. A gyártásra dedikált berendezést termelésre alkalmas állapotra felkészítve, a kisegítő gyártóeszközöket felszerelve, beállítva illetve odakészítve, a szükséges alap és segédanyagokat odakészítve kell ezt a feladatot teljesíteni. A gyártásindításnak az a része, amikor az üzemi szervezet megbizonyosodik az elindított gyártási folyamat megfelelőségéről (elsődarab jóváhagyás a minőségügyi szervezet közreműködésével) ugyancsak a gyártás előkészítés szakaszához sorolandó. Természetesen a sorozat lezárása után elvégzendő tevékenységek (mint pl. a késztermék raktárba szállítása, a gép megtisztítása, a kisegítő gyártóeszközök tisztítása, ellenőrzése, eltárolása, a szükséges dokumentáció elvégzése) Az eddigiekben részletezett tevékenységeket **előkészítési-befejezési időszükségletnek** (t_e) nevezzük. Ezt az időalapot a gyártási sorozathoz rendeljük hozzá.

Az egy munkadarabnak a technológia szerinti megmunkálási idejét **darabidőnek** (t_d) nevezzük. A darabidőt két részre bontjuk: **alapidőre** (t_a) és **pótlékokra** bontjuk.

Az alapidő a művelet elvégzéséhez szükséges gépi és kézi tevékenységek időigényét összesíti. **Főidőre** (t_f) és **mellékidőre** (t_m) bontható. A főidő alatt gépi vagy kézi módon közvetlen alakítás történik a darabon. /**gépi főidő** (t_{fg}) és **kézi főidő** (t_{fk}) / A mellékidő a főidőnek olyan szükséges kísérője, mely nélkül a megmunkálás nem volna megvalósítható. A munkadarabot be kell fogni a megmunkáló ülékbe, a szerszámot fogásvételi helyzetbe kell hozni, a technológiának megfelelő rendben a szerszámokat cserélni kell, az elkészült darabot kivenni és minősíteni kell. Ezek a tevékenységek ismét lehetnek gépi vagy kézi úton elvégzett feladatok. A mellékidőt tehát ugyancsak **gépi mellékidőre** (t_{mg}) és **kézi mellékidőre** (t_{mf}) bonthatjuk.

A darabidő másik lényeges részét alkotó **pótlékok** azoknak a tevékenységeknek az időszükségletét adják, amelyek a **munkahely kiszolgálásával** vagy a **dolgozó ember személyes szükségleteivel** kapcsolatosak.

A **munkahely szervezési kiszolgálási ideje** (t_{ks}) főképpen a műszakváltással kapcsolatos időkből áll, mint pl.: a műszakváltáskor a munkahely rendezett állapotban való átadásával kapcsolatos feladatok elvégzése (a gép olajozása és tisztítása, műszak-dokumentáció lezárása, a munka átvétele-átadása a másik dolgozónak stb).

A munkahely **kiszolgálási idő** a gyártás jellegétől és szervezettségétől, a gyártási folyamat jellegéből, a gépi berendezés fajtájától függ. Egy adott termék esetében általában az alapidőre vonatkoztatott értéke jó közelítéssel állandó. Ezért szokásosan az alapidő százalékában fejezik ki, ezzel **az alapidőt növelő pótlékként kezelhető. Ha százalékos értékét k szorzótényezővel értelmezzük**, (k_m – műszaki kiszolgálás, k_{sz} – szervezési kiszolgálási szorzótényező) akkor

$k = k_m + k_{sz}$ és ezzel

$$t_k = k \cdot t_a = (k_m + k_{sz}) \cdot (t_f + t_m)$$

A pihenésre és természetes szükségletekre fordított idő (t_p) az az időpótlék, amellyel a fő- és mellékidőt növeljük azért, hogy a munka elvégzéséből eredő fáradást a dolgozó a műszak alatt időnként kipihenhesse, valamint azért, hogy a műszak alatt természetes szükségleteit is elvégezhesse.

Ha a munka természete olyan, hogy a gépi főidő alatt, vagy más, a normába beszámított rövid megszakítási idők (hézagidők) alatt munkás pihenhet, akkor a pótlék csak a természetes szükségletekre vonatkozik. A darabidő kiszámításába a pihenésre és természetes szükségletekre fordított időt az alapidőre százalékosan, pótlékként számítjuk (p %):

$$t_p = p \cdot t_{da} = p \cdot (t_f + t_m)$$

Az egy sorozatban gyártott munkadarabok összes időnormája a (1.3.) alapján számítható, amelyből az egy munkadarab normaideje az (1.2.) alapján határozható meg.

A **darabidő** tehát a főidő, a mellékidő, a műszaki kiszolgálási idő, a szervezési kiszolgálási idő és a pótlékidők összege:

$$t_d = t_f + t_m + t_{ksz} + t_{km} + t_p$$

Mivel a főidő és a mellékidő összege az alapidő, továbbá a pótlékidő és a kiszolgálási idők is az alapidőre vonatkoztatottak:

$$t_f + t_m = t_{da}; t_p = p \cdot t_{da};$$

$$t_{ksz} = k_{sz} \cdot t_{da}; t_{km} = k_m \cdot t_{da}; k = k_{sz} + k_m$$

a darabidőt így is írhatjuk:

$$t_d = t_{da} \cdot [1 + (p + k)] = t_{da} \cdot (1 + K)$$

A normaidő (egy db termék előállítására vonatkozó kalkulációs időadat) a darabidőn kívül figyelembe veszi még az egy darabra vetített előkészítés/befejezés időtartamát is:

$$t_n = t_d + t_e/n$$

A műszaki szakemberek a gyártási folyamat tervezéskor, vagy a különféle megmunkálási eljárások összehasonlítására, akár **időnormák** belső folyamatszervezési célok érdekében történő összeállításáért a műveltelemek időtartamát **megállapíthatják**:

- **számítással,**
- **műszaki értékítélettel (becsléssel),**
- **időméréssel (stopperórával, videófelvétellel, stb.).**

Az **időértékek megállapítása** akkor lehetséges **számítással**, ha az idő és az azt meghatározó változók közötti összefüggés kezelhető matematikai formában is kifejezhető. Így van ez például a gépi időknél. A szerszám által megtett út és az előrehaladás sebességének ismeretében, vagy az adott fordulatszámából és a fordulatonkénti előtolásból kiszámítható a fogás gépi ideje.

$$t_{fg} = i \cdot \frac{L}{n \cdot f} \text{ vagy } t_{fg} = i \cdot \frac{L}{V_f}$$

ahol:

t_{fg} - a gépi főidő [min],

i - a fogások száma,

L - a megmunkált felület hossza [mm],

n - a gép főorsójának percenkénti fordulatszáma,

f - a szerszám (vagy munkadarab) fordulatonkénti előtolása [mm],

v_t - pedig a percenkénti előtolás [mm/min].

Bár subjektív, de sok esetben az egyedüli rendelkezésre álló módszer a **becsléssel történő időmegállapítás**. Ahhoz, hogy a becslés szubjektivitását csökkentsük, törekszünk tárgyilagos alapokat adni az értékek műszaki megítéléséhez.

A termékelőállítási folyamatot hosszú időtávon keresztül gazdaságossá kell tenni. (profittermelővé) A piaci verseny következtében a gazdaságossági követelmény akkor teljesíthető, ha a gyártási folyamat költségeit időről időre szisztematikusan csökkentjük. A termék költség elemei között természetesen a termelési költségeket is elemezni és csökkenteni lehet és szükséges. A termelési költségek a termelési folyamatra fordított időalap csökkentése útján mérsékelhetők.

A gépgyártástechnológus hatáskörében elsődlegesen a **főidő csökkentési** módszerek érvényesíthetők. Így például lehetséges:

- a fogások számának csökkentése,
- az előtolás, illetve a fordulatszám növelése (persze legfeljebb a gazdaságos szerszáméltartam korlátjáig),
- a műveletelemcsoportok átfedett összevonása (az úgynevezett többszerszamos alkalmazás),

A **mellékidő-elemekcsökkentése** elsősorban az automatizálás növelésével érhető el:

- automatikus munkadarab adagolás (pl.: rúd előgyártmány alkalmazásának megfontolása),
- a szerszám pozicionálási idők csökkentése (pl.: szerszám gyorsbefogók alkalmazása, gyorsjáratú fogásra állás alkalmazása),

Az előkészületi és befejezési idők nagy része az optimális sorozatnagysággal befolyásolható. Meg kell keresni azt a sorozatnagyságot, amely nem olyan nagy, hogy túl magas termék illetve készletkezelési költséget igényelne, és nem olyan kicsi, hogy gyakori sorozatváltás miatti aránytalan költségtöbbletet eredményezne.

A pótlékok idő- és költségcsökkentése általában a munkahely ergonómiai kialakításának javításával, jobb munkaszervezéssel, illetve a szociális- és egészségügyi feltételek jobb szabályozásával lehetséges.

4. fejezet - A FORGÁCSOLÁS ELMÉLETI ALAPJAI

A forgácsolás az anyagok megmunkálásának az a módja, hogy a kívánt alkatrészt az előgyártmányból anyagrészek leválasztásával érjük el. Az anyag leválasztását a munkadarab és szerszám egymáshoz képesti elmozdulásával valósítjuk meg. A szerszám egy ékhez hasonlóan behatol az anyagba és miközben ahhoz képest elmozdul, anyagot (forgácsot) választ le róla (4.1. ábra).

A forgácsolási folyamat illetve a folyamatot megvalósító megmunkáló rendszer legfontosabb elemei a következők:

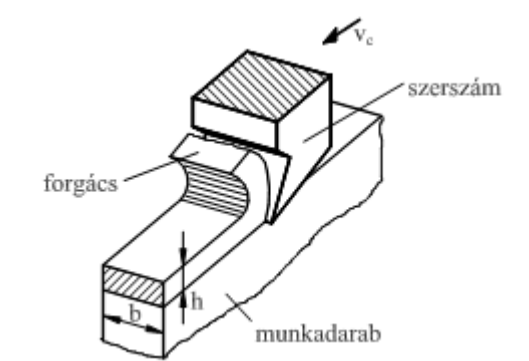
M(W) - a munka tárgya, vagy munkadarab,

E - a közvetlen megmunkáló eszközök: az S forgácsolószerszám illetve a munkadarab rögzítésére, tájolására szolgáló készülékek (K),

F (C) - a tárgyról leválasztott anyagrészek, a forgács,

G - a munkagép, amely a munkadarab és a szerszám relatív mozgásához, a forgácsoló erő kifejtéséhez szükséges energiát és erőt biztosítja.

4.1. ábra - A szerszám ékszerűen behatol a munkadarabba és forgácsot választ le (Forrás: [1])



A forgácsolási megmunkálási folyamatban az a célunk, hogy anyagleválasztás segítségével gazdaságosan valósítsuk meg az előírt alakú, méretű és felületminőségű munkadarabot.

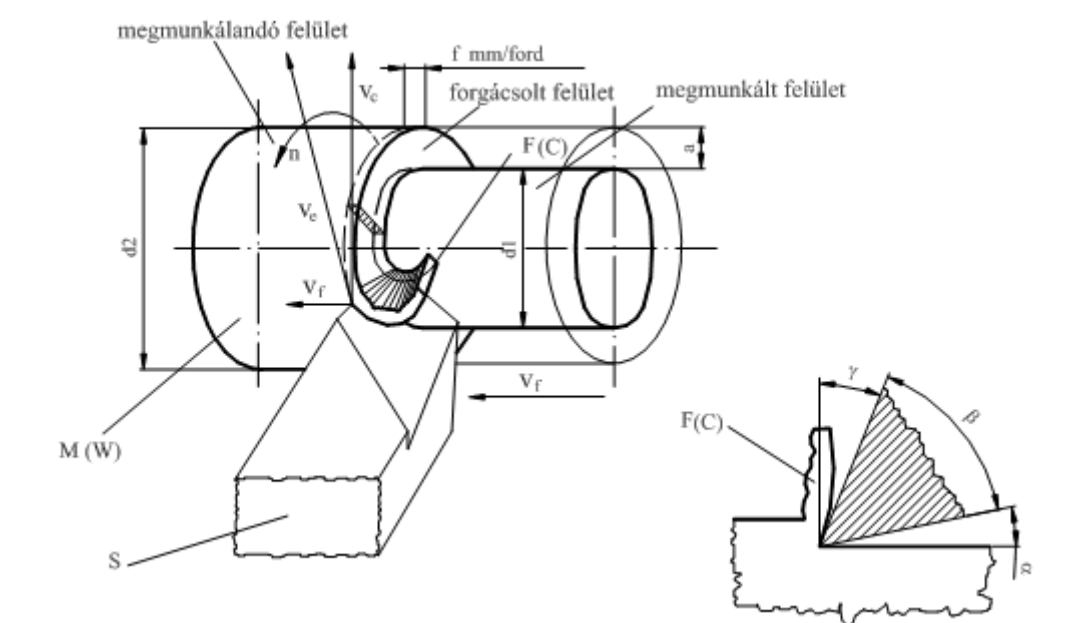
A **forgácsolási folyamat** a munkadarab (M), a készülék (K), a szerszámgép (G) és a szerszám (S), valamint irányítás (I) **alkotta mechanikai rendszerben (MKGSI) valósul meg**. A forgácsolás elmaradhatatlan következménye a forgács (**F**) is, amelynek mérete és alakja befolyásolja a forgácsolás folyamatát.

A forgácsolási folyamatot leíró alapvető mennyiségek a következők (4.2. ábra):

- v_c - forgácsolósebesség – a forgácsolóél alkalmasan kiválasztott pontjának a munka-darabhoz viszonyított sebessége;
- f - előtolás - a forgácsleválasztás folyamatossá tétele érdekében alkalmazott mozgásjellemző, elmozdulás. A szerszámnak az előtoló irányban értelmezett mozgásának időegység alatti elmozdulása;
- v_f - előtolási sebesség (az előtoló mozgás sebessége), $v_f = n_c \cdot f$;
- a - fogásméret, - szélesség vagy – mélység; az egy fogásban a munkadarabról leválasztott anyagvastagság;
- n_c, ω_c - forgácsolási fordulatszám, illetve szögsebesség; a fő forgácsoló mozgás jellemzője;
- $h; b$ - forgácsvastagság és metszészélesség, vagy elméleti forgácsolóméretek;

- **A** - elméleti forgácskeresztmetszet, a forgács keresztmetszetének területe $A = hb$;
- **q_c** - anyagleválasztási sebesség, az időegység alatt leválasztott forgács térfogat $q_c = a \cdot f \cdot v_c$;
- **G** - anizometrikus forgácsalakító tényező, az ideális forgács alaknak tekintett négyzet keresztmetszettől való eltérés mértéke $G = \frac{b}{h}$;

4.2. ábra - Esztergálás MKGSI rendszerének részlete és a főbb leíró mennyiségek (Forrás [1])



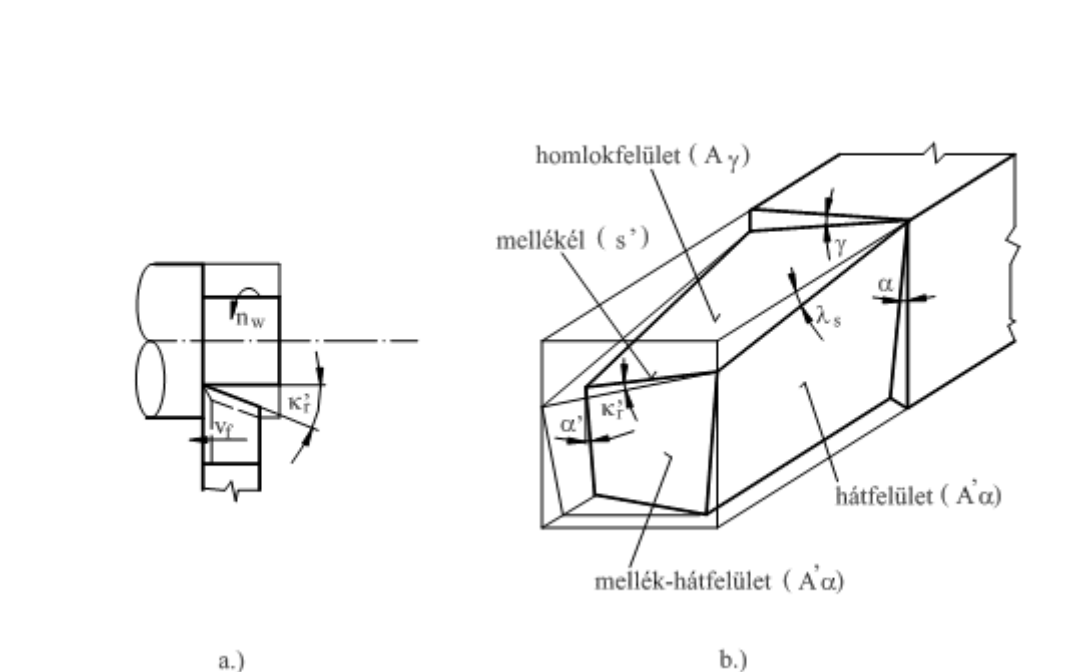
A fő forgácsoló sebesség irányára alkalmasan felépített koordináta rendszerben értelmezhető γ **homlokszög** és α **hátszög** megfelelő kiválasztása jelentősen befolyásolja a forgácsolási folyamat energetikáját és a munkadarab felületminőségét is. A β szöget az ék alakú szerszám **ékszögének** nevezzük.

1. A SZERSZÁMOK ÉLGEOMETRIÁJA, KOORDINÁTARENDSZEREK

Ahhoz, hogy a forgácsoló ék a munkadarabról anyagot legyen képes leválasztani, célszerűen kell a munkadarabhoz képest elhelyezni. Ugyanakkor arra is figyelni kell, hogy az ékszög a forgácsolás során fellépő mechanikai terhelést torzulás nélkül elviselje. Ezt a követelményt a forgácsoló ék ékszögének (β) növelésével lehet elérni. A homlokszög (γ) növelésével viszont csökkenteni lehet a forgácsoló erőt, a hátszög (α) növelésével a forgácsolással elkészülő felület minőségét javíthatjuk. Megfelelő kompromisszumot (optimumot) kell tehát találni a homlokszög, az ékszög és a hátszög értékének megválasztásánál.

Tömör négyzetes hasázból kialakított forgácsolószerszám felületeit, éleit és szögeit szemlélteti a 4.3. ábra.

4.3. ábra - Forgácsoló szerszám dolgozó felületei, élei felülnézetben (a) és térbeli ábrán (b) (Forrás: [1])



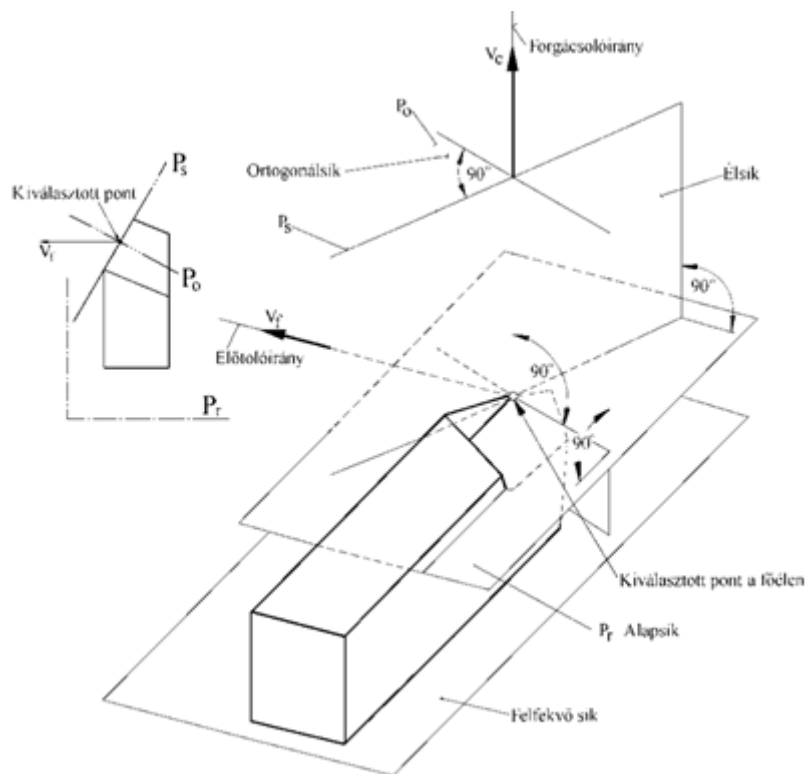
A forgácsoló szerszámok dolgozó részén lévő élszögek értelmezéséhez olyan **három egymásra merőleges síkból álló koordinátarendszer szükséges**, amely tartalmazza a fő forgácsoló élen kiválasztott pontot és az alapsíkja (P_r) merőleges a forgácsoló irányra, azaz a forgácsolósebesség (v_c) irányára.

A szakirodalomban három ilyen koordinátarendszer használatos, ezeknek közös koordinátasíkja a P_r alapsík. Az élszögek rendszerét az MSZ 19600 illetve az ISO 3002/1 illetve 3002/2 szabvány tartalmazza.

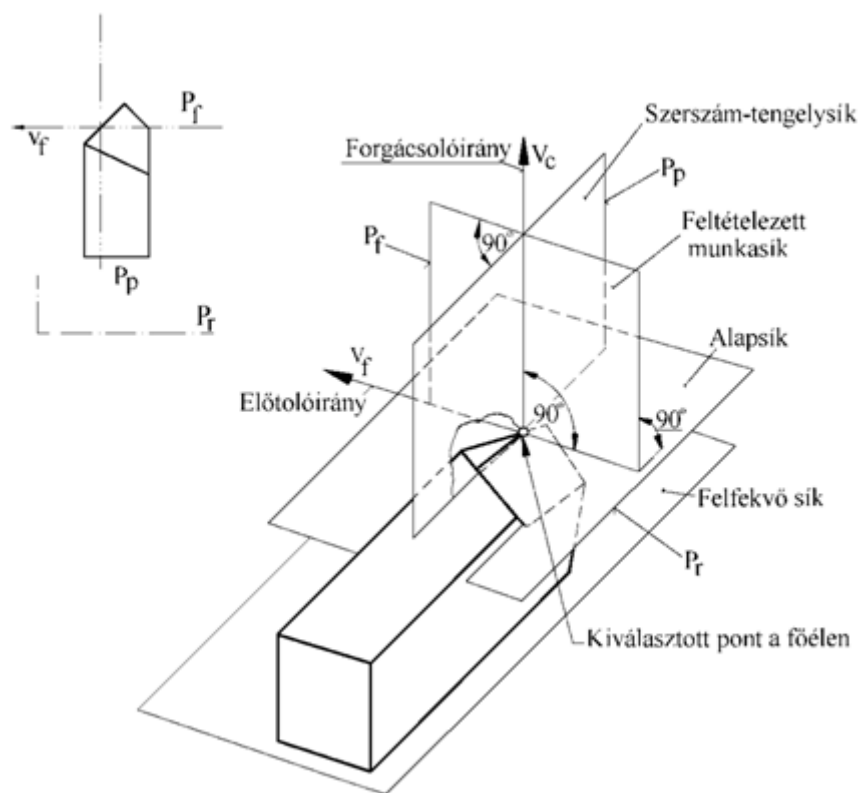
Az egyik az ún. **ortogonál meghatározó élszögrendszer** (4.4. ábra), a másik a munkadarab és szerszám viszonylagos elmozdulásai által meghatározott ún. munkasíkot és szerszám tengelysíkot használó **szerszám koordináta élszögrendszer** (4.5. ábra).

A harmadik a **normál élszögrendszer**. Ennél a P_r és a P_s mellett a harmadik sík az élnormálsík (P_n) nem az alapsíkra (P_r) és a P_s élsíkra, hanem az s élre merőleges. (A fő forgácsoló él a vizsgált pontban normálisa ennek a P_s síknak).

4.4. ábra - Ortogonál élszög rendszer koordináta síkjai (Forrás: [1])



4.5. ábra - Szerszám koordináta élszög rendszer koordináta síkjai (Forrás: [1])

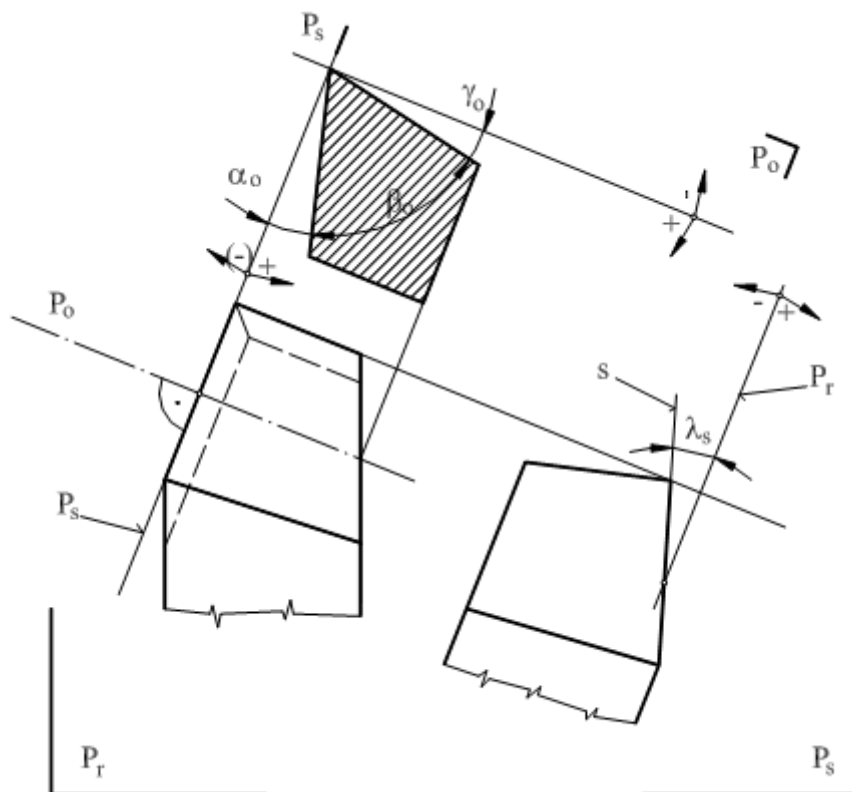


Az élegeometriát meghatározó élszögeket a P_r alapsíkon, a P_o ortogonál síkon, a P_s élnormálsíkon, vagy a P_s élsíkon értelmezzük.

Az ortogonál síkban (P_o) értelmezett szögek (4.6. ábra):

- a γ_o ortogonál homlokszög: az A_r homlokfelület és a P_r alapsík közötti szög az ortogonál síkban,
- az α_o ortogonál hátszög: az A_a hátfelület és a P_s élsík által bezárt szög az ortogonál síkban, valamint
- a β_o ortogonál ékszög, amely a $(\gamma_o + \alpha_o + \beta_o) = 90^\circ$ feltételből adódik.

4.6. ábra - Az ortogonálsíkban és az élsíkban értelmezett szögek (Forrás [1])



A P_n élnormálsíkban értelmezett szögek az előzőek analógiájára: normál homlokszög γ_n , normál hátszög α_n és normál ékszög β_n .

A P_r alapsíkban található szögek:

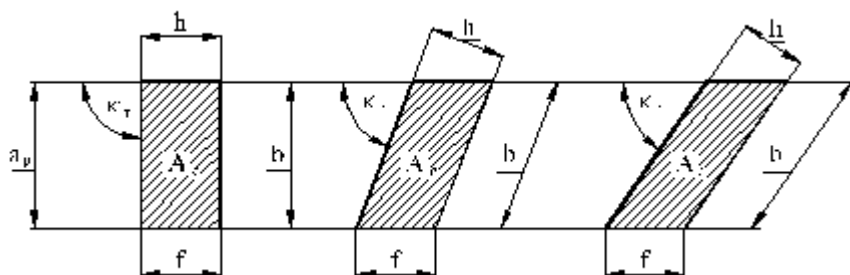
- a κ_r szerszámelhelyezési szög: az előtolás iránya és a P_s élsík által bezárt szög,
- ϵ_r szerszám csúcsszög: a P_s élsík és a P'_s mellékélsík által bezárt szög),
- ϵ'_r a szerszám-mellékél elhelyezési szög: az előtolás irányával ellentétes irány és a P'_s mellékélsík által bezárt szög,

A P_s szerszám élsíkban értelmezett szög:

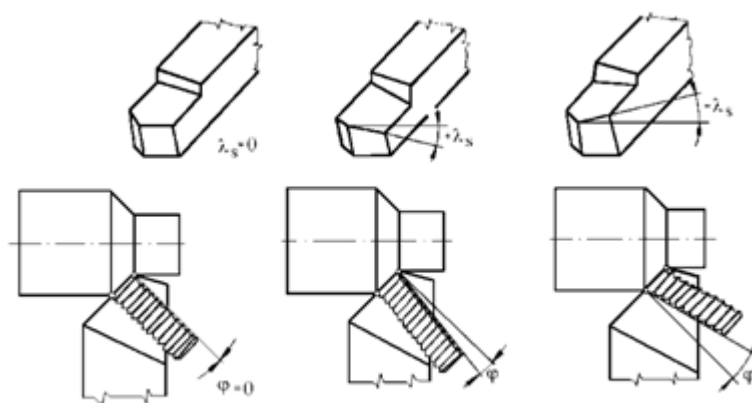
- λ_s szerszám terelőszög: a szerszám él és a P_r alapsík által bezárt szög.

A szerszámél térbeli helyzetét a κ_r szerszámelhelyezési és λ_s terelőszög határozza meg. A κ_r szerszám elhelyezési szög a forgács keresztmetszet alakját befolyásolja (4.7. ábra), a λ_s terelő szög a forgácslefutás irányára van hatással (4.8. ábra).

4.7. ábra - A κ_r szerszámelhelyezési szög és a forgács keresztmetszet összefüggése (Forrás [1])



4.8. ábra - A λ_s terelőszög hatása a forgács lefutására (Forrás [1])



A technológiai tervezés során a forgácsolószerszám élgeometriáját a szerszám és a munkadarab anyaga alapján szokás előírni.

2. A FORGÁCSOLÓ SZERSZÁMOK ANYAGAI

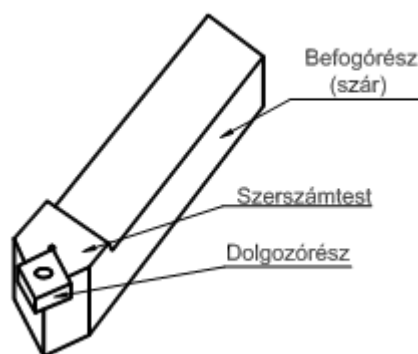
Határozott vagy határozatlan élű forgácsolószerszámokat különböztethetünk meg. E két csoporthoz tartozó szerszámok konstrukciójuk és anyaguk tekintetében is eltérőek. A továbbiakban a határozott élű szerszámokkal foglalkozunk úgy, hogy az egyélű szerszámokra definiált fogalmak érvényesek legyenek a többélű szerszámokra is.

A határozott élű forgácsoló szerszámon az alábbi három fő szerkezeti részt különböztethetjük meg (4.9. ábra):

- a dolgozó rész,
- a szerszámtest és a befogó rész,

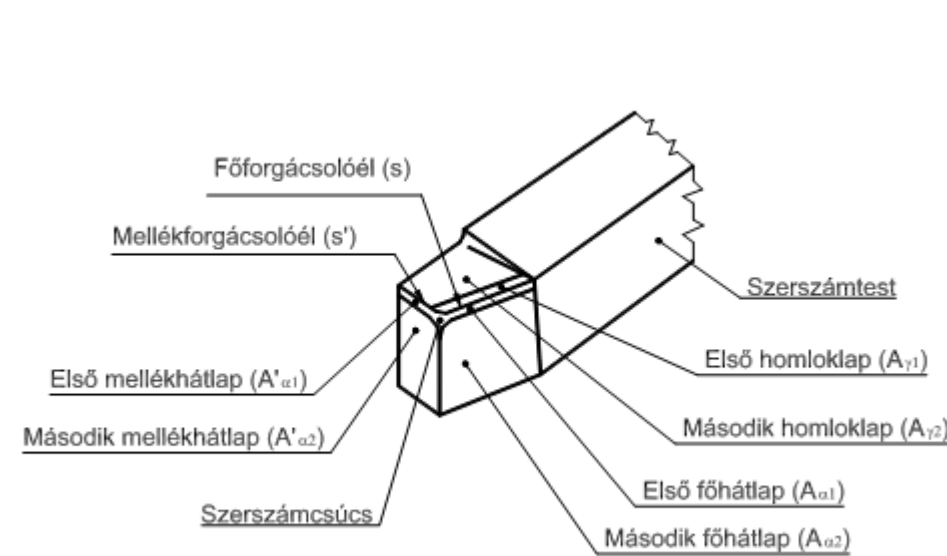
Ezek a szerkezeti elemek egyetlen anyagból is kialakíthatók, de eltérő anyagúak lehetnek, és oldható vagy oldhatatlan kötéssel is egyesítjük azokat. A 4.9. ábrán látható szerszám **dolgozórésze** külön darabból áll, a szerszámtestre szerelhető. A dolgozó rész (elsősorban egyszerűbb és olcsóbb szerszámanyagok esetében) a szerszámtest anyagából is kialakítható.

4.9. ábra - Forgácsoló szerszámok három fő szerkezeti eleme esztergakés esetében (Forrás: [1])



A szerszám dolgozó részének felületei, élei vesznek részt az anyagleválasztás folyamatban. A homloklap és a hátlap között helyezkedik el a **forgácsolóék**. Anyaga kemény szerszámanyag, amely ellenáll a forgácsolás közben fellépő erőnek, a súrlódási- és a termikus igénybevételeknek. A dolgozó rész élének és felületeinek elhelyezkedését, megnevezését és jelölését egyélű szerszám esetében a 4.10. ábra mutatja.

4.10. ábra - Egyélű forgácsoló szerszám élei és lapjai (Forrás [1])



A forgácsoló szakmában általánosan használt irányelv szerint a forgácsoló rész anyagának keménysége megközelítően háromszorosa legyen a megmunkált anyag keménységének. Ezt a követelményt a következő tulajdonság-igényekkel kell még kiegészíteni:

- szívósság,
- hőállóság (hőszokkállóság),
- kopásállóság.

Ezeket az igényeket kielégítő – elterjedten alkalmazott – anyagok a következők:

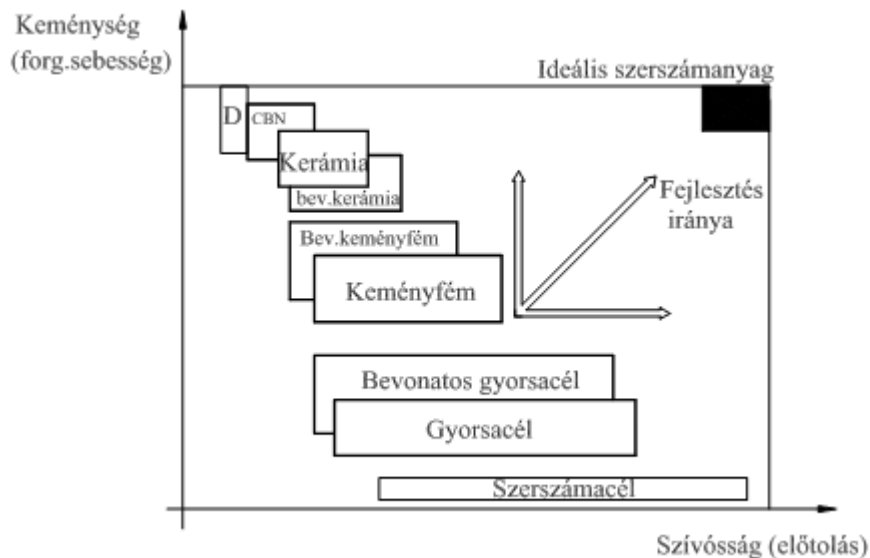
- szerszámacélok (W, Cr, Co és V főötvtözőkkel, legfeljebb 300 oC hőállóságig),
- gyorsacélok (pl.: 10...20 %-ban W – bázisúak, mintegy 600 oC hőállóságig),
- keményfémek (porkohászati úton gyártott fémkarbid alapú szerszám anyagok, mintegy 900 oC hőállóságig).

Újabban egyre nagyobb teljesítményű szerszám anyagok nyújtanak lehetőséget a forgácsoló technológia fajlagos paramétereinek javítására:

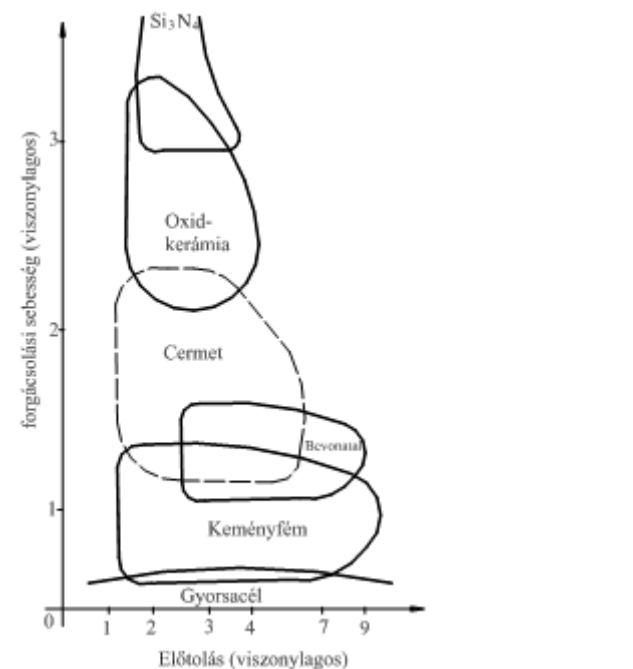
- bevonatolt szerszámanyagok (elsősorban keményfémek, de gyorsacélok is lehetnek),
- wolfrankarbidmentes keményfém (CERMET),
- forgácsoló kerámiák (oxidok, nitridek),
- kőbős bórnitridek (CBN),
- gyémántok (D, PKD).

A dolgozórész-anyagok fontosabb jellemzők szerinti rendezettségét mutatják a következő (4.11-4.12) ábrák.

4.11. ábra - Szerszám anyagok szívósságának és keménységének összefüggése (Forrás: [1])



4.12. ábra - Szerszám anyagok forgácsoló sebesség tartománya az előtolás függvényében (Forrás: [1])

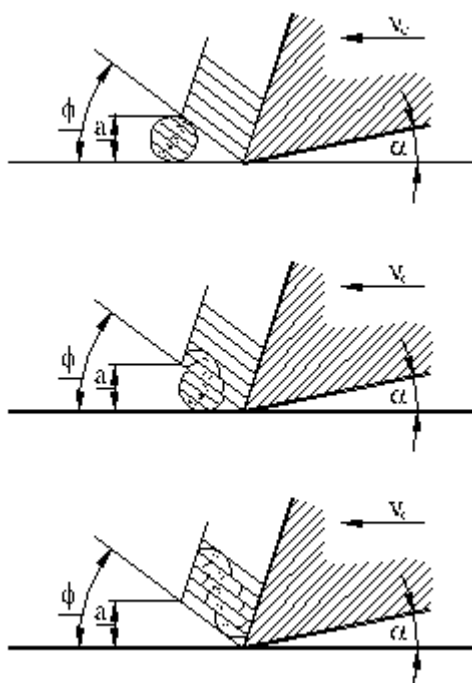


3. A FORGÁCSKÉPZŐDÉS MECHANIZMUSA

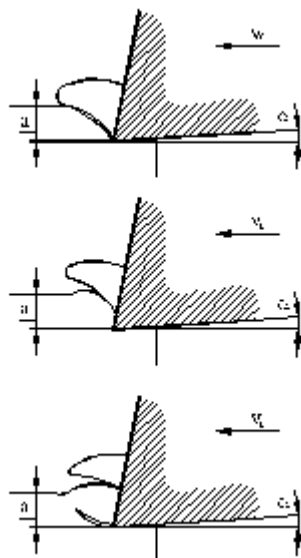
A forgácsolás, a forgácsképződés jelenségeit főleg kísérleti úton lehet vizsgálni. A kísérleteket a „szabad forgácsolás” technikájával végzik, amikor csak a főél forgácsol, tehát sem a szerszám csúcsa, sem a mellékél nem vesz részt az anyag leválasztásában (pl.: tárcsaszzerű alkatrész palástjának esztergálása). A megfigyeléseknek arra kell irányulniuk, hogy az anyag leválása, a **forgácsképződés** vizsgálható legyen a forgácsolóék anyagba való behatolásakor. Általában megállapítható, hogy szívós anyagoknál a forgácsképződés a képlékeny alakváltozási mechanizmus segítségével valósul meg. Ilyenkor az anyag egy megközelítőleg állandó helyzetű sík, (a nyírási sík) mentén, egymással továbbra is összefüggő lemezkék formájában leválik és elmozdul a munkadarabról (4.13. ábra). A forgács tehát olyan képződmény, amely nem homogén fémszalag, hanem vékony lemezekből álló szalagszerű alakzat.

Rideg anyagok forgácsolásakor nincsenek forgácslemezkék, a nyírási felület messzemenően nem sík, az anyag darabokban válik le, és a nyírási szög helyzete is csak feltételezhető (4.14. ábra).

4.13. ábra - A forgácsképződés mechanizmusának modellje szívós anyagnál (Forrás: [1])



4.14. ábra - A forgácsképződés mechanizmusa rideg anyagnál (Forrás: [1])



A forgácsoló szerszám által leválasztott forgács képződésének módja alapján háromféle forgács fajtát tudunk megkülönböztetni:

- folyó forgács-,
- a nyírt forgács- és
- a töredezett forgács.

A **folyóforgács** képződése folytonos, összefüggő, szalagszerű forgács keletkezését jelenti. A képlékenyen elcsúszott forgácslemezkek szabad szemmel nem láthatók. A forgács folytonos szalagszerűen fut le a szerszám homlokfelületén és a forgácslemezkek a nyírási csak kismértékben mozognak el. A nagy forgácsolósebesség mellett a jelentős képlékeny alakváltozás és a súrlódások miatt kialakuló magas hőmérsékleten a forgács vörösen izzik.

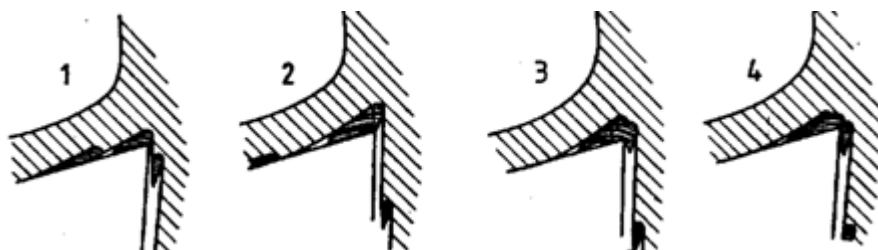
A folyóforgács keletkezésének kedvez a **nagy forgácsolósebesség**, a **pozitív homlokszög**, a **kicsi forgácsvastagság**, az anyagok homogén **finomszemcsés szövetszerkezete**.

Szívós anyag forgácsolásakor **nyírt forgács** is keletkezhet. A nyírási síkban egymáshoz képest jelentősen elmozduló forgácslemezkek szabad szemmel is láthatók. A forgács továbbra is szalagszerű, mert a forgácslemezkek nem esnek szét, mert hideghegedéssel összekapcsolódnak. A csökkenő (főként a negatív) homlokszög, a nagyobb forgácsvastagság és a közepes forgácsolósebesség elősegíti a nyírt forgács keletkezését.

Tört forgács keletkezik rideg (képlékenyen kevésbé alakítható), vagy jelentősen inhomogén anyagok (pl. lemezgrafitos öntöttvas) forgácsolásakor. Ilyenkor nem a képlékeny alakváltozási mechanizmus, hanem az anyagrészecskének a kiszakadása, kitöredezése miatt jön létre a forgács. Ebben az esetben a forgácsolási erő jelentősen ingadozik.

Szívós anyagok közepes sebességtartományban végzett forgácsolásakor az **élrátét** kialakulása várható (4.15. ábra).

4.15. ábra - Az élrátét kialakulása (Forrás: [1])



Az élrátét kialakulásának az az oka, hogy a homlokl felületen és a lekerekedett él előtt az anyagrészecskék jelentősen deformálódnak, felkeményednek és a szerszámmra tapadhatnak és a feltapadt rész a továbbiakban a szerszám részeként funkcionál. Ezzel megváltozik a szerszám geometriája, jelentősen módosulnak a forgácsolás technológiai paraméterei (forgácsoló erő), a termék minőségjellemzői (érdesség). A szerszámmra feltapadt, felkeményedett alapanyag deponia kritikus méretűvé növekedve egy idő után letöredezik a szerszámról, a szerszám anyagának egy részét is magával ragadva. A szerszám felületén így hiány (kráter) alakul ki, ami ismét káros befolyással van a forgácsolási folyamat technológiai és minőségi jellemzőire.

4. A FORGÁCS ALAKJA

A forgács alakja igen fontos forgácsolhatósági kritérium. A forgácsolási folyamatban ugyanis a forgács elvezetése a keletkezési helyéről általában a gépkezelő feladata. Az egyre inkább elterjedő automatizált gyártásnál azonban nincs lehetőség arra, hogy a gyártási (forgácsolási) folyamat közben hozzáférjünk a megmunkálási tartományhoz, a forgácselvezetésnek ugyanúgy automatikus folyamatnak kell lennie. A forgácsalak a megszakítás nélküli forgácsolás (pl.: esztergálás, fűrés) esetében jelent problémát, a folyamatos forgács a folyamat biztonságát is befolyásolhatja. A forgácsolási technológiában figyelemmel kell lennünk a forgács alakjellemzőire. A forgácsot lehetőleg automatikusan el kell távolítani a megmunkálási térből és a továbbiakban lehetőleg kis problémát okozva kell megoldani a kezelését. (kis térfogatú hulladék keletkezzen)

Ezért a **forgácsalak** jellemzésére **két mérőszámot, a forgácsstérfogati tényezőt és a forgácsalak osztály számát** alkalmazzák. (4.16. ábra)

A **forgácsstérfogati tényező** a forgácsoló halmaz térfogat és a neki megfelelő, forgácsolás előtti tömör térfogat aránya. Ez fogja meghatározni a szerszámgép-, a forgácskihordó munkaterének és a szerszám forgácssterének szükséges méretét. (pl. a maró vagy a fűrő forgácselvezető hornyát.) A forgács alakja szerint a forgácsstérfogati tényezőt jellemző szám jelentősen változhat.

A forgács kezelése szempontjából mind a hosszú, mind a nagyon apró forgács kedvezőtlen. Legjobban a 10-20 mm hosszúságú, ún. törtforgács kezelhető. A célszerűen kialakított szerszám geometriával (forgácsstörő felületek alkalmazása) a forgács törése, a megfelelő méretű forgács elérhető.

A nagy teljesítményű szerszám anyagok alkalmazásával jelentősen növekedik az alkalmazható és egyben gazdaságos forgácsoló sebesség. Ezzel megnő az egységnyi idő alatt leválasztott anyag térfogata is. Nagy fajlagos térfogatú forgács fajták esetében gondot okozhat a rövid idő alatt keletkező nagy térfogatú forgács.

A **forgácsosztály** fogalmát úgyszintén a forgácsalak jellemzésére vezették be és a forgácsstérfogati tényezővel kapcsolatos. Az alacsonyabb osztályba sorolt forgácsfajták általában kedvezőtlenek, veszélyes a dolgozóra is ezért kialakulásukat lehetőleg kerülni célszerű. A magasabb, a 7. és 8. osztályba tartozó rövid, nagyobb mértékben repülőképes forgács a dolgozó szemének sérülését, a berendezés elmozduló elemei közé ékelődését okozhatja, ezért e veszélyeket kiküszöbölő biztonsági intézkedést igényel.

Ahhoz, hogy hosszú forgács esetén a személy, a berendezés, a folyamat biztonságát is megteremtsük, a forgácsot a folyamat alatt törni kell.

Ez megoldható:

- elsődleges-, vagy
- másodlagos (alakadással) alakváltozással.

Az elsődleges alakváltozás a forgács leválása során valósul meg. Ezt a szerszám kialakításával lehet befolyásolni, aminek eredményeként kialakuló törtforgács a 8. osztályhoz tartozik.

Folyó- és nyírt forgács kialakulásakor másodlagos alakváltozást kell pótlólagosan létrehozni a szerszám célszerű kialakításával.

4.16. ábra - Forgácsalakok osztályozása (Forrás: [1])

<i>Forgácsalak</i>	<i>Forgács-térfogati tényező</i>	<i>Forgácsalak osztálya</i>	<i>Minősítés</i>
Szalag alakú 	≥ 90	1	Kedvezőtlen
Kusza, összefonódott 	≥ 90	2	
Cső alakú hosszú 	≥ 50	3	
Csavarvonal alakú lapos 	≥ 50	4	
Csavar alakú darabok 	≥ 25	5	Jó
Spirál forgács 	≥ 8	6	
Spirál forgács darabok	≥ 8	7	Használható
Töredezett	≥ 3	8	

5. FORGÁCSOLÓ ERŐ ÉS TELJESÍTMÉNY

A forgács leválasztása közben a megmunkáló szerszám élén fellépő erőt forgácsolóerőnek nevezzük. A forgácsolóerőt azért szükséges ismernünk, mert ennek segítségével lehet meghatározni a megmunkáló gépek működtetéséhez szükséges teljesítmény nagyságát, és ezen alapul a megmunkáló rendszer szilárdsági, vagy merevségi méretezése is.

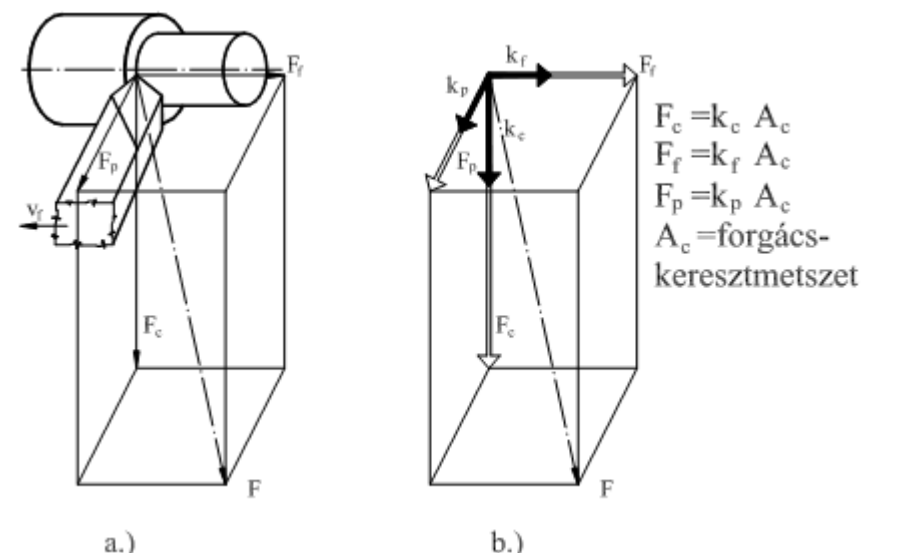
A forgácsolóerő olyan - a szerszámmra ható - erő, amelyet általában három összetevőre bontható (4.17. ábra):

F_c - főforgácsolóerő,

F_t - előtolásirányú erő (előtolóerő);

F_p - fogásvételirányú erő (mélyítőirányú erő, szárirányú erő, passzív erő).

4.17. ábra - A forgácsoló erő összetevői, illetve a fajlagos forgácsoló erők (Forrás: [1])



A forgácsolóirányba eső erő összetevőt **fő forgácsolóerőnek** nevezzük. Ez a komponens a legjelentősebb. Az előtolás irányába eső erő összetevőt azért fontos ismerni, mert ez alapján lehet meghatározni az előtoló rendszer teljesítmény igényét. A harmadik erő összetevő (a fogásvétel irányába eső komponens) nem növeli a teljesítmény szükségletet, mert s fogásvétel irányú relatív sebesség nulla. A szerszám igénybevétele szempontjából azonban nem elhanyagolható. A forgácsolóerő összetevőit erőméréssel határozzák meg

Az egyszerűség kedvéért a forgácsoló erőt a forgácsoló él valamely kiszemelt pontjában fellépő koncentrált erőnek tekintjük.

A gyakorlati számításokhoz a forgácskeresztmetszetre vonatkoztatott fajlagos forgácsolóerőt alkalmazunk. A fajlagos forgácsolóerő értelmezés szerint egységnyi (1 mm², 1x1 mm) forgácskereszt-metszet leválasztásához szükséges forgácsoló erő. Mindhárom erő összetevő irányába értelmezhető a fajlagos forgácsolóerő:

k_c - fajlagos főforgácsolóerő N/mm²;

k_f - fajlagos előtolóirányú erő N/mm²;

k_p - fajlagos mélyítőirányú erő N/mm²;

A fajlagos forgácsolóerő azonban egyáltalán nem tekinthető anyagi állandónak, számtalan forgácsolási paramétertől függ, mint például a forgácsvastagság, a forgácsolósebesség, a szerszám homlokszöge stb. Ezen tényezők hatását a forgácsoló erő számítására szolgáló formulákban figyelembe szokás venni.

A forgácsolóerőt jelentősebben befolyásoló tényezők:

1. A munkadarab anyaga (magasabb szakítószilárdságú és keménységű anyagokat általában nagyobb fajlagos erővel lehet forgácsolni)
2. Forgácsvastagság vagy előtolás (a forgácsvastagság növelésével a fajlagos forgácsoló erő is nőni fog)
3. Forgács szélesség vagy fogásmélység (a forgács szélesség növelésével a fajlagos forgácsoló erő is nőni fog)
4. Forgácsarány (A forgácsarány lineárisan növeli a forgácsolóerőt)
5. Homlokszög (a homlokszög növelésével a fajlagos forgácsoló erő csökken)
6. Szerszám elhelyezési szög (a szerszám elhelyezési szög nem befolyásolja jelentősen a forgácsoló erőt, szélső értéke kb 60°-nál van)
7. Forgácsoló sebesség (magasabb forgácsoló sebesség tartományban a forgácsoló erő csökkenését lehet megfigyelni.)

8. A szerszám anyaga (a keményfém és a kerámia szerszámanyagok kisebb forgácsoló erőt eredményeznek a gyorsacélokhöz képest)
9. Hűtés-kenés (gyorsacéloknál a hűtés és a kenés csökkenti a forgácsoló erőt, a keményfémek és kerámia szerszámanyagok esetében alkalmasabb a száraz megmunkálás)
10. Szerszámkopás (a kopott szerszámok használata esetében jelentősen nő a forgácsoló erő)

Az Európában elterjedt számítási módszer alapján a Kienzle és Viktor-féle forgácsolóerő számítási eljárást mutatjuk be.

Az eljárás a fajlagos (forgácskeresztmetszetre alapozott) forgácsolóerőre alapított számítási módszer. Az F_c főforgácsolóerő számításának menetét vázoljuk. A számítási eljárás nemcsak az esztergálási technológiára, hanem az összes forgácsleválasztással dolgozó megmunkálási technológiára alkalmazható.

A főforgácsolóerő erőt tehát az:

$$F_c = k_c \cdot A_c \text{ (N)}$$

alakban keressük, a forgácskeresztmetszetet pedig a forgács keresztmetszet adataival írhatjuk

$$F_c = k_c \cdot a \cdot f \text{ (N)}$$

vagy az

$$F_c = k_c \cdot b \cdot h \text{ (N)}$$

alakban is. A k_c fajlagos főforgácsolóerő erőteljesen függ a h forgácsvastagságtól. A reláció a 4.18. ábrán látható.

4.18. ábra - A fajlagos főforgácsoló erő a forgácsvastagság függvényében (Forrás: [1])



Az összefüggés hatványfüggvény alakban közelíthető.

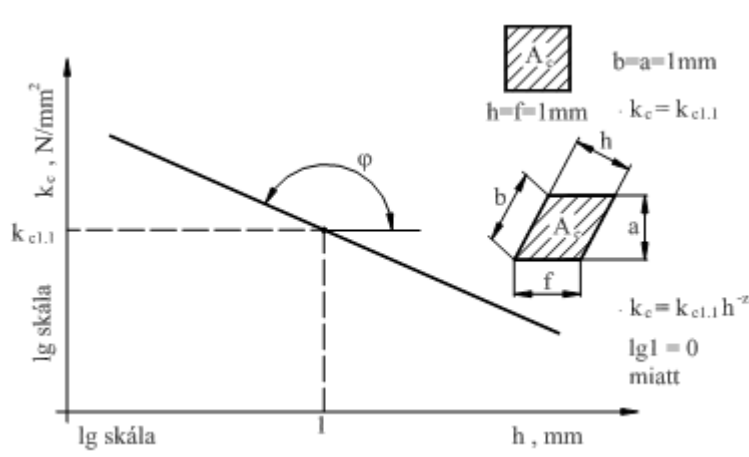
$$k_c = C \cdot \frac{1}{h^x} = C \cdot h^{-x}.$$

A $k_{c1.1}$ tényezőt a **fajlagos főforgácsolóerő alapértékének** nevezzük, definíció szerint az $1 \times 1 = 1 \text{ mm}^2$ (négyzet) keresztmetszetű forgács leválasztásakor mérhető fajlagos forgácsoló erőt értjük rajta. Logaritmus beosztású koordináta-rendszerben ábrázolva a $k_c - h$ összefüggés egyenes! (4.19. ábra). Az

$\lg k_c - \lg h$ rendszerben az egyenes egyenlete:

$$\lg k_c = \lg k_{c1.1}^{-x \cdot \lg h}.$$

4.19. ábra - A (k_c) és a (h) kapcsolata (Forrás: [1])



Az egyenes irányyszöge:

$$\varphi = \arctg(-z)$$

A „z” kitevő bizonyos forgácsolási körülmények között anyagjellemzőnek tekinthető, táblázatba foglalt értékei a 26. ábrán láthatók.

Munkadarab		$k_{c1.1}$ N/mm ²	z	k_c , N/mm ² a h, mm függvényében				
anyaga	R_m ; HB							
	N/mm ²			0,10	0,16	0,25	0,40	0,63
A50	560	1500	0,29	2940	3560	2250	1960	1720
A70	820	1600	0,32	3350	2880	2490	2140	1850
C15 lágyított	370	1480	0,28	2830	2480	2190	1920	1690
C35 lágyított	490	1440	0,32	3010	2590	2240	1930	1670
C35 normalizált	550	1520	0,27	2790	2460	2190	1930	1710
C45 lágyított	C520	1420	0,25	2570	2280	2040	2820	1620
C45 normalizált	620	1570	0,24	2850	2520	2250	1990	1770
C45 nemesített	760	1580	0,25	2850	2520	2250	2000	1780
C60 lágyított	610	1610	0,24	2800	2500	2250	2010	1800
C60 normalizált	770	1690	0,22	2770	2500	2270	2060	1860
BNC5 lágyított	580	1446	0,27	2676	2360	2090	1580	1640
CMO3 lágyított	630	1550	0,28	2960	2600	2290	2010	1770
CMOV1 nemesített	1030	1500	0,26	2760	2440	2170	1920	1700
GO3 lágyított	620	1730	0,28	3320	2900	2560	2240	1970

A FORGÁCSOLÁS ELMÉLETI
ALAPJAI

SZ1 lágyított	680	1580	0,25	2790	2490	2230	1980	1770
SZ2 lágyított	670	1850	0,27	2940	2590	2300	2030	1790
NK lágyított	940	1740	0,24	3070	2720	2390	2170	1930
NK nemesített	B=3450	1920	0,24	3310	2950	2660	2380	2100
KO11	HB=2480	2500	0,25	4430	3950	3540	3140	2810
KO32	HB=1570	1600	0,32	3480	2880	2500	2140	1850
Öv32	HB=1960	1160	0,25	2110	1870	1660	1740	1300
Öv30	HB=2250	1200	0,26	2180	1930	1720	1520	1350
A táblázat értékei éles ($V_B=0$ mm) keményfém szerszámmal (szívós anyaghoz $\gamma_n=6^\circ$, rideg anyaghoz $\gamma_n=2^\circ$); $v_c=100$ m/min forgácsolósebességgel történő megmunkálásra érvényesek. Ettől eltérő esetben a $k_{cl,1}$ és k_c értékeit módosítani kell.								

26. ábra A $k_{cl,1}$ és k_c közelítő értékei esztergálás, gyalulás, fűrés és homlokmarás esetén (Forrás: [2])

A főforgácsolóerőt a forgácsvastagságon kívül több más tényező is befolyásolja. Ezeket korrekciós tényezők segítségével tudjuk figyelembe venni. Határozott élgeometriájú szerszámoknál a következő négy korrekcióval számolunk:

- homlokszög korrekció K_γ ;
- forgácsolósebesség korrekció K_v ;
- szerszámkopás korrekció K_k ;
- szerszámanyag korrekció K_s ;

Esztergálásnál ezeken kívül még egy korrekciós tényezőt, az ún.

- alak korrekciót K_a

is szokták alkalmazni.

Ezen korrekciós tényezők használatával a fajlagos forgácsoló erő (k_c) számítására alkalmas képlet a következő alakú:

$$k_c = k_{cl,1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_a \text{ N/mm}^2$$

a módosító tényezők számítására szolgáló képletek pedig:

$$K_\gamma = 1 - \frac{1,5 \cdot \gamma - 9}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot \gamma}{100}, \text{ ac}\check{\text{Z}}\text{lokhoz}, (\gamma = -5^\circ \dots +20^\circ)$$

$$K_\gamma = 1 - \frac{1,5 \cdot \gamma - 3}{100} = \frac{103 - 1,5 \cdot \gamma}{100}, \text{ \check{s}nt\check{s}ttvashoz}, (\gamma = -10^\circ \dots +15^\circ)$$

$$K_v \cong \left(\frac{100}{v_c}\right)^{0,1}$$

$K_s = 1,2$ gyorsacéloknál, $k_s = 0,9$ kerámiáknál,

$K_k = 1 + VB$ (éltartamvégi állapot)

alakúak.

A K_a alakkorrekció sík- és belső esztergáláskor kell használni.

Külső hengeres felület esztergálásánál $K_a=1$.

Belső hengeres (vagy kúpos) felületen $K_a = 1,05 + \frac{1}{d}$, síkfelületen pedig $K_a=1,05$ értékkel számolunk.

A teljesítményfelvétel számításakor a forgácsolóerőnek csak az F_c komponensét kell figyelembe venni, mivel az előtolás irányú sebesség nagyságrendekkel kisebb a főforgácsoló sebességnél, a mélyítő irányban (fogásvétel) pedig általában nulla a sebesség.

Figyelembe véve, hogy az SI mértérendszer elterjedése előtt kialakult szokások alapján a v_c forgácsolósebességet m/min-ban szoktuk használni, a **hasznos forgácsoló teljesítmény** számítására használatos összefüggés:

$$P_h = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} \text{ (KW)}$$

alakú.

Ha a motor η_m hatásfokát, és a szerszámgép η_g hatásfokát, is figyelembe szeretnénk venni, akkor a villamos hálózatról felvett **összes teljesítmény**

$$P_s = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_m \cdot \eta_g} \text{ (KW)} .$$

alakú lesz.

Ez alapján a fő forgácsoló erő egyszerű mérésére alkalmas összefüggést is nyertünk. Ha megmérjük a P_s összes felvett teljesítményt, akkor kiszámíthatjuk a főforgácsolóerőt:

$$F_c = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot P_s \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{v_c} \text{ (N)} .$$

Hatásfok adatok hiányában az $\eta_m \cdot \eta_g = 0,75$ értékkel lehet számolni.

6. A SZERSZÁMOK KOPÁSA ÉS ÉLETTARTAMA

A forgácsolási folyamat során a forgácsoló szerszámok elhasználódnak, a forgácsolási feladat elvégzésére alkalmatlanná válnak. A folyamatot kopásnak nevezzük. A szerszám felületén a szerszámot érő igénybevételek miatt jellegzetes kopásformák alakulnak ki, amelyek összefüggenek a forgácsolás és az igénybevétel jellegével. Az összefüggés rendszer az:

Igénybevétel $\rightarrow$ kopás jellege $\rightarrow$ kopás alakja

formában értelmezhető.

A szerszám dolgozó részének az az eleme, amelyik ék formájában hatol be az anyagba és forgácsot választ le, mechanikai-, hő-, és kémiai igénybevételeknek van kitéve. Ezek lehetnek az időben állandóak (pl.: esztergáláskor), vagy időben változóak is (pl. marásnál). A forgácsolóék két jellegzetes felületét, a homlokfelületet és a hátfelületet érő erő adja a szerszám **mechanikai igénybevételét**. A szerszám fő méreteinek meghatározásához a mechanikai igénybevételek eredőjére van szükség, a szerszám lokális geometriájának vizsgálatához pedig az igénybevétel eloszlásának az ismerete is szükséges.

A forgácsoló él környezetében a deformációs munka és a surlódási munka következtében létrejövő **termikus terhelés** a szerszám forgácsoló élének környékét **termikus igénybevételnek** teszi ki. A hőáram természetesen a forgácsot, a munkadarabot, a szerszámot és a környezetet is terheli, de ezek közül a szerszám az, amelyik konvektív módon nem képes a hő elvitelére.

A különböző igénybevételek eredményeképpen létrejövő kopások különböző jellegűek lehetnek, más szóval a megmunkálás során különféle kopásmechanizmusok jönnek létre. Abrázív-, adhéziós és tribokémiai típusú kopásokat lehet megkülönböztetni.

Az **abrázív kopás** folyamatában a két működő pár (szerszám és forgács/munkadarab) egymáson elmozduló felületelemei között lévő kemény anyagrészecskék mikroforgácsolást végeznek a szerszámon. Ezt a folyamatot elősegíti az, hogy a termikus terhelés miatt a homlokfelület és a hátfelület forgácsolólél közeli részeinek szilárdsága, keménysége jelentősen csökken.

Adhéziós kopás akkor jön létre, ha forgácsból leváló apró anyagrészecskék a forgács és szerszám érintkezési helyein nyomás és hő hatására a szerszám felületére tapadnak, majd később, a nagy sebességgel távozó forgács azokat elsodorva a szerszám felületekről is anyagkiszakadást okozhat.

Ezek a hatások a csúszási-, azaz forgácsolósebesség növelésével csökkennek.

A **tribokémiai kopás** diffúzió, vagy oxidáció útján jön létre.

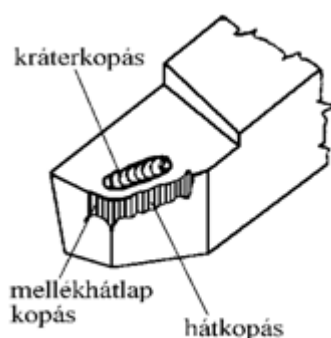
A **diffúziós folyamatban** az anyag hőmérsékletének emelkedésével a szerszámm-anyag atomjai és molekulái egyre mozgékonyabbá válnak és a szerszám anyagrészecskéi átvándorolnak a munkadarab anyagába, vagy megfordítva. A munkadarab anyagának átdiffundált anyagrészecskéi a szerszám-anyaggal kémiai reakcióba lépve a szerszámon lágyabb réteget alakíthat ki, amely könnyen erodálódhat. Szénacélok nál - keménységemmel való forgácsolásakor - az következő reakciók valósulnak meg:

- vas (**Fe**) vándorol a kobalt (**Co**) kötőanyagba és **Fe - Co**-kevert kristály alakul ki;
- kobalt (**Co**) vándorol a keménységemmel a vashoz (**Fe**) és kevertkristály képződik;
- a szén (**C**) az acélból átvándorol a szerszám anyagba és a wolframkarbid (**WC**) oldódását okozza, ami wolfram vas-wolfram-kevertkarbit képződésével jár.

Az **oxidációs kopás** a forgács-szerszám vagy a munkadarab-szerszám érintkezési zóna szélén megvalósuló kopásforma. A levegő oxigénjének jelenlétében akkor jön létre, ha a felületi hőmérséklet és a szerszám anyag oxidációs hajlama elegendően magas.

A szerszám felületén jellegzetesen a forgácsolás során érintkező felületdarabokon figyelhető meg kopási jelenség. A munkadarab és szerszám a szerszám homlokfelületén és hátfelületein érintkeznek, ezért a kopás helyének megfelelően homlokkopásról és hátkopásról lehet beszélni. (4.20. ábra)

4.20. ábra - Kopási jelenségek esztergakés homlok és hátfelületein. (Forrás [1])



A **hátkopás** a fő- és mellekhátfelületeken alakul ki, a munkadarab forgácsolt felülete ugyanis megmunkálás közben súrlódva érintkezik a szerszám hátfelületével. A fő forgácsoló mozgás irányába eső kopási nyom szélességével jól követhető a hátfelület kopása, amelyik az aktív forgácsoló él mentén jó közelítéssel állandó nagyságú. Jelölésére a **VB** betűket használjuk. A dolgozó élhosszúság szélein egyrészt az úgynevezett szélkopás, másrészt a szerszám csúcsán mért csúcskopás miatt a **VB** szélességet meghaladó nagyságú.

A **VB** hátkopás értékét kopásjellemző mennyiségként szokásos használni, ennek megengedett irányértékei a 28. ábrában láthatók.

Megm. eljárás	VB (mm)
Nagyoló eszt. forrasztott keményfém szerszámmal	0.6-0.8
Nagyoló eszt. váltólapkás szerszámmal	0.8-1.6
Másoló esztergálás	0.8
Esztergálás kerámiával	0.5
Nagyoló palástmarás	0.2
Nagyoló homlokmarás	0.6-0.8
Simítóesztergálás	0.2-0.3
Finomesztergálás	0.1-0.2

2. táblázat: A VB hátkopás megengedett irányértékei (Forrás: [1])

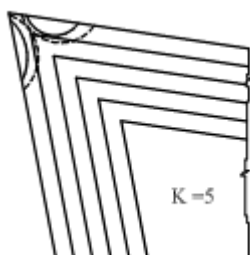
A **kráterkopás** a homlokfelületen kátható tönkremeneteli mó, általában teknőalakú bemélyedés. A kopásnagyság mértékét több jellemzővel is megadhatjuk, úgymint a **KT** krátermélység, a **KB** a kráter szélének az éltől való távolsága, valamint a **KM** a kráter legmélyebb pontjának a szerszám éltől való távolsága. A kráterkopás jellemzésére ezen kívül a **K = KT/KM** kráterarány is használatos.

Kopás kritériumként keményfém szerszámmal történő megmunkálás esetén $K = 0,4$; gyorsacél szerszám esetén $K = 0,25 - 0,3$ értéket szokás figyelembe venni.

További szerszám tönkremeneteli módok a szerszám káros alakváltozásai, az kitöredezése, vagy csorbulása. Az ilyen tönkremeneteli módok általában túlterhelések következményei, nem tekinthetők normális elhasználódásnak, ilyenkor mindenképpen javasolt a technológia felülvizsgálata.

Az elhasználódott, kopott szerszámokat élezéssel fel lehet újítani. A 4.21. ábrán látható forrasztottlapkás szerszám esetén a hibás rétegek eltávolításával a forgácsoló rész – akár többször is - megújítható. A lehetséges utánélezések száma akár $K \leq 8 - 12$ is lehet.

4.21. ábra - Egyélű szerszám többszöri újraélezése (Forrás: [1])



A szerszám élettartama (T_Σ) az éltartam ($\bar{T}$) segítségével kifejezve:

$$T_\Sigma = (K+1) \bar{T}$$

A kopási mechanizmusok előrehaladásával a határozott élgeometriájú szerszámok eredeti alakjukat jól meghatározható forgácsolási idő után elvesztik. A határozatlan élű szerszámok is olyan mértékű elhasználódást szenvednek, hogy felhasználásuk a továbbiakban nem ésszerű-, vagy nem is lehetséges. Ekkor a szerszámokat újra kell élezni, vagy - a határozatlan élűek esetében „szabályozni” kell őket-, a váltólapkás szerszámoknál

pedig élt kell váltani. Két egymást követő – szerszám tönkremenetel miatti – élezés vagy élváltás közötti - forgácsolással eltöltött időt - **éltartamnak** nevezzük. Az éltartam jele: **T**, mértékegysége: min.

Az éltartam idejének percben való kifejezését az alap technológiáknál, esztergáláskor, gyaluláskor, vésésnél, marásnál és köszörülésnél alkalmazzuk, bár itt sem kizárólagos módon. A percben kifejezett éltartam fogalmon kívül még további éltartam-fogalmak is használatosak, ilyenek az:

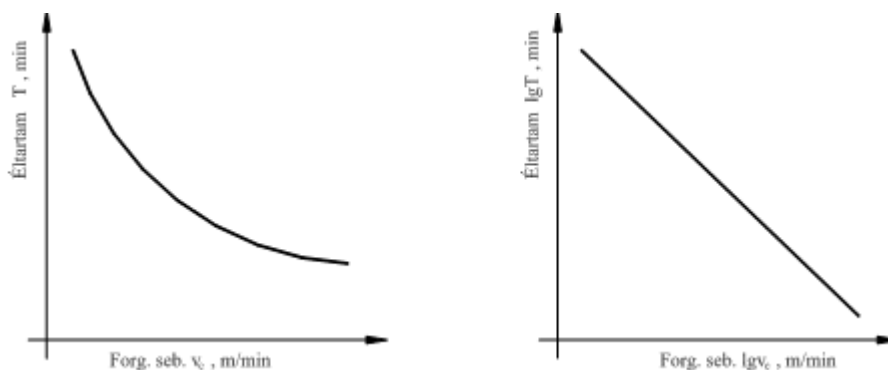
- Éltartamút (**S_T**) a forgácsolóélnak T idő alatt a forgácsolóirányban megtett útja.
- Éltartamhossz (**L_T**) a forgácsolóélnak T idő alatt az előtoló-irányban megtett hossza.
- Éltartamtérfogat (**V_T**) a szerszám által T idő alatt leválasztott forgácstérfogat.
- Éltartamdarabszám (**N_T**) a T idő alatt megmunkált darabok száma.

Az éltartam darabszám (**N_T**) nagy tömegű gyártásnál, vagy automatizált gyártásban fontos, mert a szerszámcseré vagy a szerszámváltás a legyártott darabszám alapján történik.

A forgácsolási paraméterek (**a_p**, **f**, **v_c**) közül leginkább a **v_c** forgácsolósebesség van hatással a szerszám éltartamára. A forgácsolósebességnek kismértékű megváltoztatása a **T** éltartam jelentős változását eredményezi (4.22. ábra). A **T** és **v_c** közti fordított arányosság logaritmikus beosztású koordináta-rendszerben egyenessel írható le. (4.23. ábra). Ezt a törvényszerűséget felfedezőjéről **F. W. Taylor** gépészmérnökről, (USA, 1907), „Taylor-egyenest”, nevezzük. Analitikus formában a következőképpen írható:

$$v \cdot T_m = C$$

ahol: $v \equiv v_c$ vagyis a sebesség a fő forgácsoló sebesség.



Fordított arányosság van a T éltartam és a forgácsoló : $\lg - \lg$ koordináta rendszerben a Taylor összefüggés sebesség (v_c) között (Forrás: [1])
 egyenes (Forrás: [1])

Az összefüggést felhasználva, egyszerű formula állítható fel két forgácsolási állapot éltartama és a sebesség paramétere között:

$$v_2 = v_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^m$$

Más formában is szokásos használni a Taylor-egyenletet:

$$v^n \cdot T = CT$$

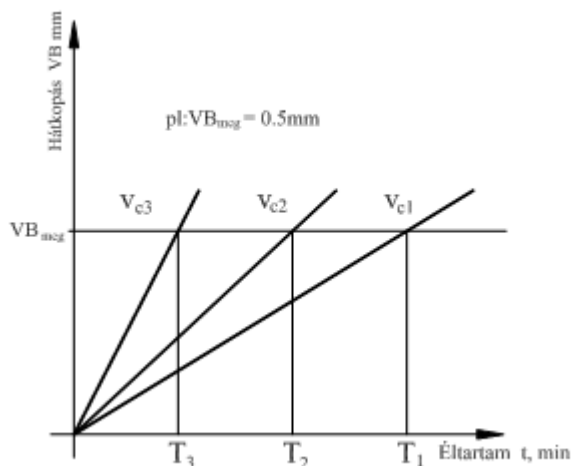
A Nemzetközi Szabványosítási Testület (ISO) 1975-ben kelt irányelve alapján sok ország nemzeti szabványa, köztük Magyarországé is (MSZ 3904) is a következő alakot írja elő:

$$v_c \cdot T^{\frac{1}{K}} = C_v$$

A Taylor-egyenest paramétereinek (C_v , k) felvétele, és a Taylor-egyenlet felírása technológiai kísérletek végzésével, a kopásgörbék felvételével kezdődik. Ezt mindenképpen meg kell előznie az éltartamkritérium rögzítésének, például a maximálisan megengedhető hátkopás rögzítésének:

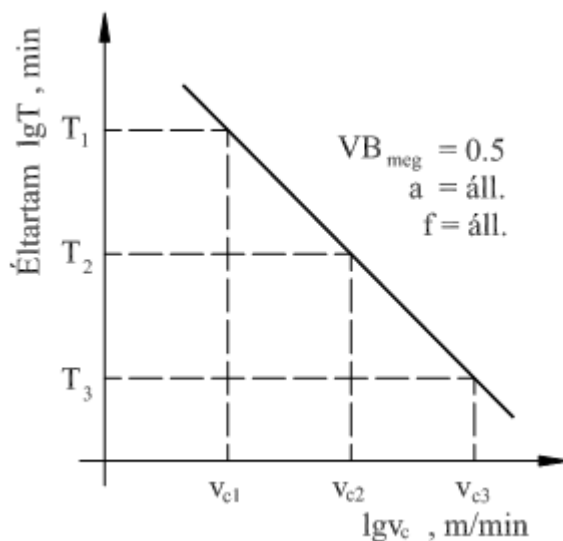
pl.: $VB_{meg} = 0.5 \text{ mm}$ (4.24. ábra).

4.22. ábra - Kopásgörbék különböző forgácsolási sebességek esetén (Forrás: [1])



A kopásgörbe segítségével felvett összetartozó mérési pontokat (v_{c1} , T_1 , v_{c2} , T_2 , v_{c3} , T_3) a $\lg v - \lg T$ mezőn ábrázolva, és lineáris interpolációt alkalmazva kapjuk meg a Taylor – egyenest. (4.25. ábra). Az így meghatározott egyenes alapján a Taylor paramétereket - a k kitevőt és C_v állandót - is meghatározhatjuk.

4.23. ábra - A kísérletek alapján felvett „Taylor”-egyenest (Forrás: [1])



A Taylor egyenes vízszintes tengelymetszete éppen a (C_v) paraméter lesz, a (k) pedig az egyenes vízszintessel bezárt hegyesszögének tangense.

Megjegyezzük, hogy a Taylor-egyenlet érvényessége akkor áll fenn, ha az éltartamon (T) és a forgácsoló sebességen (v_c) kívül minden más szerszám-, munkadarab- és forgácsolási paraméter állandó. Ezen korlátozás miatt az egyenletnek a fentebb adott alakját általános Taylor-egyenletnek nevezzük.

Ha az éltartam összefüggést más forgácsolási paraméterek figyelembevételével is fel szeretnénk építeni, akkor az ún. bővített Taylor-egyenlethez jutunk. Ez annyiban tér el az általános Taylor-egyenlettől, hogy megjelenik benne a VB hátkopás, az f előtolás, az a_p fogásmélység, és esetleg a κ_r elhelyezési szög is.

A bővített Taylor - összefüggés alakja a következő:

$$v_c = \frac{C_v}{f^p \cdot a_p^q \cdot T^m} \cdot VB^n$$

A szerszám éltartamát - a felsorolt forgácsolási paraméterek közül - legnagyobb mértékben a forgácsoló sebesség befolyásolja.

A technológiai tervezés során az éltartam megválasztásnál lényeges tervezői döntés lesz, a technológusnak törekednie kell valamilyen optimum-kritérium szerinti megoldásra. Ebben az a nehézség, hogy a különböző forgácsoló eljárásokra az optimális éltartam más és más. Az olcsó szerszámok és az egyszerű szerszámgépek esetén célszerű rövid éltartammal (és nagy termelékenységgel) dolgozni. Hosszú éltartammal kell dolgozni a bonyolult és drága szerszámok és a nehezen beállítható szerszámgépek (egy- és többsorsós automaták) esetében. A CNC esztergáknál váltólapkás keményfém szerszámok alkalmazása esetén ismét rövid éltartammal kell dolgozni, mert ezek a drága gépek csak magas termelékenységgű folyamatok esetén lehetnek gazdaságosak. Itt jellemzőnek mondható a 5 - 10 perces éltartam is. A 34. ábra éltartam irányértékekkel ad különböző technológiák esetén gyorsacél kések éltartamára.

Eljárás	T (min)
Esztergálás	30
Revolversztergálás	120
Esztergálás egyorsós automatán	240
Esztergálás többsorsós automatán	300

3. táblázat Éltartam-irányértékek gyorsacél forgácsoló késekre (Forrás: [1])

Keményfém szerszámok esetében gazdaságos éltartam korszerűbb és drágább gépeken is rövidebb: a forrasztott lapkás kések esetén 10-45 perc, míg váltólapkás késeknél 5-30 perc. A nagy szerszámgyártó cégek (Pl.: Krupp-Widia) katalógusaiban az **éltartam általában 15 perc**.

A **T** éltartam paramétert úgy kell felvenni, hogy az adott projekt előre meghatározott gazdaságossági vagy termelékenységi követelményeknek megfeleljen. Jellemző példák lehetnek a legkisebb műveleti önköltség melletti éltartam paraméter ($T_{o,k}$), vagy a legnagyobb termelékenység melletti éltartam ($T_{o,q}$) meghatározása. A $T_{o,k}$ és $T_{o,q}$ éltartam jellemzők a termelési költség függvény szélső értékeit - optimumait – jelentik (4.26. ábra).

A szakirodalomban elterjedten használatos költség függvények figyelembevételével, de a számítási folyamatot nem közölve:

- a legkisebb műveleti önköltségnél az optimális éltartam

$$T_{o,c} = (-k - 1) \cdot \left(t_{cs} + \frac{60 \cdot C_{sz}}{C_m} \right)$$

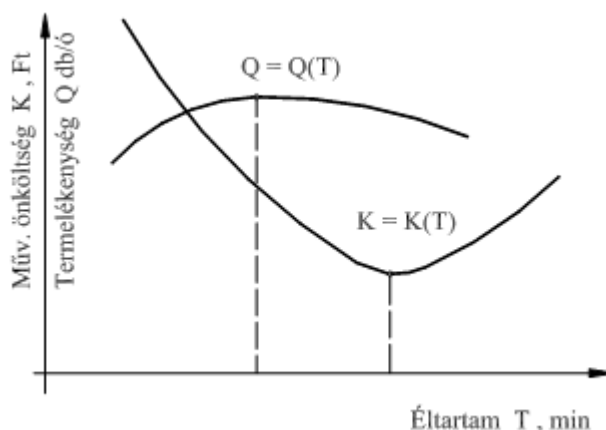
- a legnagyobb termelékenységnél pedig

$$T_{o,q} = (-k - 1) \cdot t_{cs},$$

ahol: t_{cs} - a szerszámcsere ideje, [min] - K_{sz} az éltartamidőre eső szerszámköltség (élköltség), [Ft], K_m - a munkahely üzemeltetési költsége [Ft/ó]; k - a Taylor egyenlet éltartamkitevője [-].

Az éltartam (**T**) ismeretében történik a továbbiakban a többi forgácsolási adat meghatározása. Újabban azonban azt a módszert választják, amelynél előbb az optimális forgácsolási adatokat (a_p , f , v_c) határozzuk meg, és ezek ismeretében számítjuk ki az optimális éltartamot.

4.24. ábra - Optimális éltartam-paraméterek (Forrás: [1])



7. A FORGÁCSOLT FELÜLET MINŐSÉGE

A forgácsolt felület minőségét két adattal, a **felületi érdességgel** (geometriai minőség) és a **felületi réteg állapotával** (anyagszerkezettani minőség) jellemezzük. A felületi **érdességet** a felületen lévő egyenetlenségek magassága és alakja határozza meg. A felületi réteg anyagának állapota pedig a **mikrostruktúrával**, a **felületi felkeményedéssel**, a **maradó feszültségek nagyságával** adható meg.

A forgácsoló megmunkálások során létrehozott felület érdességét több tényező is befolyásolja: a folyamatban képződő forgács típusa, a szerszám élgeometriája, a munkadarab anyagminősége, a forgácsolási paraméterek, de a hűtő-kenő anyagok alkalmazása is.

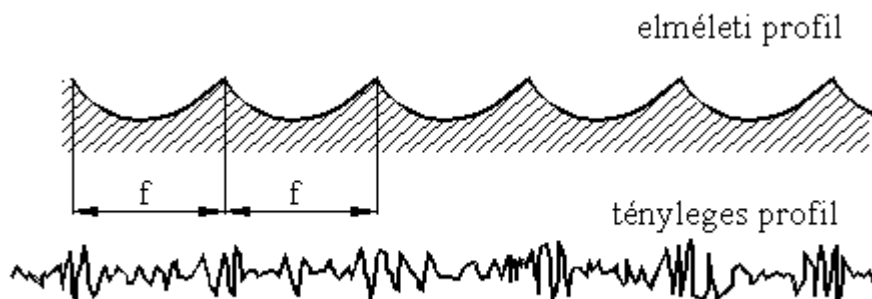
A felületi érdesség vizsgálatánál a felületi érdesség elméleti értéke egyszerű modell alapján kiszámítható.

Az elméleti érdesség meghatározásánál a modell a következő korlátozásokat alkalmazza:

- a munkadarab anyaga merev, nem deformálódik,
- a forgácsoló rendszer abszolút merev,
- a forgácsolószerszám éle egy meghatározott geometriai vonal.

A forgácsolással megmunkált felületek tényleges érdessége azokból az egyenetlenségekből áll, melyek a megmunkált felületen a szerszám csúcsának áthaladása után visszamaradnak. Ezeket az egyenetlenségek analitikus elemzése útján lehet eljutni az ún. elméleti profilhoz. Mérések segítségével lehet meghatározni a munkadarab tényleges profilját. Az elméleti és a tényleges profil viszonyait mutatja a 4.27. ábra.

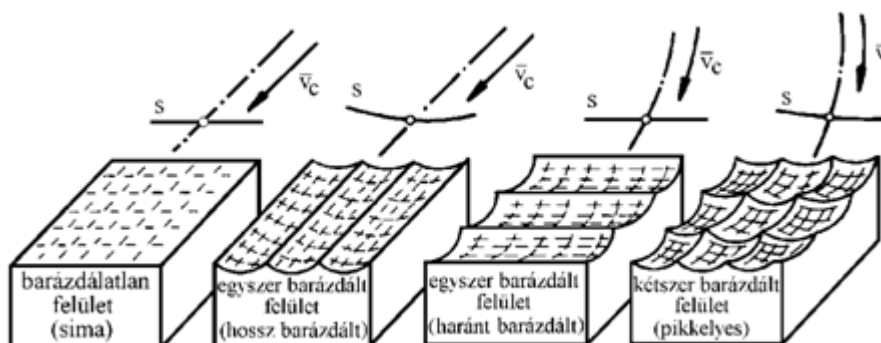
4.25. ábra - Az elméleti és a tényleges felületi profil forgácsolásnál (Forrás: [1])



A felületi érdességet vizsgálva meg kell különböztetni a felület különböző irányában értelmezhető érdességét. Ezeket az irányokat a jellegzetes mozgásirányokkal célszerű összekapcsolni. A forgácsolóél alakjától és a jellegzetes mozgásoktól függően a következő felülettípusokat lehet megkülönböztetni (4.28. ábra).

- **barázdálatlan felület;** a felületet egy olyan alakú és helyzetű él formálja, mely megegyezik a felület valamely metszetével, miközben az él a felületet folytonosan sűrolja,
- **egyszer-barázdált felület** (hosszbarázdált); Az ilyen felületet egy görbe alakú él formálja, például az esztergakés csúcsához tartozó élszakasz. A főmozgás irányában barázdáltság nincs, csak a mellékmozgás (előtolás) irányában,
- **egyszer-barázdált felület** (harántbarázdált); Ilyen felület alakul ki szakaszos forgácsleválasztásnál, például palástmarásnál. A forgácsolóélre merőleges irányban kinematikai okokból eredő barázdáltság figyelhető meg, míg erre merőleges irányban a felület mikrogeometriája a forgácsolóél állapotától függ,
- **kétszer-barázdált felület** (pikkelyes); Általában ilyen felület képződik lefejtő marásnál.

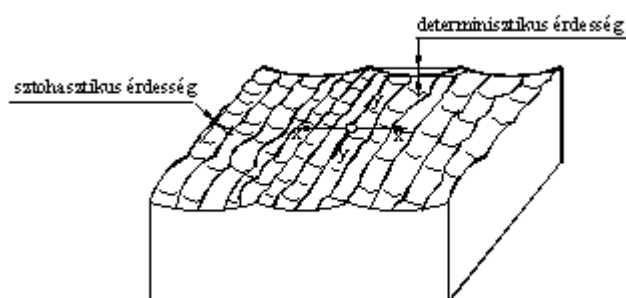
4.26. ábra - Jellegzetes felülettípusok forgácsolásnál (Forrás: [1])



Általánosan kimondható, hogy a forgácsolással megmunkált felület mikrogeometriai hibái valamelyik barázdáltság irányában a nagyobbak, tehát ezekben az irányokban értelmezett érdesség határozza meg a felületi minőséget. Mivel ez a fajta érdesség kinematikai vagy geometriai okok által meghatározottak, ezért matematikai módszerekkel elég jól számítható, determinisztikus érdességnek nevezzük.

A determinisztikus érdészen kívül, erre szuperponálódva, többféle egyenetlenség is kialakul a megmunkált felületen, nagyszámú, sokszor ismeretlen hatás következtében. Ez a fajta érdesség matematikai módszerekkel nehezen követhető, sztohasztikus érdességnek nevezzük. (4.29. ábra).

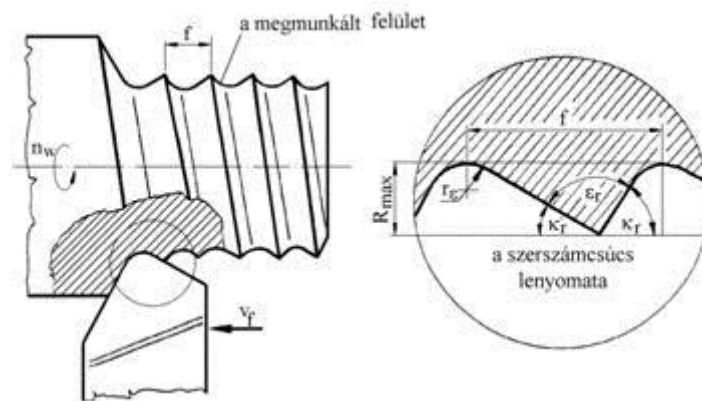
4.27. ábra - Determinisztikus és sztohasztikus érdesség (Forrás: [1])



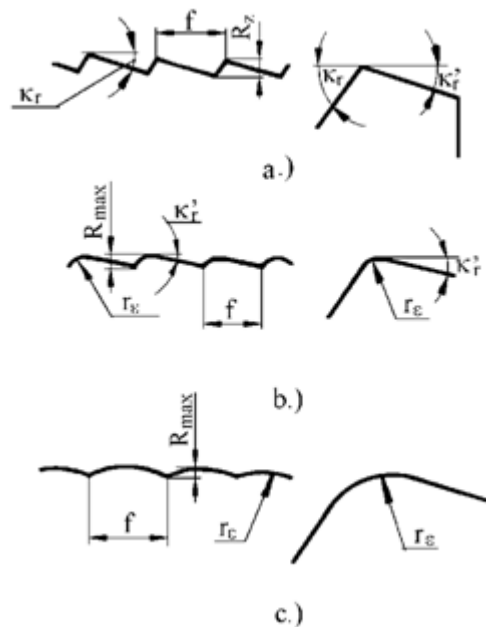
Az elméleti érdesség matematikai modelljénél feltételezzük, hogy a megmunkált felületen a szerszám csúcsközeli része hagy nyomot, és ez hozza létre a felületi érdességet (4.30. ábra). Általában is mondható, hogy határozott élű szerszámmal végzett forgácsolásnál a mozgásviszonyok által meghatározottan, geometriailag jól leírható profil képződik. Esztergálásnál a felületi modell például egy f menetemelkedésű csavarfelület tengelymetszeti profiljának felel meg.

A szerszám geometriától – a szerszám csúcssugarától, a mellékél elhelyezési szögétől - és a forgácsolási paraméterektől - az előtolástól - függően a szerszám csúcssugarának íves szakasza, vagy a főél és a mellékél egy szakasza is részt vesz a profil kialakításában. Ennek megfelelően az érdesség-profilok a 4.31. ábra szerinti alakulhatnak.

4.28. ábra - Megmunkált felület nyoma esztergálásnál (Forrás: [1])



4.29. ábra - Érdességprofilok (Forrás: [1])



Az elméleti érdesség jellemzésére az $R_{\max}$ maximális érdességet lehet használni, ami itt megegyezik az R_z felületi érdességgel. A 4.32. ábrán látható három eset közül gyakorlati szempontból az a.) eset (pl. nagyolás) és a c.) eset (simítás) érdekes. A végső felületminőséget meghatározó c.) eset különösen érdekes, ekkor csak a csúcssugár formálja a felületi érdességet. Ebben az esetben a gyakorlati alkalmazásokhoz kielégítő pontosságot ad a következő formula:

$$R_{(\max)} \cong f^2/8r_\epsilon$$

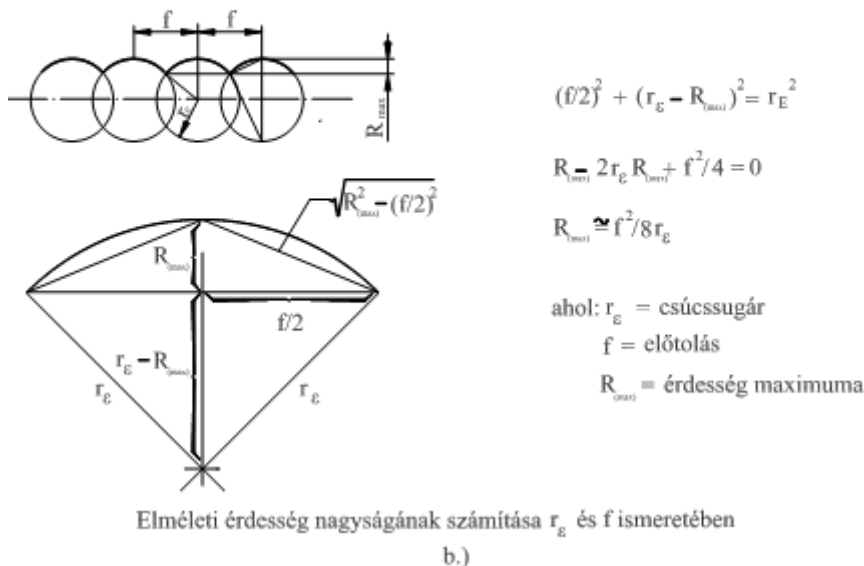
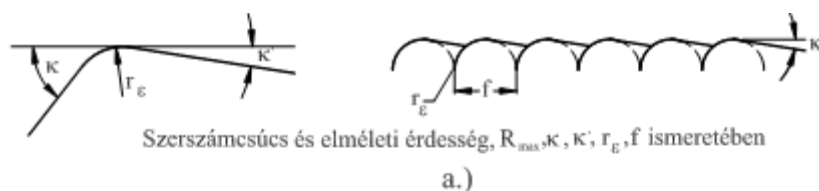
ahol:

r_ϵ - csúcssugár

f - előtolás

$R_{(\max)}$ - érdesség maximuma

4.30. ábra - Az elméleti érdesség meghatározása (Forrás: [1])



A fenti összefüggésből következően az előtolás növekedése növeli a felületi érdességet, míg a szerszám csúcssugarának növelése csökkenti azt.

A ténylegesen kialakuló felületi mikroprofil jelentősen eltérhet az elméleti értéktől, ami elsősorban a következőkkel magyarázható:

- az anyag a profil csúcsainak közelében képlékenyen megfolyik, minél nagyobb a képlékeny alakváltozás, annál nagyobb az anyagfolyás a megmunkált felületen, és annál nagyobb lesz a felületi érdesség,
- a munkadarab és a szerszám a forgácsolás során rezgésben vannak,
- a szerszám hátfelülete sűrűdik a megmunkált felületen,
- a szerszám éle eltér az alapul vett geometriai vonaltól és maga is rendelkezik egyenetlenségekkel; a szerszámkopás pedig ezt a hatást csak erősíti,
- élrátétképződésnél a felület érdessége mindig romlik.

A forgácsolás során kialakuló felületi érdesség pontosabb jellemzésére tapasztalati összefüggést alakítottak ki kísérleti eredmények adatainak elemzésével. A tapasztalati összefüggésben figyelembe veszik a lényeges technológiai paraméterek (a forgácsoló sebesség, az előtolás és a csúcssugár) hatását:

$$R_z = C_R \cdot v_c \cdot f^{x_R} \cdot r_E^{\mu_R},$$

ahol:

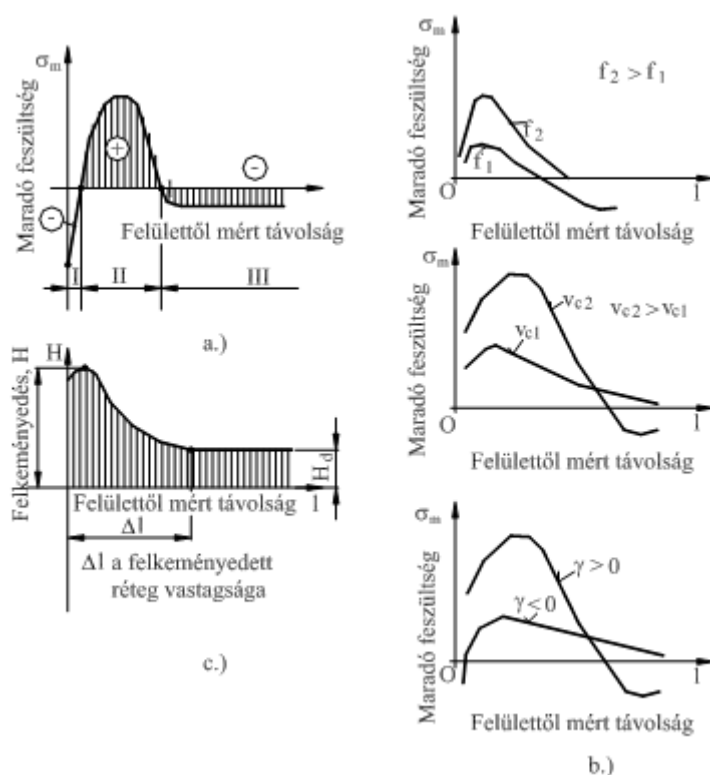
C_R – érdesség állandó

A másik, felületi minőséget meghatározó adat, a forgácsolt felület **felszíni rétegére** jellemző fizikai-mechanikai jellemzők erősen befolyásolják az alkatrész azon tulajdonságait, melyek a felhasználó számára érdekesek (élettartamát, kopásállóságát stb.). A felületi réteg állapotát a maradó feszültségek nagysága és előjele, azok behatolási mélysége, továbbá a felület felkeményedésének mértéke és a felkeményedett réteg vastagsága jellemzik. A maradó feszültséget és a felkeményedést a forgácsoló erő, a forgácsolási hő és a szerkezeti átalakulások okozzák.

Rideg anyagok forgácsolása esetén a felülethez közeli rétegben nyomófeszültségek maradnak vissza, képlékeny anyagoknál pedig leggyakrabban húzófeszültségek. A 4.33 a. ábrán képlékeny anyagok forgácsolásánál a maradó feszültség változása látható a felülettől mért távolság függvényében. Egy igen vékony (0.002 mm) rétegben nyomófeszültség marad, majd egy jóval vastagabb rétegben húzófeszültségek működnek. Mivel a húzófeszültség zónája nagyságrendekkel nagyobb a nyomófeszültségénél, e réteg alapján jellemzik a felületi réteg feszültségi állapotát. A mélyebb rétegben uralkodó feszültség egyensúlyt tart a felette elhelyezkedő réteg feszültségével, tehát előjelét is az határozza meg. A maradó feszültségek képződésének mechanizmusát - erősen leegyszerűsítve - a következőképpen lehet elképzelni: A szerszám hátfelületén működő súrlódó erő hatására a megmunkált felület vékony rétege képlékeny húzó igénybevételt szenved és az alatta levő rétegben ennek megfelelően rugalmas húzó alakváltozás megy végbe. A szerszám áthaladása után az alsó réteg össze akar húzódni, de ezt gátolja a felső réteg, aminek eredményeképpen az alsó rétegben maradó húzófeszültség lesz.

A maradó feszültségek nagysága és hatásuk zónája függ a szerszám homlokszögétől, az előtolástól (forgácsvastagságtól), a forgácsoló sebességtől és a szerszámkopástól. A fenti összefüggések jellege a 4.33. b. ábrán látható.

4.31. ábra - A megmunkált felület feszültségi állapota (Forrás: [1])



8. A FORGÁCSOLÁS GAZDASÁGI KÉRDÉSEI

A forgácsolási folyamat a termelési folyamat jelentős költségviselő része, ezért a forgácsolás hatékonyságát már a tervezési folyamatban is figyelemmel kell kísérni. A forgácsolási paraméterek helyes megválasztásával lehet kedvező irányba változtatni az olyan gazdaságossági mutatókkal, mint a termelékenység vagy a forgácsolási költségek. A forgácsolási adatokat úgy is választhatjuk, hogy magas legyen a forgácsolás termelékenysége, azaz az időegység alatt leválasztott forgács mennyisége (ilyenkor általában magas a forgácsoló sebesség), ugyanakkor eközben a szerszám éltartamának csökkenése miatt a szerszám- és a szerszámcserevel, szerszámkezeléssel kapcsolatos költségek erősen növekedhetnek és végül a forgácsolás teljes költsége növekedhet (ez egyben a gazdaságosság csökkenését is jelenti).

A forgácsolás gazdaságosságát több tényező is befolyásolja, mint például a szerszám anyaga, a gép teljesítménye, kinematikai és dinamikai lehetőségei, a forgácsolási paraméterek, az operátorok munkabére stb. Az adott termelési feltételeknek leginkább megfelelő forgácsolási paraméter együttest optimális forgácsolási adatoknak nevezik. A forgácsolási folyamat optimalizálása matematikai értelemben a következő célfüggvények minimum keresési feladata:

Q [cm³/min] - forgácsolási termelékenység, forgácsleválasztási sebesség

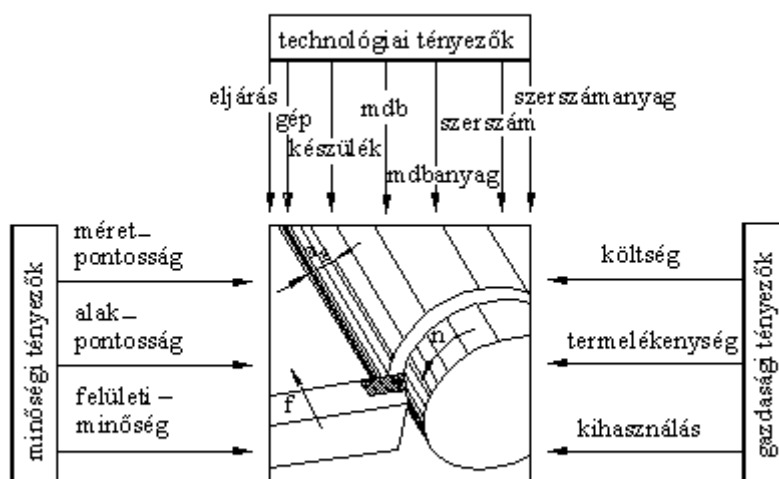
K [Ft/cm³] - forgácsolási költség, a forgácsleválasztás fajlagos költsége.

A két optimálási feladat megoldásánál nem ugyanannál a paraméter együttesnél fogjuk megkapni a termelékenységi- illetve a költség optimumot. A $K_{\min}$ (költség minimum) megoldás esetén alacsonyabb lesz a termelékenység, maximális termelékenységet eredményező megoldás alkalmazásánál a forgácsolási költségek lesznek magasabbak az elméletileg lehetséges minimumnál.

Bizonyítható, hogy a termelékenység célfüggvénynek nincs abszolút maximuma és a költség célfüggvénynek sincsen abszolút minimuma, ha korlátozásmentes esetet vizsgálunk, azaz a keresett forgácsolási paraméterek nyitott tartományon értelmezettek. Ha a feladat tervezési változói (a keresett forgácsolási paraméterek) nem vehetnek fel tetszőleges értéket, azaz értelmezési tartományuk zárt, akkor a célfüggvény már rendelkezik szélsőértékkel, más szóval létezik a forgácsolási optimálási feladatnak költségminimum vagy termelékenység maximum megoldása. A célfüggvény szélsőértéke mindig a forgácsolási paraméterek megengedett tartományának szélén lévő pontban lesz.

Az optimális forgácsolási paraméterek megválasztásánál korlátozó tényezőként kell figyelembe venni a megmunkáló rendszer műszaki jellemzőit is. A megmunkáló rendszer jellemzői, valamint a munkadarabra vonatkozó minőségi előírások vagy követelmények az adott megmunkálás korlárendszerét határozzák meg (4.34. ábra).

4.32. ábra - A forgácsolási paramétereket befolyásoló tényezők (Forrás: [1])



5. fejezet - ESZTERGÁLÁS

Esztergálásnak nevezzük a határozott élű szerszámmal végzett olyan forgácsolást, amelynél a forgácsoló mozgás forgástengelye (munkadarabok forgástengelye illetve a forgó szerszám forgástengelye) az előtolómozgástól függetlenül megtartja a munkadarabhoz viszonyított helyzetét. Az esztergálás szerszáma a forgácsolókész. A leválasztott forgács általában állandó keresztmetszetű és leválasztása folyamatosan történik.

1. AZ ESZTERGAGÉPEK

Csúcsesztergák

- műszerész eszterga - különleges pontosságú, nagy fordulátú esztergagép,
- teljesítmény eszterga - leegyszerűsített szerkezetű, nagy forgácsleválasztási teljesítményű esztergagép,
- finomeszterga - különleges főorsócapágyazású, fokozott futáspontosságú eszterga,
- egyetemes eszterga - univerzális felhasználású gép, az esztergálás minden művelete elvégezhető rajta,
- többkéses eszterga - több szerszám befogására alkalmas nagy forgácsoló teljesítményű esztergagép,

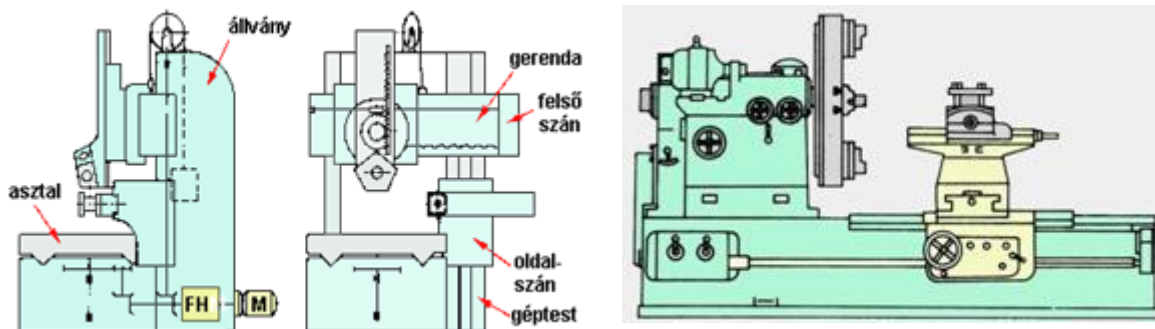
5.1. ábra - Egyetemes csúcseszterga (Forrás: [3])



Síkesztergák

- karusszel eszterga - függőleges tengelyű, nagy átmérőjű síktárcsával rendelkező esztergagép nagyméretű munkadarabok megmunkálására,
- fejeszterga - egyszerű felépítésű, nagyteljesítményű, vízszintes tengelyű, síktárcsával ellátott esztergagép nagy átmérőjű munkadarabok megmunkálására,

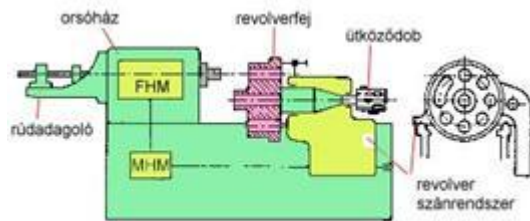
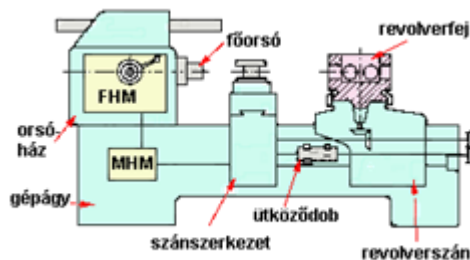
5.2. ábra - Karusszel eszterga (Forrás: [3]) 5.3. ábra - Ábra Fejeszterga (Forrás: [3])



Revolversesztergák

- toronyrevolver eszterga - kis- és középsorozatokat gyártására alkalmazott revolverfejes esztergagép,
- dobrevolver eszterga - kis- és középsorozatokat gyártására alkalmazott revolverfejes esztergagép,

5.4. ábra - Toronyrevolver eszterga (Forrás: [3]) **5.5. ábra - Dobrevolver eszterga (Forrás: [3])**



Automata esztergák A nagy termelékenység elérése érdekében mechanikus vagy számítógép vezérlésű automata gépeket alkalmaznak. A magas termelékenységi mutatók elérése érdekében gyakran több főorsóval ellátott gépet használnak.

- mechanikus vezérlésű automata eszterga - kizárólag tömeggyártásban használható esztergaautomata,
- számjegyvezérlésű automata eszterga - egyedi, sorozat, és tömeggyártásban egyaránt alkalmazható,
- egyorsós automata eszterga - egy főorsóval rendelkező automata,
- többsorsós automata eszterga - több főorsóval ellátott automata,

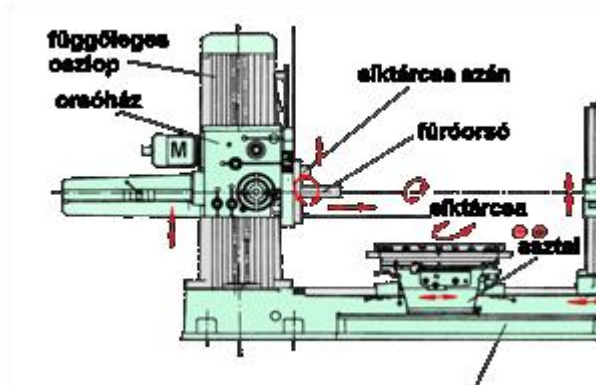
5.6. ábra - Revolverautomata revolverfeje (Forrás: [3]) **5.7. ábra - Revolverautomata revolverfeje (Forrás: [3])**



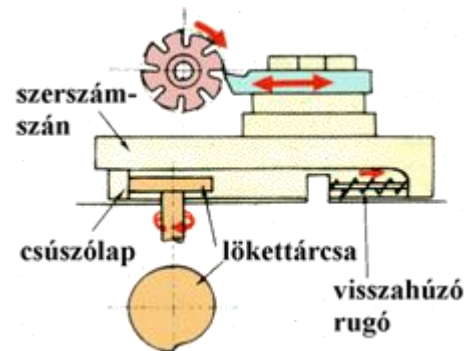
Különleges esztergák

- másoló eszterga - a kést másoló idom, vagy mesterdarab vezérli,
- hátraeszterga - alakos marószerszámok megmunkálására alkalmas esztergagép, (egy főorsó fordulaton belül többször is változik a megmunkálási átmérő)
- forgattyústengely eszterga - forgattyústengelyek megmunkálására alkalmas esztergagép,
- bütüküstengely eszterga - bütüküstengelyek megmunkálására alkalmas speciális esztergagép,
- vasúti kerékpáreszterga - a vasúti kocsik kerekeinek futófelületét egy felfogásban munkálja meg,
- alakos eszterga - Gellért- féle sokszögeszterga, (nem körkeresztmetszetű tengelyek megmunkálásához)
- horizontál eszterga (vízszintes fúró-marómű) - bonyolult alakú, nagyméretű munkadarabok egyfelfogásban történő megmunkálására alkalmas.

5.8. ábra - Hátraeszterga (Forrás: [3])

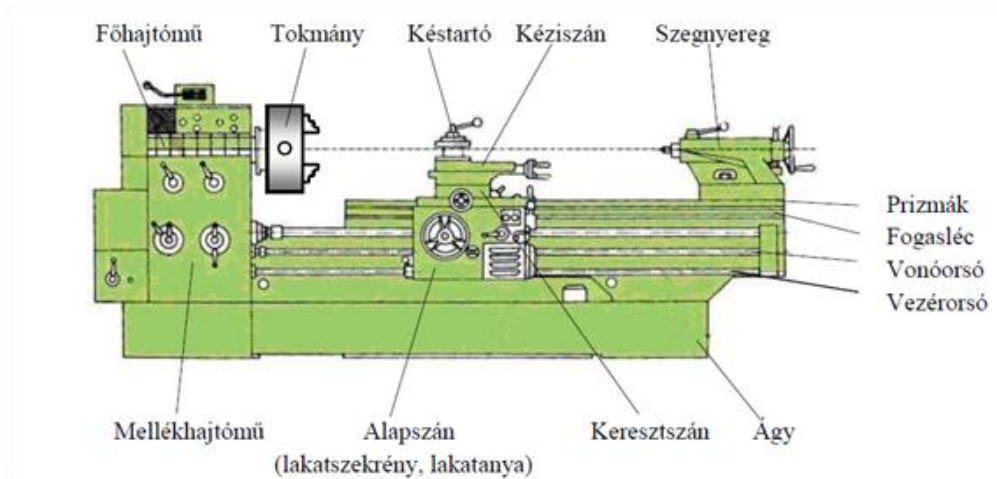


5.9. ábra - Horizontál eszterga (Forrás: [3])



Az egyetemes eszterga felépítése, működése

5.10. ábra - Az egyetemes eszterga felépítése (Forrás: [3])



Az ágyban elhelyezett motor ékszíjhajtáson keresztül hajtja a főhajtóművet, amellyel a főorsó fordulatszáma állíthatjuk be.

Az egyenesvonalú mellékmozgásokat (előtolás, fogásmélység, hozzáállás) az oldalt elhelyezett mellékhajtóműről a vonóorsóval és a vezérorsóval működtetett hossz-szán (vagy alapszán) és kereszt-szán végzi. Ha a szánok és a mellékhajtómű kapcsolatát megszüntetjük, kézi mellékmozgásokkal is esztergálhatunk. A késtartó szán (kéziszán) csak kézzel mozgatható.

Az egyetemes eszterga mellékhajtóműve kötött hajtású, csak diszkrét áttételek melletti hajtás állítható be vele.

A hossz-szán mozgása kétféleképpen tudjuk beállítani. Amennyiben olyan előtoló mozgásra van szükségünk, amelynél nincs kötött összefüggés a főorsó fordulat és az előtoló sebesség között, akkor a vonóorsót és a fogaslécen legördülő fogaskereket kapcsoljuk össze, ha pedig menetet akarunk esztergálni (ilyenkor az esztergakésnek többször is ugyanazon a pályán mozogva kell kialakítania a munkadarabon a menet spirális hornyát), akkor a vezérorsó és a hossz-szán között létesítünk kötött kapcsolatot úgy, hogy a lakatanyát zárjuk. A szánba épített kapcsolószerkezet egyszerre csak az egyik mozgásfajta beállítását teszi lehetővé. Az előtolás (ill. a menetemelkedés) értékét a mellékhajtómű fokozatainak beállításával lehet kiválasztani.

A munkadarabot a főorsón elhelyezett befogószerkezetbe (pl. tokmány), az esztergakést a késtartóba fogjuk be.

A szegnyereg a hosszabb darabok tengelyirányú megtámasztásában és a tengelyirányú furatok elkészítésében játszik szerepet.

Az egyetemes eszterga fő részei

- **Ágyazat:** a gép összes rögzített és mozgó egységét hordozza, tartja, és felveszi a forgácsoló erőt. Merev, bordázott, szekrényes kialakítású. Anyaga nagyszilárdságú öntöttvas (Öv 25), amely jó rezgéscsillapító tulajdonságú. Egyszerűbb és olcsóbb kivitel esetén hegesztet lemezszerkezet is lehet.
- **Orsószekrény:** merev, rezgésmentes hajtóműszekrény. Benne helyezkedik el a főorsó és a főorsó fordulatait biztosító főhajtómű.
- **Főhajtómű:** a forgácsoló főmozgást hozza létre, a főorsó különböző fordulatait állítja elő. Általában több fokozatú (8, 12, 16, 18), rendszerint csúszófogaskerekes kialakítású. A fordulatszám tartománya: 20...3000 l/min.
- **Főorsó:** feladata a főmozgás megvalósítása és átvitele a munkadarabra. A munkadarab megfogó (pl. tokmány), illetve a munkadarab felfogását és egyenletes futását biztosítja. Kivitelét tekintve furatos csőtengely, elől általában belső Morse-kúppal. Az orsóvég a befogóeszközt tartja. Anyaga nagyszilárdságú kemény, kopásálló nemesített króm-nikkel acél, köszörült felülettel.
- **Tokmány:** a munkadarab befogását (központosítását és szorítását) végzi. Általában három, vagy négy pofás.
- **Vezetőlécek (prizmák):** a szánok pontos vezetését végzik. Alakjuk szerint: lapos, prizmás, vagy fecskefark vezetékek lehetnek. Anyaguk kemény, kopásálló acél, edzett, köszörült, vagy hántolt felülettel.
- **Mellék hajtómű:** a mellékmozgásokat állítja elő, a szánszerkezet gépi mozgatását végzi a vonóorsó, vagy a vezérorsó segítségével. Kötétt hajtású, sokfokozatú hajtómű.
- **Vonóorsó:** sima hengeres orsó, hosszirányú ékhoronnyal, vagy hatszögletű rúd, (ebben az esetben ékhorony nélkül). A hossz-szán a gépi előtolás mozgásátvivő eleme.
- **Vezérorsó:** lapos, vagy trapézmenetű, edzett és köszörült menetes orsó, rendkívül pontos emelkedéssel. Menetesztergáláskor a lakatánya segítségével a vezérorsó mozgatja a hossz-szánt a menetemelkedésnek megfelelő előtolással.
- **Szánszerkezet:** feladata az esztergakés elmozdulásának biztosítása a megmunkálás követelményei szerint.
 - **alapszán, vagy hossz-szán:** a prizmán hosszirányú mozgást végez. Kézi és gépi előtolással is mozgatható. Gépi előtolása a mellék hajtóműről történik a vonóorsó - fogaskerekek - fogasléc segítségével.

Menetesztergáláskor a vonóorsó helyett a vezérorsó - lakatánya hajtás biztosítja a főorsó mozgással szinkronizált előtolást.

 - **keresztzán:** keresztirányú mozgást végez, kézi és gépi előtolással mozgatható, menetes orsó segítségével. Vezetése fecskefark megvezetés.
 - **kézi-, vagy késtartószán:** a keresztzánra felszerelt szán, csak kézzel mozgatható, menetes orsóval. Szögben elfordítható, rövidebb kúpfelületek esztergálására alkalmas.
- **Négykéses késtartó:** a kéziszánon helyezkedik el, egyszerre négy kés befogására alkalmas. Gyors szerszámváltást tesz lehetővé.
- **Szegnyereg:** feladata a munkadarabok kitámasztása, és szerszámok (pl. csigafűrő, dörzsár) befogása. A prizmán hosszirányban eltolható, azokon bárhol rögzíthető. Hosszú munkadarabok kúpos megmunkálásához keresztirányban is állítható (kb. 15 mm). Csúszóhüvelye első Morse-kúpos.

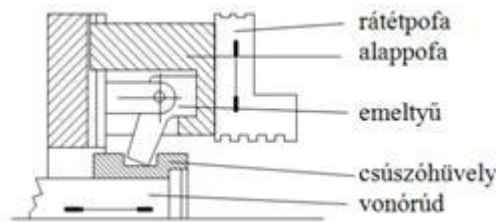
Munkadarab befogók

A munkadarabok befogásának módját elsősorban a munkadarab alakja és a gyártási dokumentumokban előírt pontossági követelményei határozzák meg. A munkadarab befogásához többféle befogóeszköz is rendelkezésre áll.

- **Tokmányok:** a legáltalánosabban használt munkadarab befogó készülékek. A munkadarabokat kívülről vagy belülről hengeres felületen sugárirányban mozgatható elemekkel, pofákkal rögzítik. A tokmányok két-, három-, négy-, vagy ötpofás kialakításúak is lehetnek. Szerkezeti felépítésük szerint spirálmenetesek,

vonólécesek vagy emeltyűsek lehetnek. Mechanikusan, hidraulikával vagy nagynyomású levegővel is működtethetők.

5.11. ábra - Emeltyűs rendszerű tokmány (Forrás: [3])



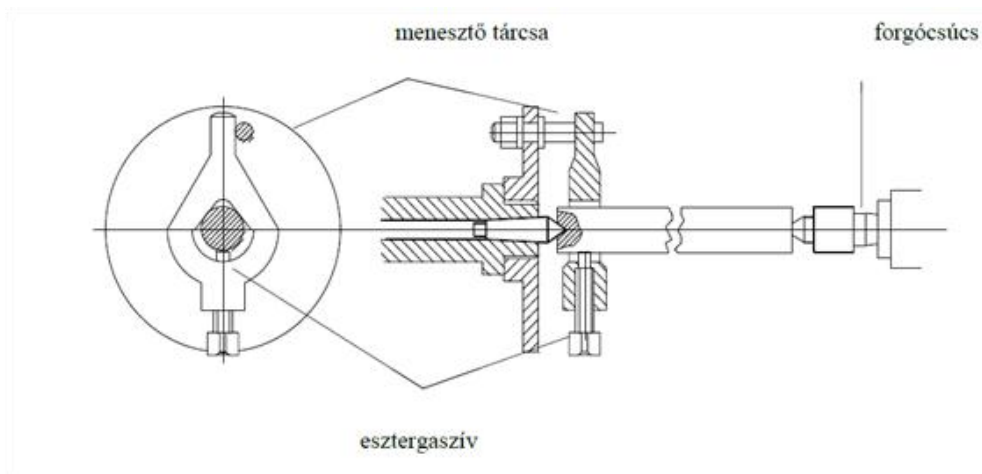
- **Csúcsok:** a legpontosabb megmunkálás csúcsok között végezhető. Akkor alkalmazunk csúcsokat esztergán történő megmunkálás esetén, ha a munkadarabra szigorú egytengelyűségi előírások vonatkoznak, vagy a hosszú munkadarabot a kihajlás veszélye miatt a szegnyereggel is meg kell támasztani, esetleg a munkadarabot a forgácsolás során többször ki - és be kell fogni. A csúcsok közötti megmunkáláshoz a munkadarab végeibe előzetesen központfuratokat kell készíteni.

A csúcsok fajtái:

- állócsúcs – A befogási helyéhez (főorsó) képest nem mozog. Elöl 60°-os kúpszögű, a befogási oldalon Morse-kúpos. A főorsóba fogjuk be.
- félcsúcs - a 60°-os kúpja kb. a tengelyvonalig kimart felületű. Oldalazásnál alkalmazható.
- gömbvégű csúcs - a 60°-os kúpja gömbben végződik. Szegnyereg elállítással végzett kúpesztergáláshoz alkalmazzuk - párosával (a főorsóba is és a szegnyeregbe is)
- forgócsúcs - 60°-os kúpja csapágyazott, a szegnyeregbe fogjuk be, a munkadarab kitámasztá-sára.

A csúcsokkal forgatónyomaték a munkadarabra nem vihető át, ezért a menesztést más eszközzel, pl. esztergaszívval kell biztosítani.

5.12. ábra - Csúcsok közötti befogás (Forrás: [3])



- Palástmenesztők: a hajtás a munkadarabot szorító három darab excenterpofával valósul meg. Főleg sorozatgyártásban alkalmazzuk a gyors munkadarab csere érdekében.
- Homlokmenesztők: a munkadarabot csúccsal központosítjuk, a darab menesztését a homlokfelületén lévő körmök segítségével lehet megoldani úgy, hogy a homlokmenesztő körmei a munkadarab homloklapjába mélyednek.

- Szorítóhüvelyek (patronok): rugalmas deformációjuk alapján szorítanak. Csak szűk mérettartományon belül képesek szorítani, ezért használatukra főleg húzott rúdból történő megmunkáláskor van lehetőség.
- Esztergatüskék: furatos munkadarabok felfogására alkalmasak. A darabok furatának tűrése: H7

Fajtái:

- kúpos tüske,
- hasított repülőtüske,
- expanziós hüvelyű tüske
- Siktárcsa: nagy átmérőjű és bonyolult alakú munkadarabok felfogását teszi lehetővé. Négy, egymástól függetlenül mozgatható szorítópfője van. Mivel a munkadarabok ilyenkor általában nem a középpontban helyezkednek el, ezért ellensúllyal ki kell egyensúlyozni az egyenlőtlen tömegeloszlást. Alkalmazásakor különösen kell figyelni a siktárcsára megengedett maximális fordulatszám betartására!
- Bábok: karcsú munkadarabok ($l > 12d$) esztergálásánál a forgácsoló erő miatt bekövetkező kihajlás elleni megtámasztására kell alkalmazni.

Két fajtája van:

- állóbáb: három db állítható szorítópfővel rendelkezik, a gépágyra rögzíthető. Oda kell elhelyezni, ahol a darab kihajlása várhatóan a legnagyobb lesz (általában középre)
- futóbáb: a szárra kell felfogni, a késsel együtt mozog hosszirányban. Két darab állítható befogópfője van (ezek egyensúlyozzák ki a forgácsoló erő hatását), a harmadik pfőt az esztergakés helyettesíti.

Szerszámbefogók

- Négykéses késtartó: az egytetemes esztergán a leggyakrabban alkalmazott késbefogó készülék. Egyszerre négy kés fogható be, a kések csavarokkal szorítva rögzíthetők. A késtartó központi csavarjának lazítása után elforgatható, így állítható munkahelyzetbe a kiválasztott kés.
- Betétes, vagy olasz késtartó: alkalmazása főleg olyan nagyobb sorozatú célszerű, amikor a munkadarab elkészítéséhez nem elég a négy kés. Az olasz késtartóban tetszőleges számú kést gyorsan és pontosan lehet cserélni. A késtartóba egyszerre csak egy szerszámot lehet befogni, de a késtartóhoz több betét-tartó alkalmazható, amelyek cseréje gyorsan elvégezhető. A késeket ezekbe a betétekbe kell előzőleg pontosan befogni, a kések cseréje a betétek cseréjével történik.
- Hengeres, vagy kúpos szárú szerszámok a szegnyereg hüvelyébe foghatók be. A hengeres szárúak fűrőtokmányba, a kúpos szárúak közvetlenül a Morse kúpos hüvelybe, vagy csökkentőhüvely segítségével.

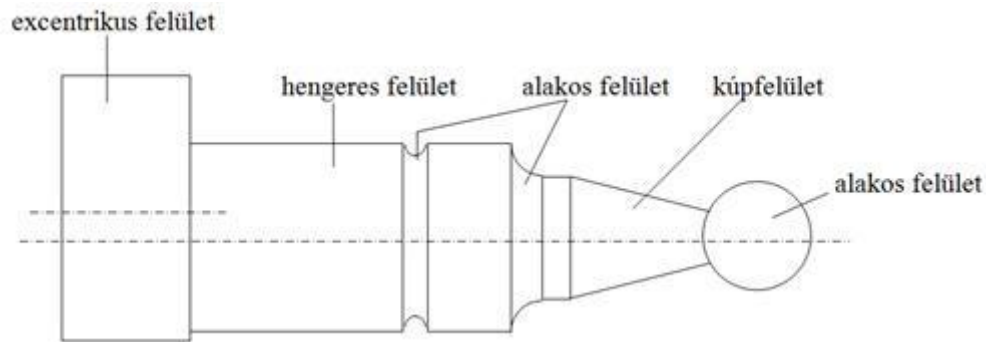
Egytetemes esztergán végezhető műveletek

Az esztergálásnál a főmozgást rendszerint a munkadarab végzi, az egyenesvonalú mellékmozgásokat pedig a szerszám hajtja végre.

A kést mozgó száron mozgásainak megfelelően külső vagy belső hengeres, sík, kúpos és alakos felületek esztergálhatók, továbbá különböző profilú menetek is készíthetők.

Az esztergán készíthető jellegzetes felületeket az 5.13. ábra mutatja:

5.13. ábra - Az esztergálás jellegzetes felületei (Forrás: [3])

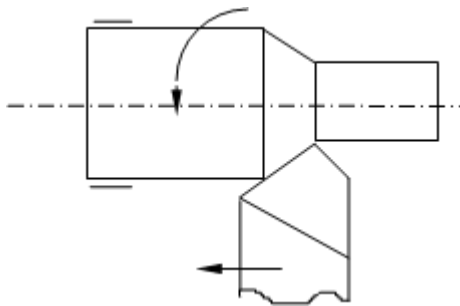


Egyszerűbb esztergálási műveletek

- **Hosszesztergálás:** olyan esztergálás (5.14. ábra), amely hengeres felületet hoz létre. Az előtolás ilyenkor a munkadarab tengelyével párhuzamos irányú. A hosszesztergálás rendszerint nagyoló és simító fogásokból áll.

A nagyolásnak az a célja, hogy a legrövidebb idő alatt a lehető legnagyobb mennyiségű forgácsot távolítsuk el a munkadarabról. Nagy fogásmélységet és nagy előtoló sebességet alkalmazunk. A nagyolókések merevek, anyaguk gyorsacél, vagy keményfém, a nagy forgácsleválasztási hőteljesítmény miatt fontos a hűtésük.

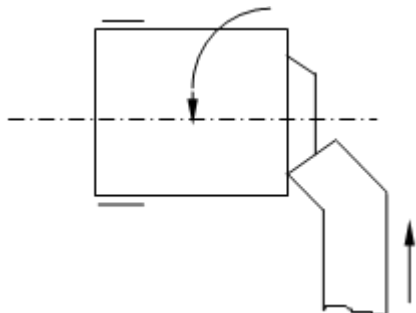
5.14. ábra - Hosszesztergálás (Forrás: [3])



A simítás célja a pontos és finom felületű munkadarab elkészítése. Simításhoz nagy forgácsolási sebességet, kis előtolást és kis fogásmélységet alkalmazunk. A simítókések mindig rádiuszos kialakítású ($R > 2,5 f$)

- **Lépcsős esztergálás:** olyan hosszesztergálás, amelynél különböző hosszakon, különböző átmérőkön végezzük a megmunkálást.
- **Síkeshozzás (oldalazás):** olyan esztergálás (5.15. ábra), amelynél a munkadarab forgástengelyére merőleges irányú előtolással végezzük a forgácsolást. A darabnak ilyenkor a homlokfelületét esztergáljuk.

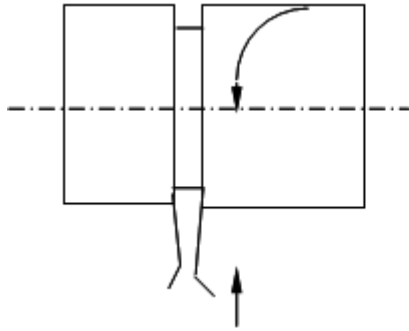
5.15. ábra - Oldalazás (Forrás: [3])



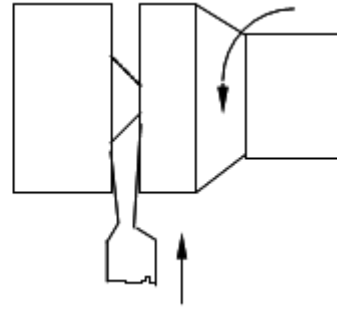
Általában ez az első esztergálási művelet, amelynek során a munkadarabot előbb az egyik végén, majd ha kell, a másik végén is pontosan síkra esztergáljuk úgy, hogy elérjük az előírt hossz méretet.

Ha a munkadarabot esztergálás közben csúccsal kell támasztani, akkor oldalazás után központfuratot kell készíteni a munkadarab homlokfelületébe.

- **Beszúrás:** a cél ilyenkor a munkadarab palástfelületén körbefutó horony esztergálása (5.16. ábra). A horony egyenes, vagy rádiuszos lehet. A kést a horony alakjának megfelelően kell kialakítani. Az előtolás beszúrásakor keresztirányú.



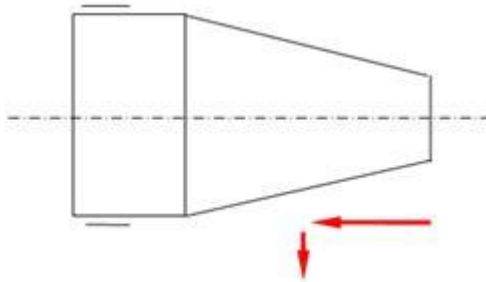
beszúrás (Forrás: [3])



leszúrás (Forrás: [3])

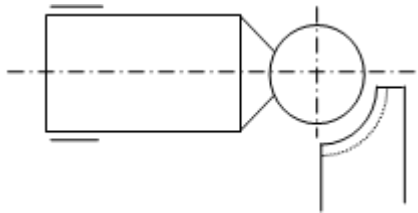
- **Leszúrás:** forgácsolással végzett darabolás (5.17. ábra). Hosszú rúdból történő gyártás esetén az elkészített munkadarabot a megfelelő hosszúságra leszúrjuk a rúdról. A leszúrás a munkadarab esztergálásának utolsó művelete.
- **Kúpesztergálás:** a kés mindkét tengely irányában végez egyidejű előtoló mozgást (5.18. ábra).

5.16. ábra - Kúpesztergálás (Forrás: [3])



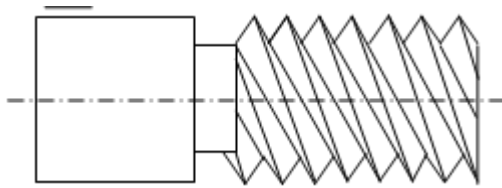
- **Alakesztergálás:** különböző alakos felületek készíthetők alakos késekkel, vagy másolással (5.19. ábra)

5.17. ábra - Alakesztergálás (Forrás: [3])



- **Menetkészítés:** az egytetemes esztergán menetet menetmetszővel, menetfúróval, fésűs menetkessel és menetesztorgálással készíthetünk. (5.20. ábra)

5.18. ábra - Menetesztorgálás (Forrás: [3])



A menetesztorgálaskor a menetet egy speciális alakú (menetprofilú) kés segítségével lépésenként (fogásonként) készítjük el. Az előtolás tengelyirányú, és fordulatonkénti értéke a vágandó menet menetemelkedésével egyezik meg. A menetet több nagyoló, és néhány simító fogással munkáljuk meg. Késsel végzett menetesztorgálaskor az előtolást a vezérorsó biztosítja, így oldható meg a kés ciklusonkénti pozicionálása.

- Menetes orsót nemcsak esztergakéssel, hanem menetmetszővel is készíthetünk az egytetemes esztergán.

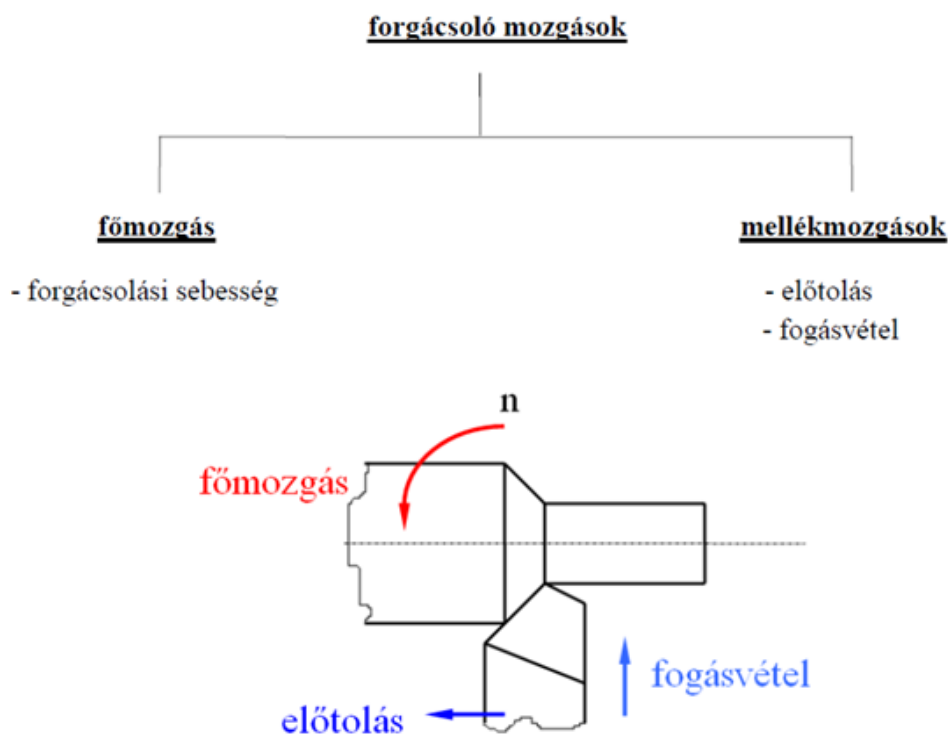
- Anyamenetes munkadarabokat menetfűrővel, vagy menetesztergálással lehet készíteni.
- **Recézés (rovátkolás):** bár a recézés nem tartozik a forgácsoló műveletek közé, de a különböző kézi eszközök nyeleinek, fogantyúinak szorításra alkalmas kialakítású recézése esztergán történik. Szerszáma a recéző (rovátkoló) görgő.
- **Fúrás, dörzsárazás:** tengelyirányú furatmegmunkálás szintén végezhető esztergán. A csigafűrőt (vagy dörzsárat) a szegnyeregbe kell befogni, és a szerszám előtoló mozgását a szegnyereg kézikerekének forgatásával lehet biztosítani.

Forgácsoló mozgások

A forgács leválasztásához a munkadarab és a szerszám közti relatív mozgásokra és erőkre van szükség.

A forgácsolás jellegzetes mozgásai (5.21. ábra).

5.19. ábra - Forgácsoló mozgások esztergálásnál (Forrás: [3])



Főmozgás : a forgácsoláshoz szükséges relatív mozgásösszetevőt (főmozgás) és a forgácsoló erő létrehozásához szükséges forgatónyomatékokat biztosítja. Általában a szerszám vágóélére merőleges elmozdulás. A főmozgás esztergálás esetén forgó mozgás és a munkadarab végzi.

A főmozgást végző munkadarabnak a kés kiválasztott pontjával éppen érintkező pontjának kerületi sebességét a forgácsoló megmunkálás vágósebességének (forgácsolási sebességnek) nevezzük.

A forgácsolási sebesség azt fejezi ki, hogy 1 perc alatt hány méter forgácsot választ le a szerszám a munkadarabról.

Jele: v

Számítása: $v = d \cdot \pi \cdot n$ (m/min), ahol „ d ” - méterben, „ n ” - 1/min-ben adott.

A szerszámgépen azonban általában nem a forgácsolási sebességet, hanem a főorsó fordulatszámot lehet beállítani. A technológiai megfontolások alapján kiválasztott forgácsolási sebességet át kell számítani a főorsó fordulatszámára. A beállítandó fordulatszám esztergán a:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi} \left[\frac{1}{\text{min}} \right] \text{ vagy}$$

$$n = \frac{v}{d \cdot \pi} \left[\frac{1}{\text{s}} \right]$$

képlettel lehet kiszámítani.

Az alkalmazandó forgácsolási sebességet befolyásolja:

- a munkadarab anyaga,- a szerszám anyaga,
- a szerszám élkialakítása,
- a forgácskeresztmetszet nagysága,
- a szerszám befogása,
- a hűtés,
- a gép, szerszám, munkadarab rezgése

Mellékmozgások: az esztergálás mellékmozgásai az

- előtolás és a
- fogásvétel.

Esztergálásnál a mellékmozgásokat a szerszám végzi a szánrendszer mozgási lehetőségeit alkalmazva.

A mellékmozgás folyamatos, vagy szakaszos lehet.

Előtolás : a szerszámot az eltávolítandó anyag irányában mozgatja.

Esztergálásnál (de általában a forgó főmozgású megmunkálások esetében) az előtolás folyamatos mozgás.

Az előtolás azt fejezi ki, hogy egy körülfordulás alatt, vagy 1 perc alatt hány mm-t mozdul el a szerszám az előtolási irányban.

Jele: f

Mértékegysége: Mértékegysége: mm/ford - fordulatonkénti előtolás, vagy
mm/min - percenkénti előtolás.

Fogásvétel : a szerszám behatolási mélysége a munkadarabba egy fogás esetében.

Esztergálásnál a fogáshoz tartozó két átmérő (az esztergálandó és a már esztergált) különbségének a fele:

$$a = (D - d)/2$$

Jele: a

Mértékegysége: mm

A forgácsolás jellegzetes műveletei

A megmunkálás pontossága, alakhűsége és a felületi finomság érdekében a munkadarabot nem szabad egyetlen fogással kész méretre forgácsolni, mert a felületi egyenlőtlenségek ilyenkor a darabon meglátszódnának és a mérettűrést sem lehetne betartani.

Hogy ezt elkerüljük, előbb a munkadarabot *nagyoljuk*, majd méretre *símitjuk*.

Mindkét művelethez más szerszámot és más technológiát alkalmazunk.

• Nagyolás

A nagyolás során a megmunkálási ráhagyást kevés fogásszámmal úgy munkáljuk le, hogy a munkadarab felületén 1...3 mm ráhagyás még maradjon a simítás számára. Nagyoláshoz nagy előtolást és nagy fogásmélységet választunk, hogy a megengedett legnagyobb termelékenységgel (forgácsleválasztási sebességgel; cm^3/min) dolgozzunk.

A nagyoláshoz nagy szárkeresztmetszetű merev kést kell használni. A kés elhelyezési szögét kicsire kell választani. Ha az elhelyezési szög kicsi, akkor a forgácsolóerő a fővágóél hosszabb szakaszán oszlik meg, így a kés élettartama nagyobb lesz.

90°-os elhelyezési szögű kést nagyoláshoz csak olyankor használunk, ha a munkadarab nem elég merev, illetve a kihajlásával kell számolnunk.

A nagyolás általános technológiai adatai:

- fogásmélység: 3...5 mm (esztergálásnál),
- előtolás: $f > 0,3 \text{ mm/ford}$,
- a forgácsolási sebességet a munkadarab-szerszám anyagpártól függően választjuk meg,

A nagyolás pontossága: IT 11...13, felületi érdessége: $R_a > 12,5 \text{ } \mu\text{m}$.

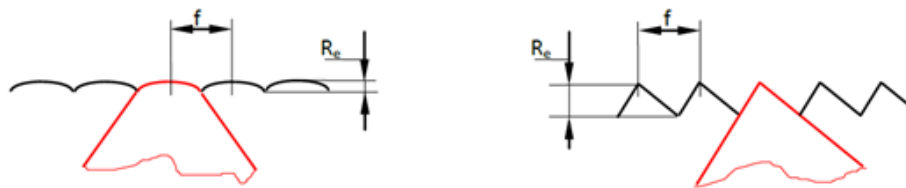
• Simítás

A simítás a nagyolást követő olyan forgácsoló művelet, amelynek során a munkadarab rajz szerinti pontos méretét és felületi jellemzőit állítjuk be. A simítást nagy fordulatszámon, kis előtolással és kis fogásmélységgel végezzük.

A pontos méret és finom felület elérésének a megfelelően élezett esztergakés az alapja.

Simításhoz hegyes, vagy széles simítókést használunk. (5.22. ábra) A hegyes simítókés csúcsát a felületi simaság növelése érdekében le kell kerekíteni. A lekerekítés sugara az előtolás 2...2,5-szerese kell hogy legyen. A simítókést minden élezés után át kell fenni, hogy minél élesebb legyen és a köszörülési nyomok ne másolódjanak át a darabra.

5.20. ábra - A felületi érdesség és a csúcscsugár összefüggése (Forrás: [3])



A simítás technológiai adatai:

- fogásmélység: 0,5...3 mm (esztergálásnál),
- előtolás: $f < 0,3 \text{ mm/ford}$,
- a forgácsolási sebesség: $v > 70 \text{ m/min}$ (acél munkadarab – gyorsacél szerszám)

A simítás pontossága: IT 8...10, felületi érdessége: $R_a = 1,6...12,5 \text{ } \mu\text{m}$.

Megmunkálás egyetemes esztergán

Központfúrás

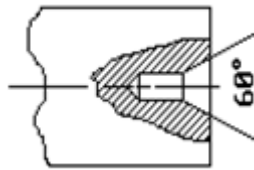
A központfúrás célja: a hosszabb munkadarabok tengelyirányú megtámasztásához, vagy a csúcsok közötti megmunkáláshoz szükséges csúcsfuratok készítése.

A csúcsfészkek alakját és nagyságát a munkadarab átmérőjének figyelembe vételével szabvány (MSZ 3999) írja elő. A szabvány meghatározza a csúcsfurat és a kúpos furat átmérőjét és hosszát.

A központfuratok fajtái:

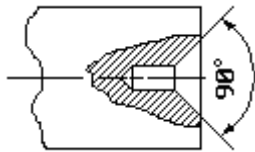
a. **60°-os csúcsfurat:** általában kisebb daraboknál alkalmazzuk. (5.23. ábra) Pontos megvezetést biztosít.

5.21. ábra - Csúcsfurat (Forrás: Szabványos megjelölése pl: A2 MSZ 3999 (a hengeres furat átmérője: 2 mm)
[3])



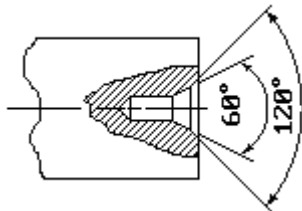
b. **90°-os csúcsfurat:** nehéz munkadarabok megmunkálásánál kell alkalmazni, a nagyobb kúpszögű csúcs erősebb. A 90°-os kúp rádszos kialakítású (5.24. ábra)

5.22. ábra - 90°-os csúcsfurat Szabványos megjelölése pl.: R2 MSZ 3999
(Forrás: [3])



c. **Védőkúpos csúcsfurat:** a 60°-os csúcsfészket egy 120°-os védőkúp védi. (5.25. ábra) Különösen nehéz daraboknál alkalmazzuk a központfurat sérülésének elkerülése miatt.

5.23. ábra - Védőkúpos csúcsfurat Szabványos megjelölése pl.: B2 MSZ 3999
(Forrás: [3])

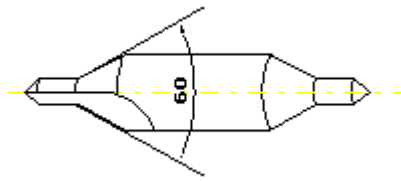


A központfuratok készíthetők:

- univerzális eszközökkel: csigafúróval és csúcssüllyesztővel - különleges központfuratnál,
- szabványos központfúróval - általában ezt alkalmazzuk (5.26. ábra)

5.24. ábra - Központfúró (Forrás: A központfúró egy kombinált szerszám, egy szerszámban van kombinálva a csigafúró és a csúcssüllyesztő
)

[3])



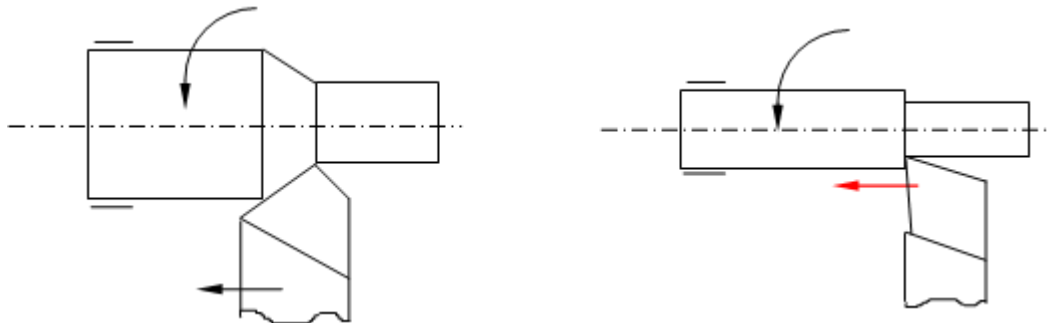
A központfúrás előtt a munkadarabot fel kell oldalazni, hogy a darab esetleges egyenetlenségei a központfúrót a tengelyből ki ne térítsék.

A központfúrás műveletének végrehajtása: (1) a gépet a központfúró átmérőjének megfelelő fordulatra kell kapcsolni. (2) A szegnyeregbe befogott központfúrót kézi előtolással előre kell tolni a szükséges mélység eléréséig, miközben bőségesen olajozni kell a furatot.

Hosszesztergálás

Hengeres felületet hoz létre. Az előtolás a munkadarab tengelyével párhuzamos. A hosszesztergálás rendszerint nagyolásból és simításból áll.

5.25. ábra - Hosszesztergálás (Forrás: [3])



A nagyolás célja, hogy a munkadarabról a legrövidebb idő alatt a legnagyobb mennyiségű forgácsot távolítsuk el.

A kés nagyoláshoz kis elhelyezési szögű (nagyobb élhossz) és nagy szárkeresztmetszetű legyen.

90°-os elhelyezési szögű kést csak akkor használunk, ha a munkadarab nem elég merev, illetve a kihajlásával kell számolnunk. (5.27. ábra)

A simítás célja a pontos és finom felületű munkadarab elkészítése. Simításhoz nagy forgácsolási sebességet, kis előtolást és kis fogásmélységet alkalmazunk.

A simítókés mindig rádiuszos kialakítású ($R > 2,5 f$)

Rövid hengeres felületek ($l/d \leq 6$) esztergálása

A rövid munkadarabokra általában a nagy merevség a jellemző, ezért rendszerint tokmányba fogva, oldalélű késsel nagyolunk. A hosszesztergálás megkezdése előtt a munkadarab homlokfelületét tisztára oldalazzuk.

A következő lépésként próbafogást veszünk a hosszesztergáláshoz és a gépi előtolást bekapcsolva nagyoljuk a felületet.

A gépi előtolást a tokmánypofák előtt kb 1-2 mm-re kikapcsoljuk, kiinduló helyzetbe visszük vissza a kést, az átmérőt tolómérővel ellenőrizzük, ezután mindaddig ismételjük a nagyoló fogásokat, amíg el nem érjük a simítási ráhagyás méretét.

A munkadarabot átfordítva rögzítjük, hogy a már megmunkált felület kb. 5 mm-rel álljon ki a tokmánypofákból.

Oldalélű késsel méretre oldalazzuk, majd az előző beállításnak megfelelő késállással végignyagyoljuk a munkadarab másik felét is.

Ezután szükség szerint kést cserélünk, majd újabb próbafogással kész méretre állunk és most már simító előtolással a felületet újból ugyancsak a tokmánpofák közeléig esztergáljuk.

A méretellenőrzés után ismét megfordítjuk a munkadarabot, majd mérőórával központosítva az előző késállással ezt a felületet is méretre simítjuk.

Ha a munkadarabot mindkét végéről indulva oldalélű késsel esztergáljuk, akkor a találkozási helyen kb. 0,2-0,3 mm vastag gyűrű keletkezik, ami hibát és balesetet okozhat. Ennek elkerülésére a gyűrű megjelenése után a gépet állítsuk le, és a gyűrűt távolítsuk el a munkadarabról.

Lépcsős esztergálás: olyan hosszesztergálás, amit különböző hosszakon, különböző átmérőkön végzünk a lépcsős kialakítású munkadarabon.

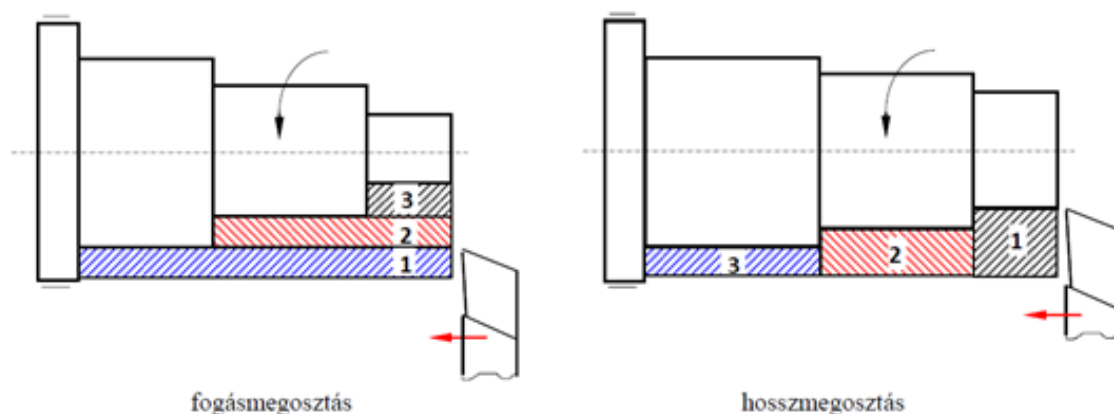
A rövidlépcsős, hengeres felületek esztergalásakor a vállfelületeket – ha a lépcsők átmérőkülönbségei nem nagyok – oldalélű, az átmérőhöz használt késsel alakítjuk ki.

Ilyen esetben a vállfelület elérésekor néhány (3 – 5) főorsófordulatig a kést előtolás nélkül fogásban hagyjuk, hogy sima vállfelületet kapjunk.

A lépcsős felületek esztergalását végezhetjük (5.28. ábra)

fogásmegosztással – nagyobb átmérőkülönbségeknél, vagy **hosszmegosztással** – kisebb átmérőkülönbségeknél.

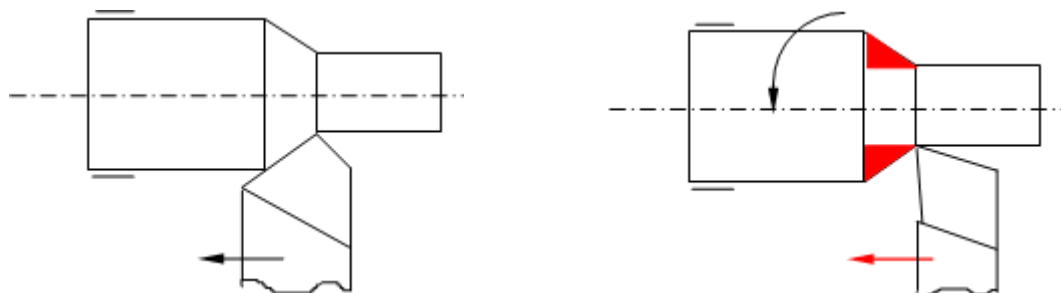
5.26. ábra - Lépcsős esztergálás (Forrás: [3])



Nagyobb (6 – 8 mm-en felüli) lépcsők esetében a hengeres felületeket 45°-os elhelyezési szögű egyenes, vagy hajlított esztergakéssel egy vagy több fogással nagyoljuk le.

A vállaknál visszamaradó anyagot oldalélű esztergakéssel, kb. 1 mm-es simítási ráhagyással ugyancsak több fogásban nagyoljuk le. (5.29. ábra)

Simításkor a váll és a hengeres felület találkozását a kés csúcsára köszörült meghatározott rádiusszal készítjük el.



Lépcsős tengelyszakasz esztergalása (Forrás: [3])

Hosszú, merev munkadarabok ($6 < l/d < 12$) hengeres és lépcsős felületeinek esztergálása

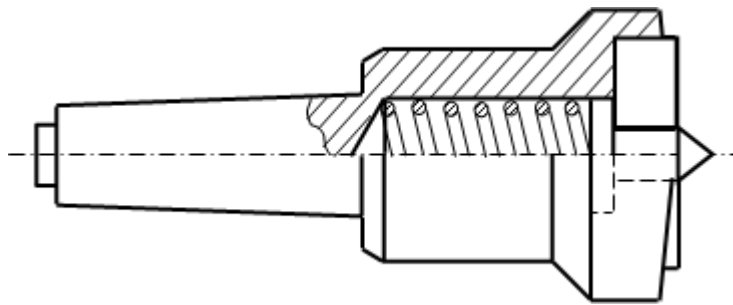
A hosszú, merev munkadarabok a hosszuk miatt csak csúccsal megtámasztva, vagy két csúc között munkálhatók meg. Megmunkálásuk a homlokfelületek oldalazásával és központfűrésével kezdődik.

A szerszámok és a technológiai adatok megegyeznek a rövid hengeres és lépcsős munkadarabok esztergálásánál alkalmazott szerszámokkal és technológiai adatokkal.

Két csúc között befogott munkadarab ütközőkre való hosszesztergálása esetén a központfuratok mélységét a vállak mérettűrésétől függően nagy pontossággal ütköztetett központfurattal kell elkészíteni, mivel a vállak (lépcsők) ütközőhöz viszonyított helyzete ettől függ.

A központfuratok hosszirányú egyenlőtlen mélysége miatti nehézségek elkerülhetők, ha a munkadarabot kitérőcsúccsal (homlokmenesztővel) támasztjuk meg. (5.30. ábra) Ebben az esetben ui. a munkadarab végfelülete a központ-furat mélységétől függetlenül a kitérőcsúcs homlokfelületére támaszkodik.

5.27. ábra - Homlokmenesztő (Forrás: [3])



Karcsú munkadarabok ($l/d > 12$) hengeres és lépcsős felületeinek esztergálása

A karcsú munkadarabok esztergálását előretolt élű, vagy oldalélű esztergakéssel kell végezni.

A munkadarabok kis merevségűek, ezért – a darab kihajlásának elkerülése miatt – a megmunkáláshoz bábokat kell alkalmazni.

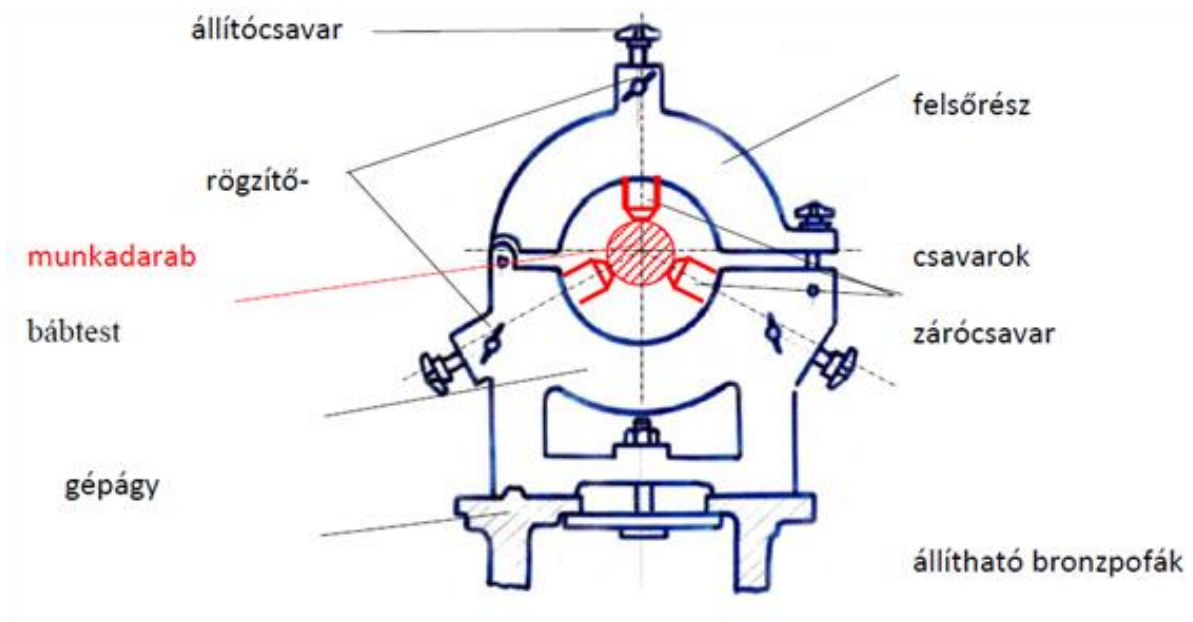
A bábok fajtái:

1. **Állóbáb:** három db állítható szorítópozával rendelkezik, a gépágyra rögzíthető. (5.31. ábra)

Oda kell elhelyezni, ahol a darab legjobban kihajlik (általában középre).

Kialakítása:

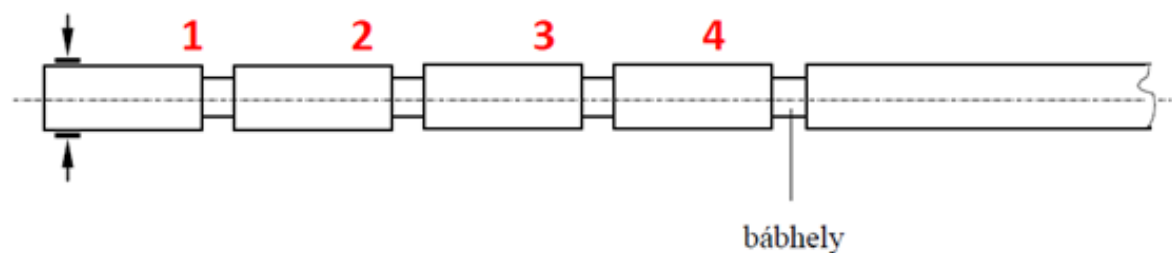
5.28. ábra - Állóbáb (Forrás: [3])



A pofák részére a munkadarabon sima hengeres nyakrészt kell esztergálni. (5.32. ábra) A bábhely kialakításához $\gamma = 90^\circ$ -os kést használunk.

Nagyon karcsú daraboknál több bábhelyet is ki kell kialakítani:

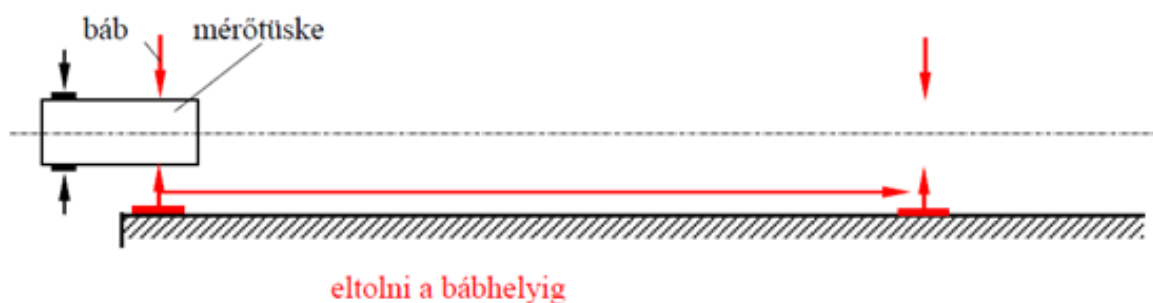
5.29. ábra - Bábhely kialakítása hosszú munkadarabon (Forrás: [3])



A báb beállítása: a három pofát érintésig a munkadarabhoz kell állítani és a pofákat rögzíteni.

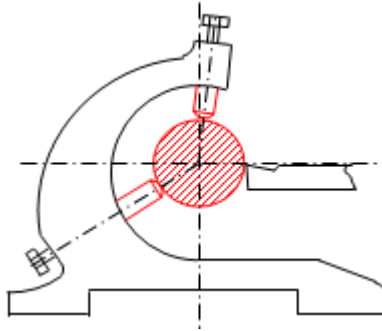
Végig azonos átmérőjű munkadarabnál a beállítás a tokmányba befogott rövid mérőtűske segítségével végezhető. (5.33. ábra)

5.30. ábra - Az állóbáb beállítása (Forrás: [3])



2. **Futóbáb:** végig állandó átmérőjű munkadarabok esztergálásakor alkalmazható, a futóbábot a szánra kell felfogni, megmunkálás közben a késsel együtt mozog hosszirányban.

5.31. ábra - Futóbáb (Forrás: [3])



A futóbábnak (5.34. ábra) két darab állítható támaszpofája van, a harmadik pofát a kés helyettesíti.

A megmunkálás során a pofák és a munkadarab közé forgács nem kerülhet!

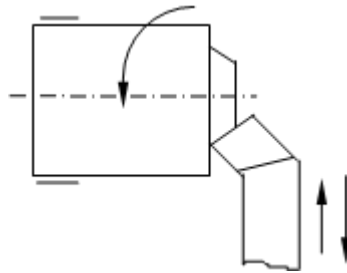
Az érintkező felületeket állandóan olajozni kell!

Figyelem! A báb nem befogóeszköz!

A főorsóban csúcs, és báb csak úgy alkalmazható, ha hátul is megtámasztottuk csúccsal a darabot!

Síkesztergálás (oldalazás): olyan esztergálás, amelynél a munkadarab forgástengelyére merőleges előtolással végezzük a forgácsolást. (5.35. ábra)

5.32. ábra - Síkesztergálás (Forrás: [3])



Oldalazásnál a forgácsolási sebesség állandóan változik a kés pillanatnyi (sugarirányú) helyzetétől függően.

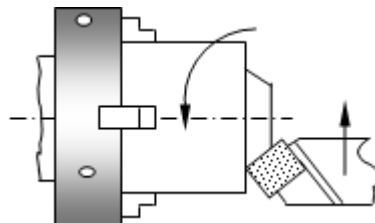
A síkesztergálás lehetséges módjai:

- előtolás kívülről a középpont felé,
- előtolás a középponttól kifelé

Síkesztergáláshoz hajlított oldalazókést célszerű használni!

Nagy átmérőjű homloklapot - a nagy késkinyúlás elkerülése miatt - a megmunkált felületre merőlegesen állított, rövidre kifogott egyenes késsel oldalazunk. (5.36. ábra)

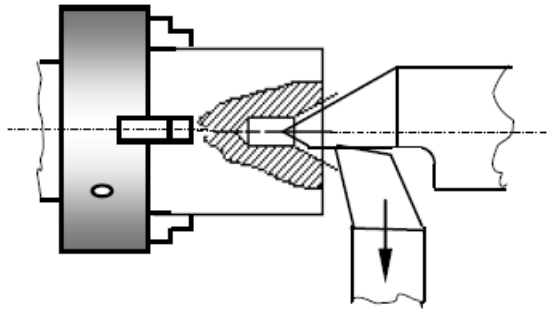
5.33. ábra - Rövidre fogott egyenes nagyolókés (Forrás: [3])



Ha a munkadarabot síkesztergálás közben csúccsal is meg kell támasztani, akkor az elsődleges oldalazás után központfuratot kell készíteni a munkadarab egyik, vagy mindkét homlokfelületébe és félcsúccsal kell megtámasztani.

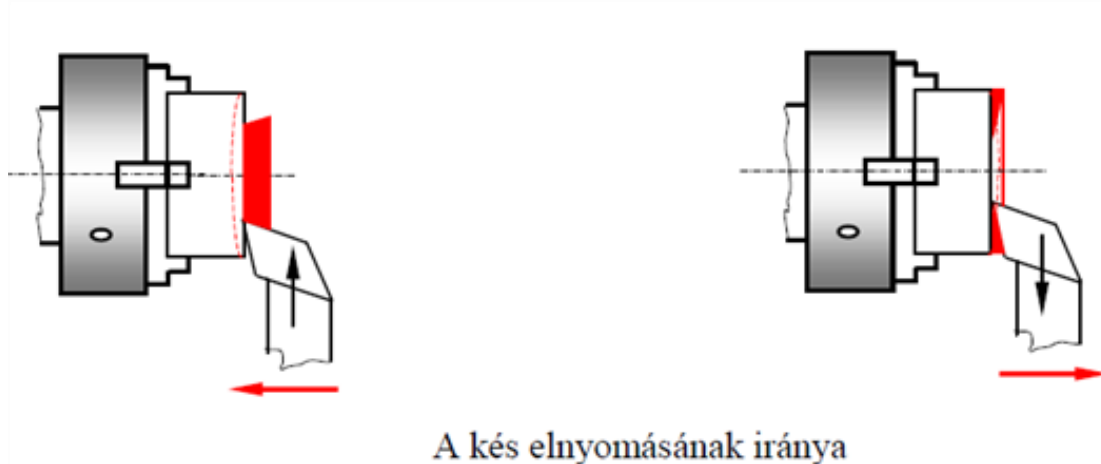
Félcúccsal kitámasztott tengelyek homlok- és vállfelületeit oldalélű esztergakéssel a középponttól kifelé irányuló előtolással nagyoljuk és simítjuk. (5.37. ábra)

5.34. ábra - Oldalazás félcúccstámasztás mellett (Forrás: [3])



Előretolt élű késsel végzett oldalazáskor a megmunkált felület homorú, vagy domború lehet az előtolás irányától függően, mert a forgácsoló erő a rugalmas kést a szerszámtengely irányából elnyomja. (5.38. ábra)

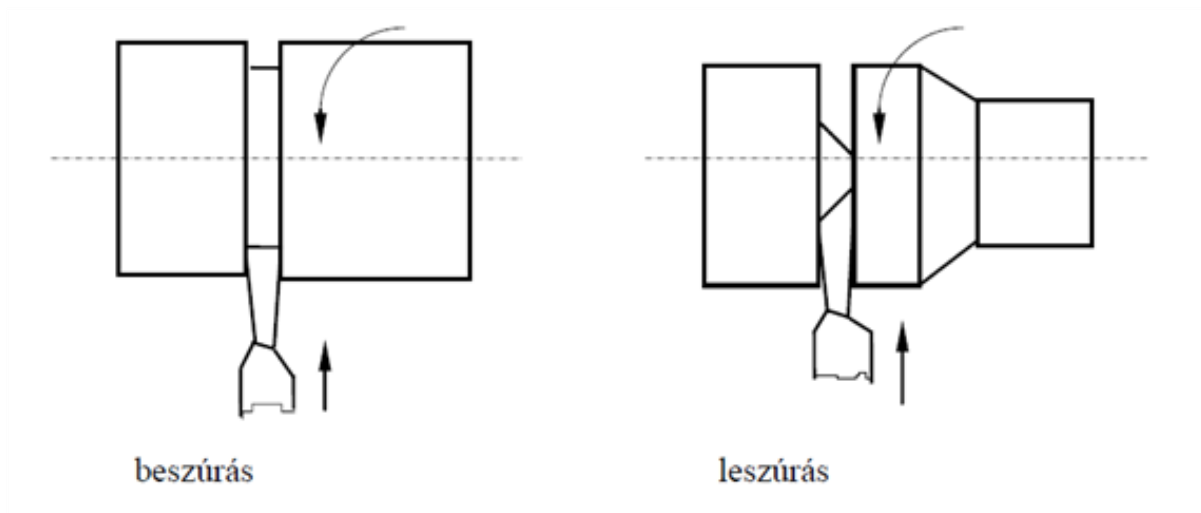
5.35. ábra - Homorú és domború felület keletkezése síkesztergálásnál (Forrás: [3])



Amennyiben a megmunkált homlokfelület valamelyik következő művelet bázisfelülete, akkor a homorú felület biztosabb, a domború felület bizonytalan felfekvést ad.

Beszúrás: a munkadarab palástfelületén körbefutó horony esztergálása. (5.39. ábra) A horony egyenes, vagy rádiuszos lehet. A kést a horony alakjának megfelelően kell köszörülni. Az előtolás keresztirányú.

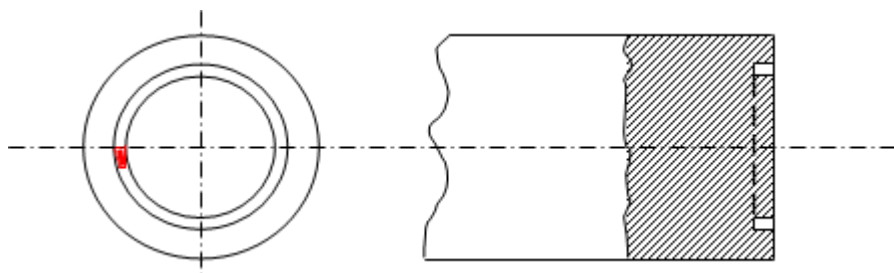
5.36. ábra - Beszúrás és leszúrás (Forrás: [3])



Leszúrás: forgácsolással végzett darabolás, vagy sorozatgyártáskor a hosszú előgyártmányból elkészített munkadarab megfelelő hosszúságra vágása (leszúrása) a rúdról. (82. ábra) A munkadarab esztergálásának utolsó művelete.

Kiszúrás: a munkadarab homlokfelületén végzett tengelyirányú horony esztergálása, vagy meghatározott átmérőjű tárcsa kiszúrása. (5.40. ábra)

5.37. ábra - Kiszúrás (Forrás: [3])

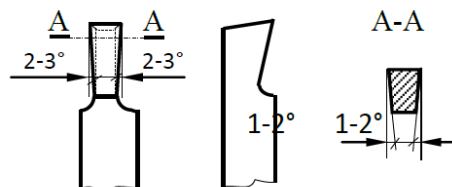


A szerszámok keskenyebb hornyokhoz szúrókések, (5.41. ábra) amelyek lehetnek egyoldalról, vagy kétoldalról vékonyítottak, szélesebb hornyokhoz a széles forgácsolókés

A szúrókések élének a kialakítása lehet:

- egyenes,
- rádiuszos,
- ferde (leszúráshoz)

5.38. ábra - Szúrókések kialakítása



A késfej mindkét oldalán - a beszorulás elkerülése miatt - 1...3°-os aláköszörülés, és 2...3°-os hátraköszörülés szükséges.

A leszúrókés főele a leeső darab felől 10°-ban hátraköszörült, hogy a leeső darabon minél kisebb leszúrási csomk maradjon. A leszúrókés szélessége a darab átmérőjétől függ.

A kések kis keresztmetszete miatt a darabot és a késeket is mereven kell befogni,

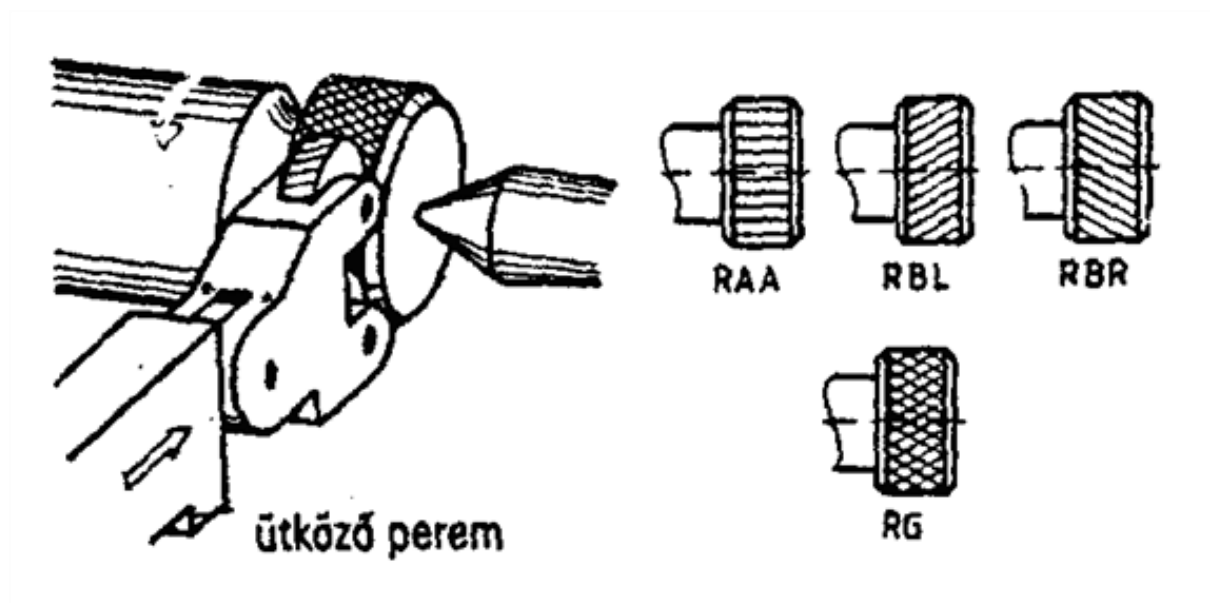
- a kést pontosan középpontba kell állítani,
- a kés élét a folyamatos forgácseltávolítás biztosítása miatt fokozottan kell hűteni,
- a forgácsolási sebességet a hosszsztergálási sebesség 1/3-ára kell csökkenteni,
- az előtolás általában kézi, folyamatos.

Rovátkolás, recézés (MSZ 957)

A rovátkolást és recézést kéziszerszámok, fogantyúk, kezelőelemek felületeinek érdesítésére, ritkán illeszkedő alkatrészek kötésére alkalmazzuk. (5.42. ábra)

A rovátkoló szerszám egy edzett, fogazott görgőből és a görgőtartó szárból áll. A görgő fogai meghatározott fogazásúak, a barázdák vízszintes helyzetűek.

5.39. ábra - Rovátkoló és recéző szerszám (Forrás: [3])



A ferde recéző önbeálló forgócsapos szerszám. Az önbeálló villás fejrészben van az egymás fölött elhelyezkedő két, ellenkező irányban rovátkolt görgő. A görgők rovátkái a vízszintes tengelyhez képest 30°-os szöget zárnak be.

A rovátkoló és ferde recéző görgőinek fogosztása szabványos, értéke a recézendő munkadarab átmérőjétől függ.

A rovátkolás és recézés nyomással történik.

Rovátkolásnál a munkadarab felületébe benyomott rovátkák párhuzamosak a munkadarab tengelyével, recézésnél a rovátkák keresztezik egymást, a tengelyhez képest 30°-os szöget zárnak be.

A rovátkolót és a recézőt a munkadarab forgástengelye alá kell beállítani.

Az aláállítás értéke:

$a = 0,8 \cdot t$ ahol t - a görgő fogosztása

Rovátkoláskor és recézéskor a munkadarab átmérője felduzzad, ezért a kész átmérőhöz képest kisebbre kell esztergálni.

Az átmérőnövekedés mértéke:

$$d_1 = d + t/2$$

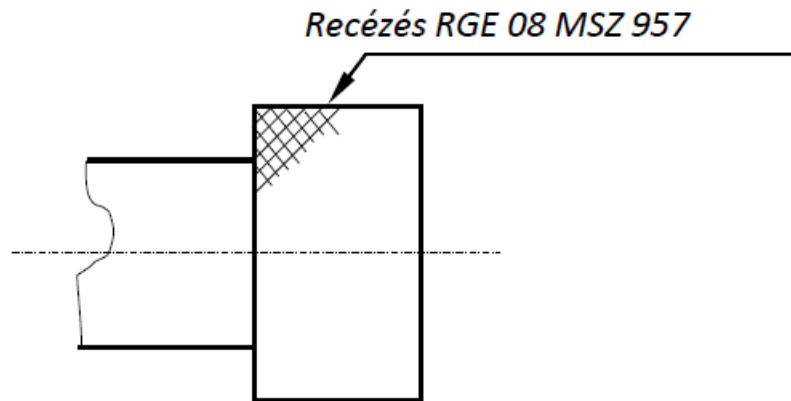
A rovátkolást és recézést alacsony fordulaton ($v_r = 8 \dots 20$ m/min) és bőséges kenéssel (olajozás) kell végezni.

Az előtolás a recéző fogosztásának a fele:

$$f_r = t/2 \text{ mm/ford}$$

A recézést szöveges kiegészítő információval adjuk meg a rajzon: (5.43. ábra)

5.40. ábra - Rovátkoló és recéző szerszám (Forrás: [3])



Az esztergakések fajtái

Az esztergakések egyéltű forgácsoló szerszámok, amelyeket több szempont szerint is csoportosíthatunk. (5.44. – 5.46. ábra)

1. Alkalmazásuk szerint:

- külső felületet megmunkáló kések,
- belső felületet megmunkáló kések, (furatkések)
- nagyoló kések,
- simító kések.

2. Alakjuk szerint:

- egyenes kések,
- hajlított kések, (jobbra, vagy balra hajlított)
- vékonyított kések, (jobbról, balról, vagy kétoldaltól vékonyított)
- könyökös kések,
- alakos kések, (92. ábra)
 - hasábos kések
 - radiális kések,
 - tangenciális kések,
 - körkések.

3. Kivitelük szerint:

- tömör kések,

- tompán hegesztett kések,
- betétes, szerelt kések. (93. ábra)
- lapkás kések, (94. ábra)

4. Szárkeresztmetszetük szerint:

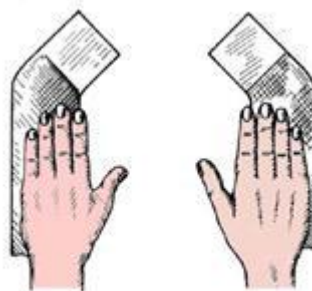
- négyzetes szárkeresztmetszetű kések,
- téglalap szárkeresztmetszetű kések,
- kör szárkeresztmetszetű kések.

5.41. ábra - Esztergakés típusok (Forrás: Esztergakés típusok [3])



Vágóél helyzete szerint:

5.42. ábra - Balos és jobbos esztergakés (Forrás: [3])



5.43. ábra - Tangenciális (hasábos) kés (Forrás: [3])



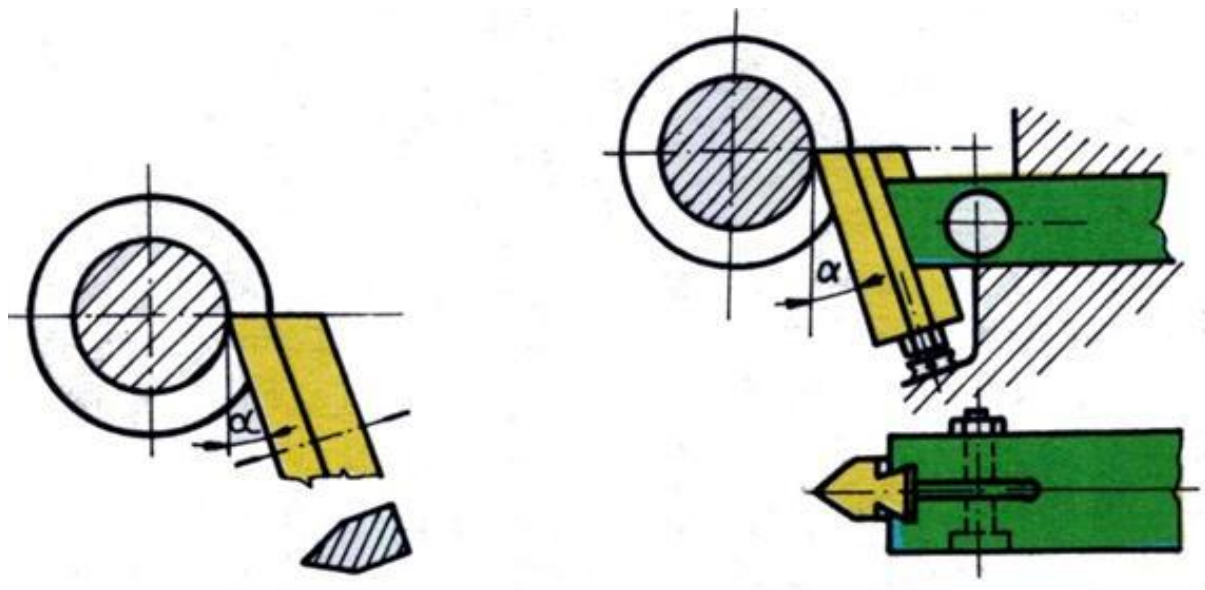
Alakos kések

Olyan egyélű szerszámok, amelyeknél a fő forgácsoló él profilja a készítendő profil negatívjának felel meg.

Tangenciális kések:

A kívánt hátszöget a szerszám megfelelő szögű döntésével, a homlokszöget a homloklap megfelelő szögű köszörülésével érik el. (5.47. ábra)

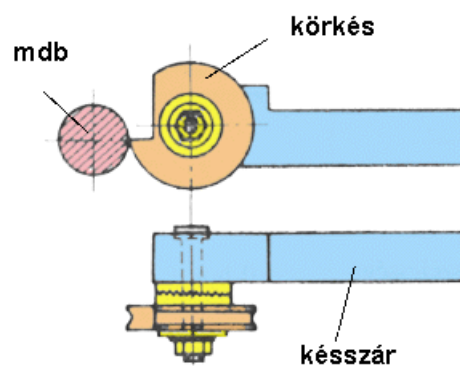
5.44. ábra - Tangenciális (hasábos) kés (Forrás: [3])



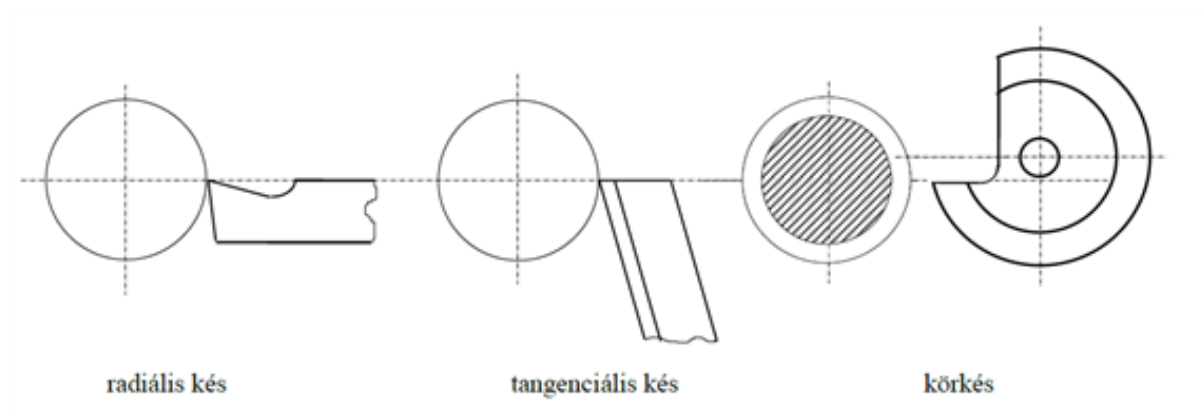
Körkések

A kés dolgozó része olyan korong, amelynek palástján képezik ki a szükséges profilt. A homloklap a kés középpontja alá esik. (5.48. ábra)

5.45. ábra - Körkés (Forrás: [3])



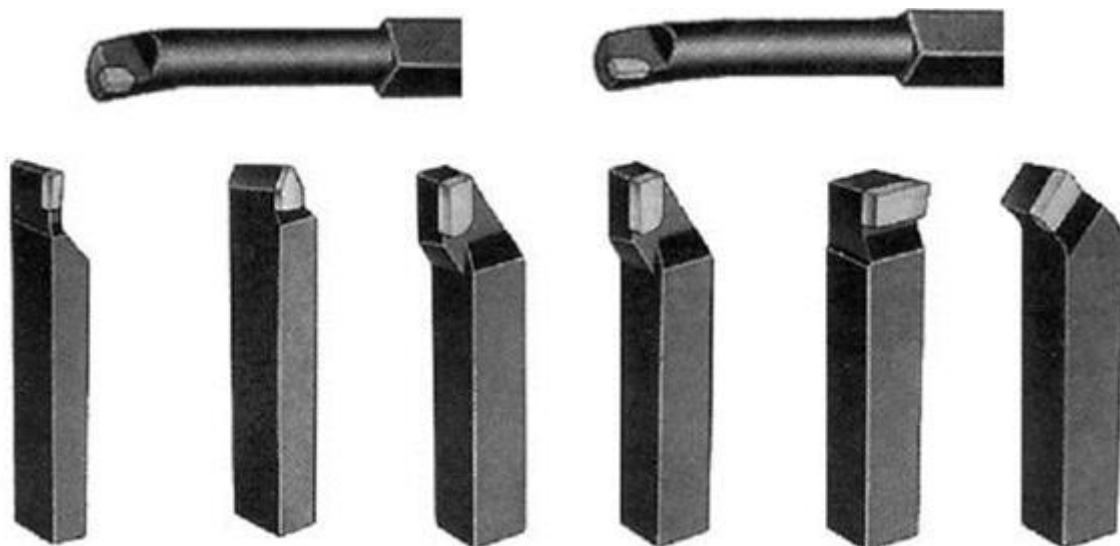
5.46. ábra - Esztergakések fajtái (Forrás: [3])



5.47. ábra - Cserélhető lapkás szerszámok (Forrás: [4])



5.48. ábra - Forrasztott lapkás szerszámok (Forrás: [4])



Forgácsolási erő, teljesítmény, ciklusidő

A három fő forgácsoló erőösszetevő közül a legnagyobb értékű mindig az F_t **főforgácsoló erő**, ezért a forgácsolási erő meghatározásakor ezt vesszük figyelembe.

A forgácsoló erő a szerszáma hat, igyekszik azt lehajlítani és eltolni a munkadarabtól.

A forgácsoló erővel szemben egy ugyanakkora nagyságú, de ellentétes értelmű ellenerő, az ún. *élnyomás* lép fel, amely a munkadarabra hat, és megpróbálja kihajlítani, elnyomni a tengelyvonalból.

A főforgácsoló erő nagysága:

A főforgácsoló erőt a forgácskeresztmetszettel arányos mennyiségként értelmezzük.

$$F_f = k \cdot A_f \text{ (N)}$$

ahol

- A_f - a forgácskeresztmetszet területe (mm^2),
- k - az ún. fajlagos forgácsolási ellenállás, mértékegysége: (N/mm^2)

A *fajlagos forgácsolási ellenállás* (k) azt az erőt fejezi ki, amely az egységnyi keresztmetszetű (1 mm^2) forgács leválasztásához szükséges. Egyszerűbb számításokhoz a szilárdsági anyagjellemzőkből közelíthető.

a k értéke:

- szívós anyagoknál: $k = (2,5 \dots 4,5) \sigma_B$
- rideg anyagoknál: $k = (0,5 \dots 1,0) H_B$

A gyakorlat számára a fenti módon meghatározott forgácsolóerő számítás tökéletesen megfelel.

A főforgácsolóerő pontosabb meghatározására az

$$F_f = C_p \cdot f_k^x \cdot l^y \cdot K_\gamma$$

képlet alkalmas, ahol

C_p - az anyagtól függő forgácsolási erőállandó,

f_k - a közepes forgácsvastagság,

l - a közepes forgácscsszélesség,

K_γ - a homlokszögtől függő érték,

x, y - kitevők.

A fajlagos forgácsolási ellenállást, ill. a forgácsoló erőt több tényező befolyásolja:

- az anyag keménysége: keményebb anyag forgácsolásakor a forgácsoló erő növekszik; az anyagminőség hatását a C_p forgácsolási erőállandóval vesszük figyelembe,

- a közepes forgácsvastagság (f_k): növelésével a forgácsolóerő is növekszik, de nem lineárisan. Mértékét egy x kitevővel vesszük figyelembe, ($x = 0,25$ ha acélt esztergálunk gyorsacél késsel),

- a közepes forgácscsszélesség (l): növelésével a forgácsolóerő általában lineárisan növekszik ($y = 1$),

- a homlokszög nagysága: növelésével a forgácsolóerő csökken

ha $\gamma = 20^\circ \rightarrow K_\gamma = 1$, ha $\gamma = 25^\circ \rightarrow K_\gamma = 0,94$

- a hátszög: növelésével a forgácsolóerő csak kismértékben csökken, ezért a számításoknál elhanyagoljuk,

- az elhelyezési szög: növelésével a forgácsolóerő csökken, ami azzal magyarázható, hogy nagyobb elhelyezési szögű késnél kisebb a fogásban lévő élvonalhossz

C_p – forgácsolási erőállandó értékei különböző szakítászilárdságú acélok esetén

$\sigma_B - \text{N/mm}^2$	300 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800
----------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

C_p	1270	1390	1490	1630	1840
-------	------	------	------	------	------

A K_γ értékei változó homlokszög esetén

γ°	10	12	15	20	25
K_γ	1,13	1,10	1,06	1,00	0,94

A főforgácsoló erő függvényében a forgácsoló erő másik két összetevője közelítőleg az alábbi képletek alapján számítható:

- ha a főforgácsoló erő - $F_f = C_p \cdot f_k^x \cdot l^y \cdot K_\gamma$ akkor az

- előtolás irányú erő - $F_e = (0,2...0,5) F_f$,

- fogásvétel irányú erő - $F_m = (0,4...0,8) F_f$ lesz.

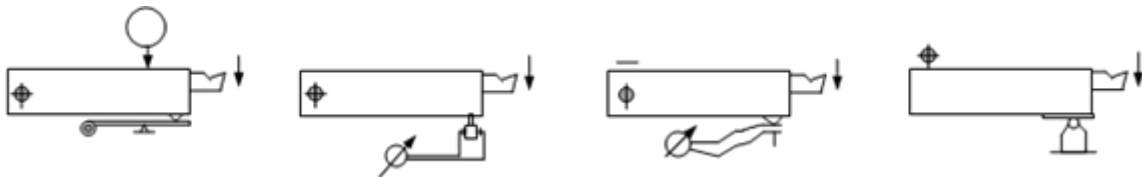
A forgácsoló erő többféle módon is meghatározható:

1. Számítással (lásd az előzőeket!),
2. Teljesítménymérésből - ($P_f = F_f \cdot v \rightarrow F_f = P_f/v$),
3. Táblázatokból, nomogramokból:
4. Közvetlen erőméréssel:

A közvetlen erőmérés módszereit foglaljuk össze röviden (5.52. ábra):

- a. Rugós erőméréssel: a szerszámot támasztó rugó lehajlásából határozható meg a forgácsoló erő
- b. Hidraulikus erőméréssel: a szerszám hidraulikus henger dugattyúját mozdtja el, amelyhez manométer csatlakozik
- c. Villamos erőméréssel: a kés elmozdulásával az alatta elhelyezett kondenzátor kapacitása változik
- d. Maradó alakváltozással: a kés alá próbalemezt és acélgolyót helyeznek. A golyó lenyomatának átmérőjéből határozható meg a forgácsoló erő.

5.49. ábra - A forgácsolóerő meghatározása közvetlen erőméréssel (Forrás: [3])



A forgácskeresztmetszet meghatározása:

A forgácskeresztmetszet a forgácsolás teljesítményét jellemzi, nagyságát a forgács vastagságának (előtolás) és szélességének (fogásmélység) szorzata adja (5.53. ábra):

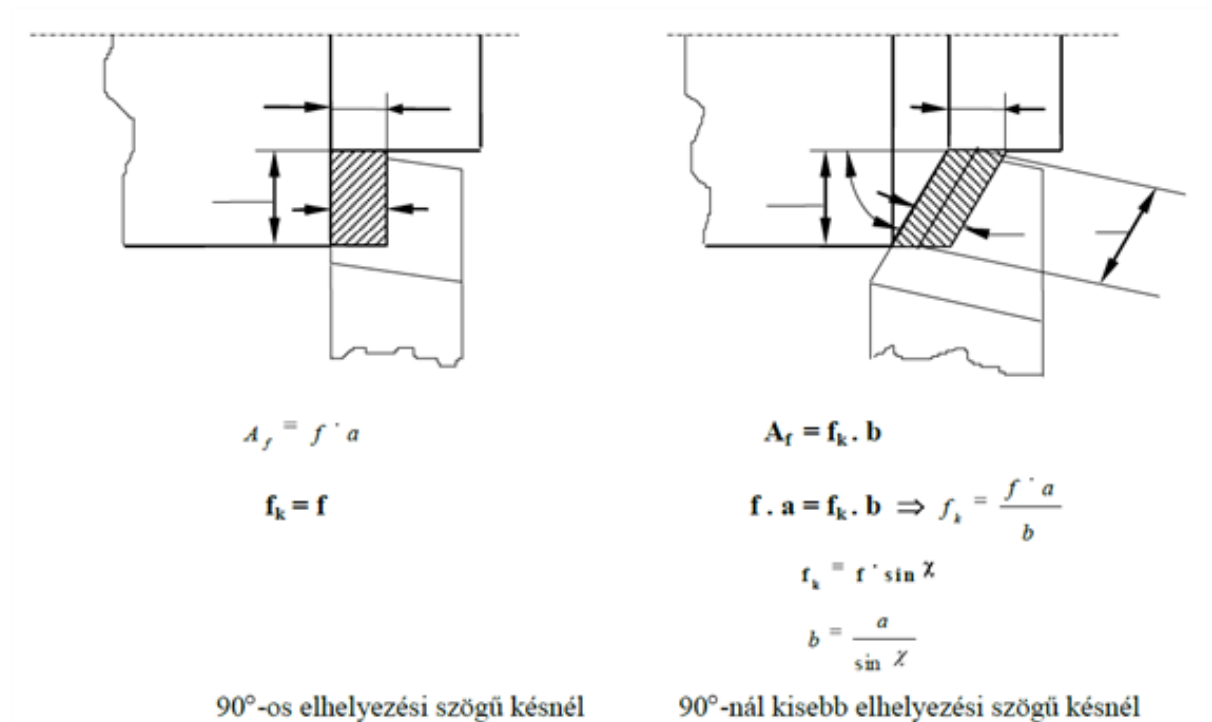
$$A_f = f \cdot a \text{ (mm}^2\text{)}$$

ahol

f - (mm/ford) - az előtolás, és

a - (mm) - a fogásvétel.

5.50. ábra - A forgácskeresztmetszet 90°-os és 90°-nál kisebb elhelyezési szögű késnél (Forrás: [3])



A forgácsolás teljesítményét a főforgácsoló erő és a forgácsolási sebesség szorzata adja. Figyelni kell arra, hogy a forgácsolási sebesség általában m/min mértékegységben adott.

$$P_f = F_f \cdot v \text{ (Nm/s, vagy W)}$$

ahol

- P_f - a forgácsolási teljesítmény,
- F_f - a főforgácsoló erő,
- v - a forgácsolási sebesség.

A forgácsolás hatékonyságát jobban jellemzi a forgácstérfogat, vagy anyagleválasztási sebesség: a percenként, vagy másodpercenként leválasztott forgács mennyiségét fejezi ki.

$$V = A_f \cdot v \rightarrow V = f \cdot a \cdot d \cdot \pi \cdot n \text{ (m}^3/\text{s) vagy (cm}^3/\text{s)}$$

Komoly szerepe van a gazdaságossági számításokban a Gépi időnek, vagy gépi főidőnek: azt az időt jelenti, ami alatt a munkadarabon megmunkálás történik. (5.54. ábra)

Az esztergálás gépi ideje egyetlen művelet esetében:

5.51. ábra - Mozgáshosszak a gépi idő számításához (Forrás: [3])

$$T_t = \frac{l}{f \cdot n} \cdot i \quad (\text{perc}) \quad \text{ahol:}$$

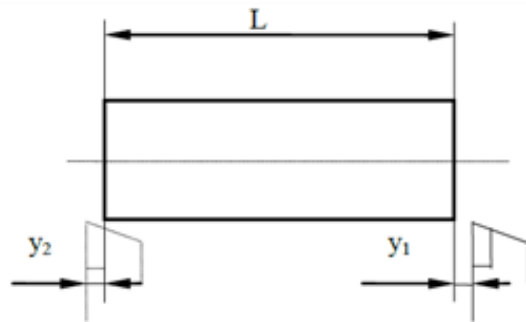
$$l = L + y_1 + y_2$$

y_1 - a szerszám ráfutási hossza,
 y_2 - a szerszám kifutási hossza

f – az előtolás

n – a fordulatszám

i - a fogások száma



6. fejezet - FÚRÁS, FURATBŐVÍTÉS

A fúrás és furatbővítés során belső hengeres, vagy egyéb alakos belső (kúpos, menetes stb.) felületeket állítunk elő. Néhány kivételtől eltekintve e belső felületek forgásfelületek.

A forgácsoló mozgás forgó mozgás, a szerszám is, de a munkadarab is végezheti. Az előtoló mozgást – szerszámtengely szerinti egyenes vonalú mozgást – az alkalmazott szerszámgéptől függően, ugyancsak a szerszám is, de a munkadarab is végezheti. A fogásmélységet elsősorban a szerszám mérete (átmérője) és a megmunkálás (telibe fúrás, vagy furatbővítés) határozza meg. A furatmegmunkálások jellegzetes szerszámgépe napjainkban a megmunkáló központ, de esztergán, fűrőgépen, fűrő-maróművön, stb. is végezhetők a fúrás és furatbővítés műveletei.

A fenti jellemzők alapján fúrás, furatbővítés során állandó keresztmetszetű forgács folyamatos leválasztása valósul meg, (általában) több élű, határozott élgeometriájú szerszámmal.

E megmunkálási csoport alkotja a „forgószerszámok megmunkálások” egyik nagy csoportját (a másik majd a marás lesz), szokásos még a „méretes szerszámokkal történő megmunkálások” gyűjtőnév használata is.

A furatok forgácsolási szempontból hosszuk (l) és az átmérőjük (d), ezek aránya alapján osztályozzuk a gyakorlatban. Eszerint rövid-, normál-, hosszú- és mélyfuratokat különböztetünk meg.

- rövid furatok esetében: $l/d \leq 0.5$
- normál furatoknál: $0.5 < l/d \leq 3$
- hosszú furatoknál: $3 < l/d \leq 10$
- mélyfuratoknál: $l/d > 10$

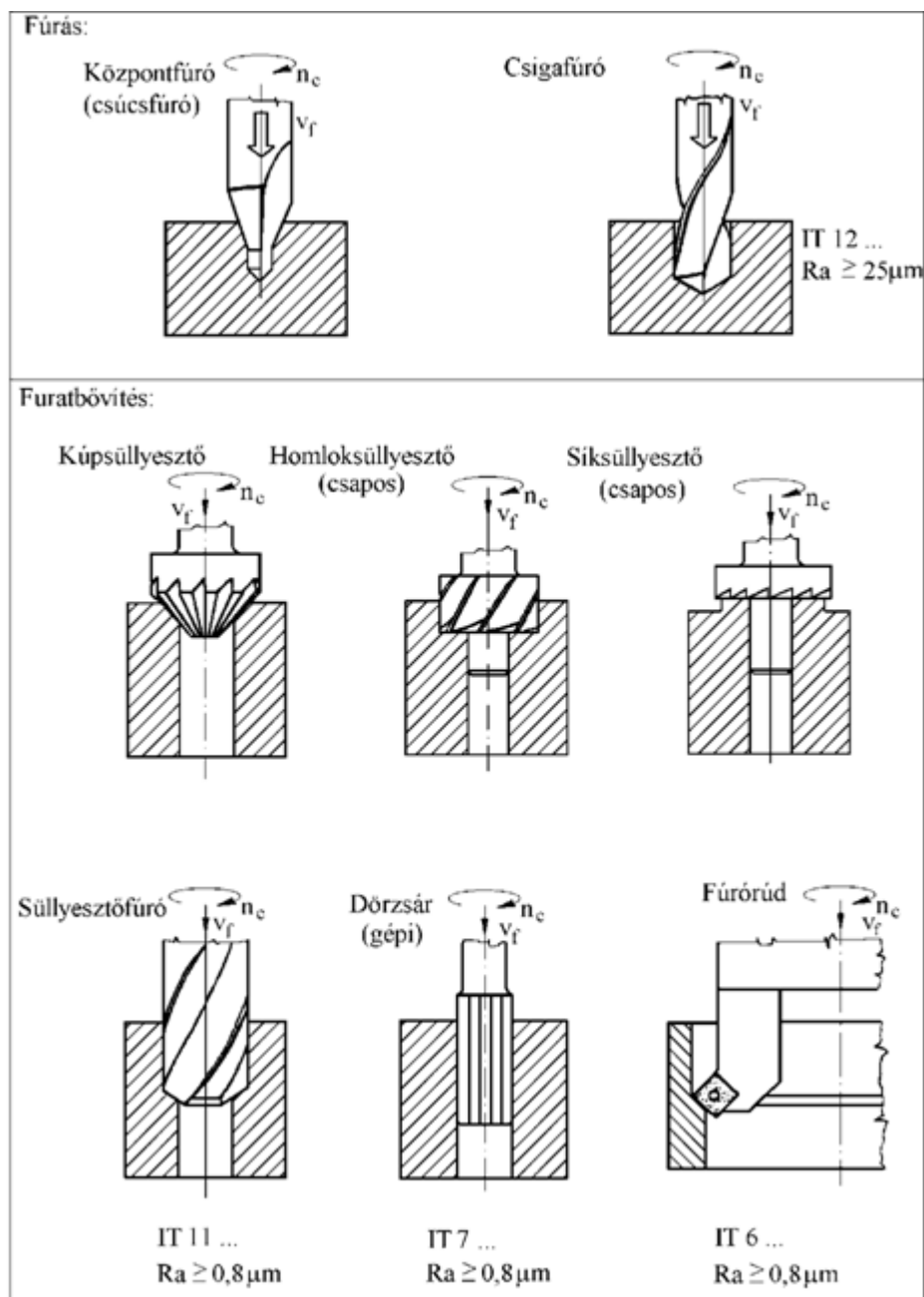
Az osztályozás alapja technológiai eredetű, és különféle műszaki intézkedésekre szükségességére utal. Továbbiakban – ha külön nem jelzünk, akkor – a normál furatokra vonatkozó ismereteket foglaljuk össze.

A furatok fúróval végzett forgácsolásának két jellegzetes lépése van:

- a fúrás és
- a furatbővítés

Fúrás az a forgácsoló eljárás, amikor tömör anyagba készítünk furatot, **furatbővítés** pedig az, amikor egy már meglévő furatot nagyobb átmérőjű (új alakú, pontosabb méretű) furattá alakítjuk át. Az alapváltozatokat a 6.1. ábra tartalmazza.

6.1. ábra - A fúrás, furatbővítés alapváltozatai (Forrás: [1])



A 6.2. ábrán a fúrás sematikus (M) munkadarab – (K) készülék – (G) gép – (S) szerszám rendszerének elemei láthatk: oszlopos fúrógép, továbbá: munkadarab befogó készülék (K_a), szerszámvezető készülék (K_b) és szerszámbefogó készülék (K_c).

6.2. ábra - A furatmegmunkálás MKGS rendszere (Forrás: [1])



6.3. ábra - Asztali fúrógép (Forrás: [4])

6.4. ábra - Oszlopos fúrógép (Forrás: [4])



Az asztali fúrógépek egyszerű szerkezeti felépítésű gépek, maximum 10-15 mm átmérőjű furatok készítéséhez alkalmasak kézi előtolással (6.3. ábra). A főhajtómű ékszíjtárcsás fokozathajtómű (3 vagy 4 átszerelhető fokozattal). Az egyes fokozatokat úgy lehet beállítani, hogy az ékszíjat a kívánt fordulatszámmal megfelelő átmérőjű tengelyrészre helyezik át. Mivel az előtolás kézi, mellékajtómű nincs. Kézi előtoláskor az előtoló kar tengelyén lévő fogaskerék elfordul, és függőleges irányban elmozdítja az orsóhüvelyhez rögzített fogaslécet. Az előtoló kar elengedésekor a fúróorsót rugó vagy súlyterhelés viszi vissza eredeti helyzetébe. A munkadarabot közvetlenül az asztalra-, esetleg alátétre helyezve, vagy gépsatuba fogva fúrják. A fúrónyomatékot $d < 10$ mm esetén kézzel lehet ellensúlyozni. Lemezszerű darabokat a baleset elkerülése érdekében készülékbe kell befogni. Ugyanez vonatkozik a 10 mm-nél nagyobb átmérőjű furatok fúrására is.

Az oszlopos fúrógépeken közepes nagyságú munkadarabok fúrhatók max. 40 mm furatátmérőig. Szerkezeti felépítése gyakorlatilag megegyezik az állványos fúrógéppel (101. ábra). A gép állványa az oszlop, amely egy vastag falú cső. Ezen állítható függőleges irányban a konzolos asztal, amely a függőleges tengely körül elfordítható és tetszés szerinti helyzetben rögzíthető. A kör alakú asztal felfogólapja excentrikus a konzol furatába illeszkedő csaphoz képest, ami a munkadarab finomabb beállítását teszi lehetővé. Beállítás után az asztalt és a konzolt is rögzíteni kell. Az egyszerűbb és kisebb méretű oszlopos

fűrőgépek fő- és mellékajtóműve ékszíjtárcsás fokozathajtómű, a nagyobb gépek fogaskerekes hajtásúak, Az oszlopos fűrőgépek kisebb merevségűek mint az állványos kivitelűek.

**6.5. ábra - Konzolos fűrőgép 6.6. ábra - CNC fűrőközpont (Forrás: [4])
(Sugárfűrőgép) (Forrás: [4])**



Sugárfűrőgépek

A gépgyárakban leggyakrabban használt fűrőgépek, amelyek közepes és nagyméretű munkadarabok furatainak az elkészítésére alkalmasak egyedi- és sorozatgyártásban. (6.5. ábra)

Az alaplapban van a hűtő-kenő folyadék. Felső részén hosszanti T-hornyok vannak az asztal, ill. a nagyméretű munkadarabok lefogásához. Az alaplapra csavarozzák az oszlopot, erre csapágyazzák a hüvelyt, amely a függőleges tengely körül elforgatható. A hüvelyhez illeszkedik a szántartó kar (konzol), amely magassági irányban külön emelőmotorral mozgatható. A konzol mellső részén csúszik a fűrőszán, amely fogaskerék és fogasléc segítségével mozgatható, és tetszés szerinti helyzetben rögzíthető. A fűrőszánba építik a fő- és mellékajtóművet és az orsóhüvelyt a főorsóval. A hajtóművek fogaskerekes fokozathajtóművek. Minden sugárfűrőgépen van furatmélység-beállító szerkezet is.

Vízszintes fűrőművek

Az egyedi gépgyártás nélkülözhetetlen, egyetemes szerszámgépei a vízszintes fűrőművek,

mert velük több művelet végezhető egy időben, vagy egymás után dolgozó szerszámokkal, manapság CNC kivitelben. (6.6. ábra) A leggyakrabban előforduló műveletek: fúrás, felfúrás, süllyesztés, dörzsárazás, furatesztergálás, beszúrás, oldalazás sík és alakos felületek, lépcsők és hornyok marása. Az

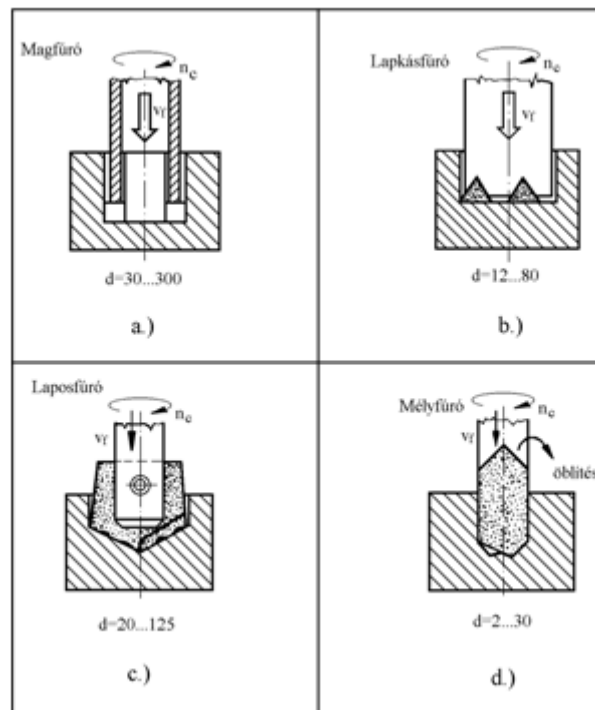
elérhető pontosság század milliméteres nagyságrendű. A vízszintes fűróművek különösen alkalmasak nagyméretű gépalkatrészek megmunkálására. Szerkezeti felépítésüket tekintve állóoszlopos mozgástartalú és mozgóoszlopos állóasztalú kivitelűek lehetnek. Sokoldalúbb és elterjedtebb az állóoszlopos fűrómű.

A fűrás szerszámai

A furat tömör anyagba való előállításának szerszámai mind szerkezeti kialakításuk, mind pedig alkalmazási területük szempontjából különféleképpen lehetnek. Így megkülönböztethetők:

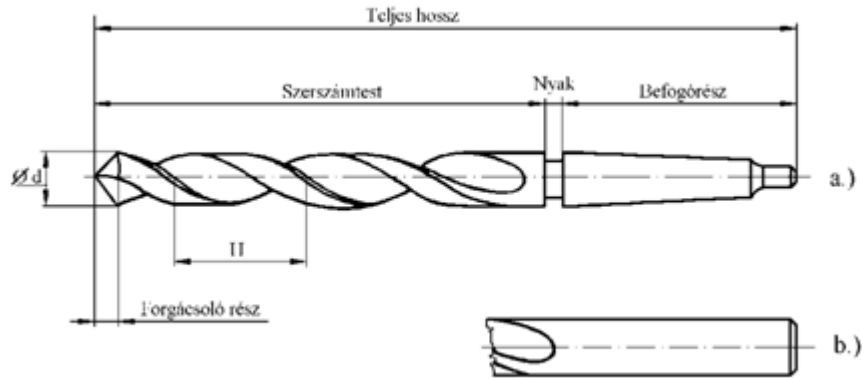
- központfűrók(6.10. ábra)
- csigafűrók(6.8. ábra)
- magfűrók(6.7.a. ábra)
- váltólapkás fűrók(6.7.b. ábra)
- lapos fűrók(6.7.c. ábra)
- mélyfurat-fűrók(6.7.d. ábra)

6.7. ábra - koronafűró, b) váltólapkás fűró, c) laposfűró, d) mélyfűró (Forrás: [1])



A csigafűró kis merevségű, törésre hajlamos szerszám, legjobb esetben is IT12 pontosságú furatokat fűr, $R_a=25-100 \mu m$ átlagos érdességgel. Ha a fűrőt perselyben vezetjük, akkor IT10-IT11 pontosság biztosítható.

6.8. ábra - (Forrás: [1])



A csigafúrók alakja és főbb részei

a) kúpos szárú, b) hengeres szárú

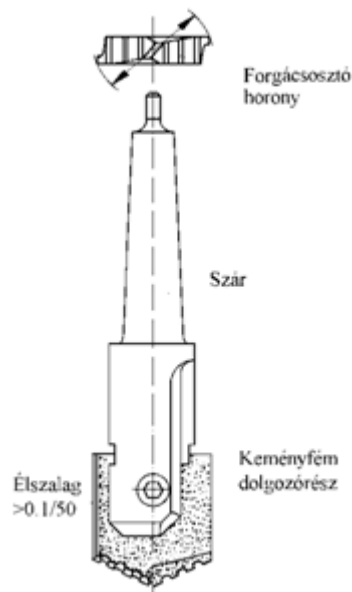
A lapos fúrók (6.9. ábra), a legrégebb típusú szerszámok, (a korszerű változatokat egyik gyártójáról Gühring-fúróknak is nevezik, míg az ősi változatát cigányfúróknak – kovácsfúróknak – is hívták) – korszerű, merev felépítésűek, de elsősorban revolver-, és CNC esztergákra valók, rövid furatokhoz. Egy lépésben IT8 pontosság elérésére alkalmasak. A lapka anyaga lehet gyorsacél vagy keményfém. A használatos, célszerű átmérőtartomány: 25-128 mm. Az élszalag 0.1/50 arányban hátrafelé kúpos.

A központfúrók (6.10. ábra) központosító furatok (csúcsfuratok, csúcsfészkek) elkészítésére valók. Mivel befogásuk rövid kinyúlású és merev, ezért elsősorban, csigafúró számára kezdő furat fúrására is használják, ezen kívül a tengelyek végébe a csúcsokkal történő megtámasztáshoz csúcsfészkek megmunkálására. Kúpszögük leginkább 60°-os; a védőkúpos kivitel esetén a védőkúp megakadályozza a munkadarabon levő 60°-os központosító kúp szélének ütdésektől való megsérülését. Az R-alak feleslegessé teszi a védőkúpos központfúró alkalmazását. A központfúrók anyaga gyorsacél.

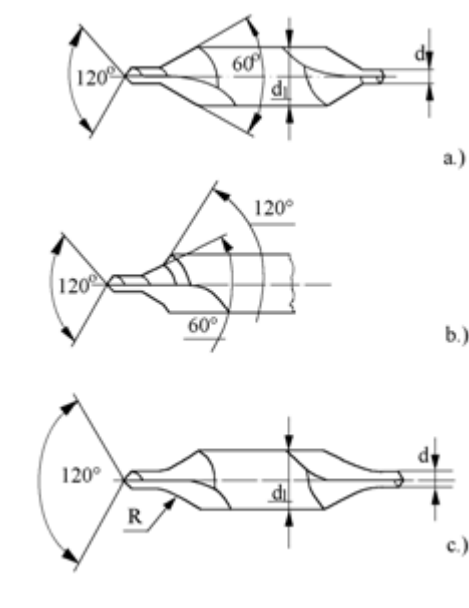
A váltólapkás fúrókat (6.11. ábra) a váltólapka technika kialakulásával egy időben fejlesztették ki. Valamennyi jelentős váltólapkát gyártó világceg forgalmazza. A keményfém váltólapka lehet háromszög-, négyszög-, vagy rombusz alakú. A forgácsoló sebesség a keményfémnek megfelelő (pl. szerkezeti acélokénál és bevonatos lapkánál $v_c=180-320$ m/min, $f=0.1-0.2$ mm/ford előtolás mellett). Legjobban bevált ez a szerszámtípus az $l=1.5d$ - $2.5d$ tartományban. Merev felépítésű, és nagy fordulatszámú szerszámgép szükséges hozzá, amely megfelelő motorteljesítménnyel is rendelkezik.

6.9. ábra - (Forrás: [1])

6.10. ábra - (Forrás: [1])



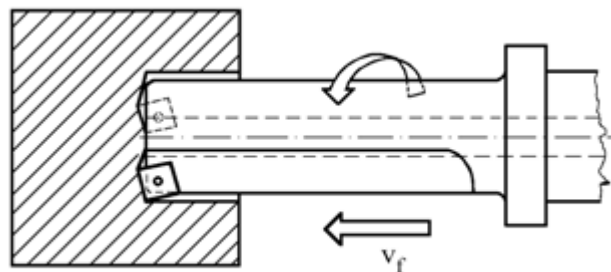
A lapos fűrő szerkezete,
főbb részei



Központfűrők

- a.) védősüllyesztés nélküli,
b.) védősüllyesztéses,
c.) R-alakú

6.11. ábra - Keményfém váltólapkás telibe fűrő (Forrás: [1])



A magfűrők más néven koronafűrők akkor előnyösek, ha a furatban levő anyagot a költségek csökkentésére fel akarjuk használni (jelentős energia, nagy szerszámköltség takarítható meg), vagy a maganyag forgácsolási teljesítmény szükségletét szeretnénk megtakarítani. (6.7. a ábra) Nagy átmérőjű, rövid (átmenő) furatokhoz előnyös. Korszerű formája keményfém váltólapkás kivitelű.

A mélyfűrők hosszú furatok, de még inkább mélyfuratok készítésére valók. A bekezdő szakaszon általában külön vezetést igényelnek. Fő alkalmazási területük a hidraulikai elemek (munkahengerek, tolattyúházak) gyártása és a fegyvercső gyártás.

Az eddig tárgyalt szerszámok azért nem alkalmasak mélyfuratok készítésére, mert nem teszik lehetővé a forgács eltávolítását a mélyebb furatokból; ezenkívül a csigafűrők iránytartása is pontatlan. A mélyfűrők legfőbb követelménye az előbbiekkal szemben, a forgács folyamatos eltávolításának lehetősége és az iránytartás pontossága. A forgácsot a fűrőszár belsejében vezetett nagynyomású olajjal, mint hűtő-kenő folyadékkal mossuk ki a furatból; míg az iránytartást a szerszámok konstrukciós kialakítása biztosítja. A 6.7. d. ábrán a legegyszerűbb mélyfűrő szerszám dolgozó része látható, amely fűrésra $d=2-30$ mm-ig, míg az $l/d=100-200$ is lehet.



6.12. ábra - Hengeres szárú és kúpos szárú csigafúró és központfúró (Forrás: [4])

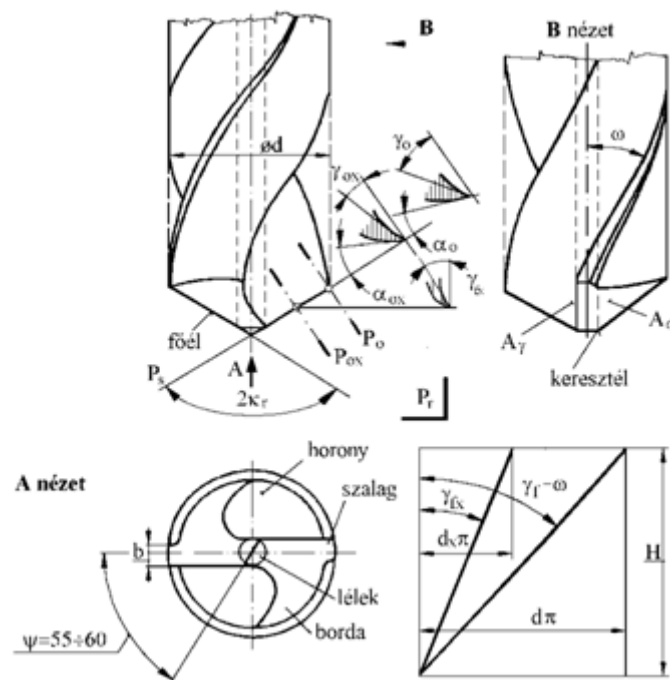


6.13. ábra - Hengeres, kúpos és csapos süllyesztő (Forrás: [4])



A csigafúró egy olyan hengeres testű, kétélű, szabályos élgeometriájú szerszám, amelynek kúpos hegyén a két főélt úgy alakítják ki, hogy a fúró dolgozó részén két spirálisan végigfutó hornyot marnak ki. (6.14. ábra) A dolgozó rész hosszát a kívánt furatmélység és az újraélezési tartalék figyelembevételével határozzák meg. A fúró hossza befolyásolja a fúró merevségét, ezért nem szabad indokolatlanul hosszú fúrókat készíteni, illetve használni. A fúrásakor keletkező súrlódás csökkentésére a csigafúró hengeres felületét úgy lemunkálják, hogy csak egy keskeny szalagot hagynak meg, mely a furat falával érintkezik. Ez a szalag vezeti a fúrót a furatban, és ezen mérhető a csigafúró átmérője is. Annak érdekében, hogy fúrásakor a dolgozó rész be ne szoruljon a furatba, kúposra kell készíteni. Legnagyobb az átmérő a szerszám forgácsoló részén, a szár felé fokozatosan csökken 1:1000 kúpossággal.

6.14. ábra - Csigafúró élgeometriája (Forrás: [1])



A fúró két főélét a keresztél köti össze, amely nagyon kedvezőtlen forgácsolási viszonyok között

dolgozik, mert kb. 60°-os negatív homlokszöggel forgácsol, mintegy kaparja az anyagot. Ezzel magyarázható, hogy csigafúróval végzett fúrásakor az előtoló erő csaknem azonos nagyságú a főforgácsoló erővel.

A forgácsoló főél a homlok- és hátfelület metszéspontja. A két főél által bezárt szög a csúcsház. Fúrásakor a csúcsház szerepe hasonló a κ elhelyezési szög szerepéhez. Helyesen élezett fúrón κ értéke a két élnél azonos, és a két főél is egyenlő egymással. Ellenkező esetben csak az egyik él forgácsol, ezért gyorsan elkopik.

A csigafúró kialakított hornyoknak az a feladata, hogy elvezesse a forgácsot a furatból. Ennek érdekében a horony csavarvonal-szerűen helyezkedik el a szerszámon. A csigafúró tengelye és a szalagél síkba terített vonala által bezárt szög a horonycsavarvonal hajlásszöge (ω). Nagysága befolyásolja a forgácselvezetést, a szerszám szilárdságát és a homlokszöget. A csavarvonal hajlásszöge a

$$\operatorname{tg} \omega = D \cdot \pi / h$$

összefüggésből számítható, ahol h a horony emelkedése, azaz a menetemelkedés, D a fúró átmérője. Az összefüggésből leolvasható, hogy az átmérő csökkenésével az ω szög is csökken. A csavarvonal hajlásszögét a szerszám kerületén adják meg. A homlokszög csúcspontja a vágóél vizsgált pontja. Egyik szára a mérés síkjában a homlokfelület csúcsponton átmenő érintője, másik szára a szög csúcspontjából a mérés síkjának és a csigafúró tengelyének metszéspontjához húzott egyenes. A mérés síkja a vágóél vizsgált pontján átmenő és a vágóélre merőleges sík. A csigafúró homloklapja a horony

felülete, ezért a homlokszög és a horonycsavarvonal hajlásszöge húzott szoros a kapcsolat. A

homlokszög legnagyobb a fúró kerületén és az átmérő csökkenésével csökken. A homlokszöget az él egy tetszőleges pontjában a

$$\operatorname{tg} \gamma = \operatorname{tg} \omega / \sin \kappa$$

összefüggéssel lehet meghatározni.

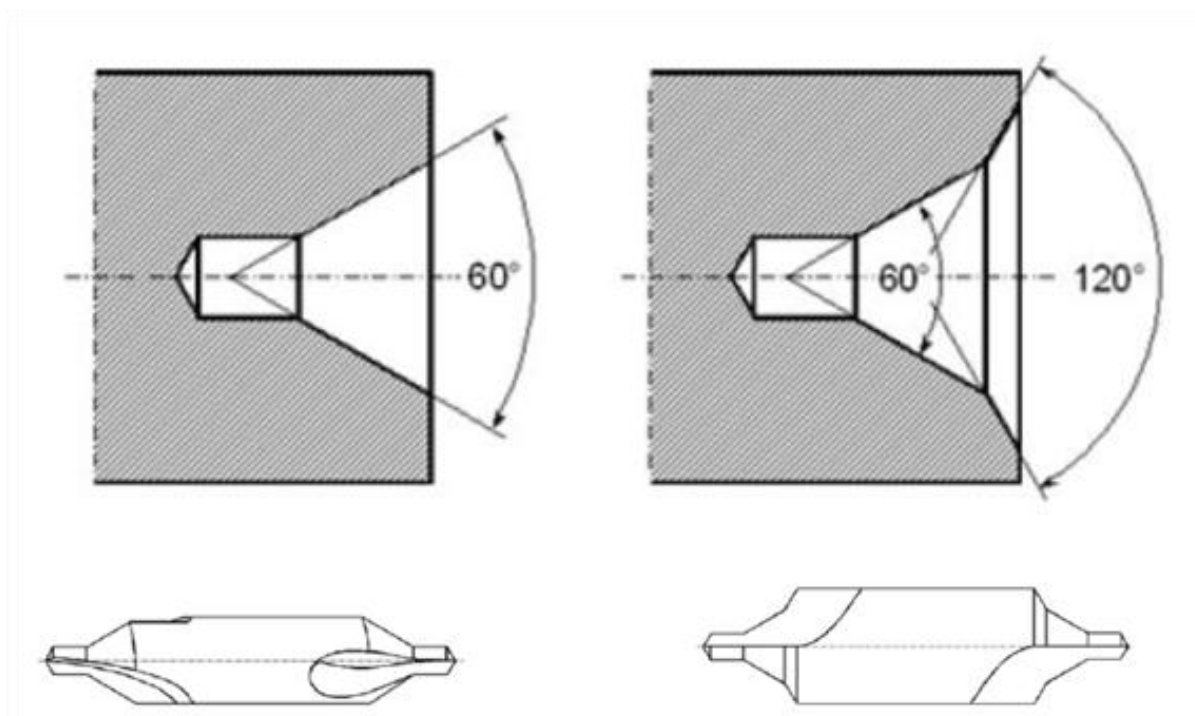
A hátszög a fúró kerületétől a középpontja felé haladva növekszik. Ezt azért érik el, hogy a fúró hátfelületét nem egyszerűen kúposra köszörüljük, mert akkor az előtolómozgás miatt súrlódna a munkadarabon, hanem hátraköszörüljük. A hátraköszörülés azt jelenti, hogy a hátfelületet az élekből kiindulva a 2κ által meghatározott kúpszögű kúpfelület alá köszörüljük.

A lélek a fúró tengelyvonala körül elhelyezkedő, a hornyokat belülről érintő képzeletbeli henger. A lélek átmérője tehát azonos a keresztéllel. A lélek átmérőjét szilárdsági okok miatt nem nagyon lehet csökkenteni, pedig a forgácsolási viszony ezt kívánná. Ezért átmeneti megoldásként a lélek átmérőjét a fúró hegyénél a lehető legkisebbre veszük, amely a szár felé folyamatosan növekszik. A fúró lelkét tehát kissé kúposra készítik, ezáltal a képzeletbeli hengerből képzeletbeli kúp lesz.

Központfúrók

Ha a munkadarabot csúcsok közé kell befogni, akkor központfuratokra (csúcsfészkekre) van szükség. Ezeket a furatokat rendszerint szabványos központfúrókkal készítik. A központfúrók az 6.15. ábrán láthatóan két fő csoportba sorolhatók: központfúró védősüllyesztő nélkül (a) és központfúró védősüllyesztővel (b).

6.15. ábra - Szabványos központfuratok



A védőkúpos központfúró szerszám a 60°-os kúpon kívül még egy rövidebb, 120°-os kúpot is

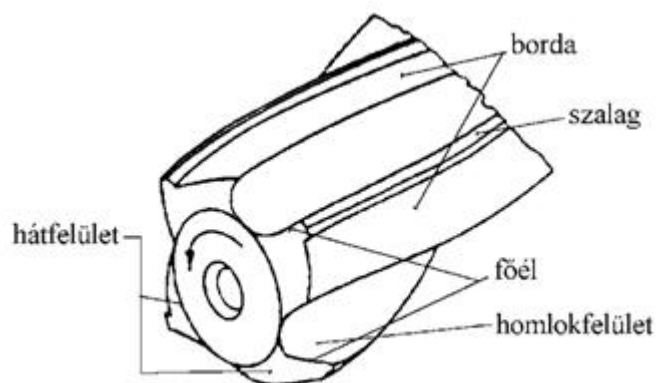
készít. Ez a 120°-os védőkúp a 60°-os központozító kúp külső szélének elverődésétől, sérülésétől védi meg a furatot. A központfúró lényegében a fúró és a kúpsüllyesztő párosításából származó kombinált szerszám.

A központozító furatokat alakhűen és pontosan kell megmunkálni, mert ellenkező esetben a felületi nyomás vagy a kúpfelületen, vagy a csúcson nagyon megnő, ami berágódáshoz vezethet. Fontos a kitámasztó csúcs és a központozító furat kúpfelületének pontos illeszkedése, azonos kúpszöge és egytengelyűsége.

Süllyesztők

A süllyesztők főbb típusai a csigasüllyesztő, a kúpsüllyesztő és csapos süllyesztő. A csigasüllyesztő a csigafúrónál merevebb három- vagy négyélű szerszám, amelynek nincs keresztéle, ezért a furatbővítést nagyobb anyagleválasztási sebességgel végzi, mint a fúró. Kúpos szárú hengeres szerszám, tömör kivitelben 8-50 mm-ig, felfűzhető kivitelben, négy éllel 20-100 mm átmérővel gyártják (6.16. ábra).

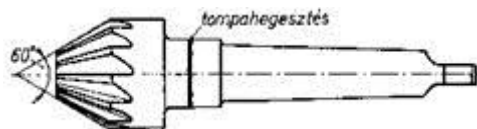
6.16. ábra - Süllyesztőfúró forgácsoló része és annak elemei (Forrás: [1])



Nagy furatok készítésekor minden esetben célszerű kis átmérőjű csigafúróval elvégezni a telibefúrást, majd az átmérőt csigasüllyesztővel kell a kívánt méretre bővíteni. A csigasüllyesztőnek nincs csúcsa, az elején van egy 60°-os vágókúp, ezután következik a hengeres dolgozó rész, amelynek átmérője hátrafelé kúpos, kb. 0,1 mm/100 mm-t csökken a szár felé. A szalagél emelkedési szöge 10-25°.

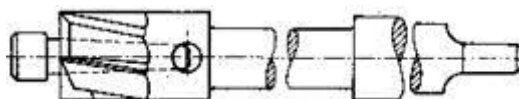
A kúpsüllyesztőket csúcsfuratok és kúpos csavarfejfészkek készítésére használják (6.17. ábra). A szabványos kúpos süllyesztők 45, 60, 75, 90 és 120° kúpnyláásszöggel készülő többélű szerszámok, előfűrt furatok bővítésére. Homlokszögük $\gamma = 0$.

6.17. ábra - Kúpsüllyesztő (Forrás: [5])



A csapos süllyesztőt (fejsüllyesztőt) hengeres csavarfejek fészkeinek a készítéséhez használják (6.18. ábra). Négyélű szerszám. A vezetőcsap a süllyesztés egytengelyűségét biztosítja a kisebb furattal. Készül kúpos kialakítású vezetőcsapos süllyesztő is süllyesztett fejű csavarok fészkei számára.

6.18. ábra - Csapos süllyesztő (Forrás: [5])



Fúrórudak

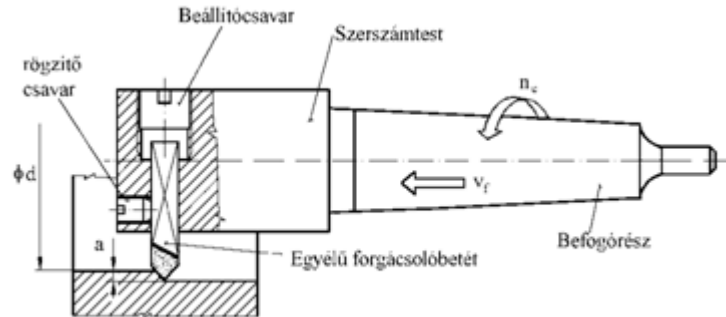
Elterjedt furatbővítő szerszámok az egyélű furatkések és a változatos kivitelű fúrórudak, amelyeket főleg vízszintes fúró-maró műveken, de más szerszámgépeken is gyakran alkalmaznak. A fúró rudak több alkatrészből álló szerelt szerszámok, forgácsolási szempontból azonban egyélű szerszámok. A nagyméretű drága süllyesztők és dörzsárok helyett már régebben is előnyösebbnek mutatkozott az egyélű szerszámok beépítésével kialakított ún. fúró rúd (6.19. ábra). Jelenlegi fejlettségi szintjükét tekintve szerkezetük rendkívül változatos és a legtöbb szerszámgyártó cég rendszerbe foglalva (modulárisan) forgalmazza a fúrórudakat. A beépített egyélű szerszám forgácsoló része bármilyen szerszámanyag lehet (gyorsacél, keményfém, gyémánt, kőbős bórnitrid). A szerszámtest rendszerint nemesített vagy betétedzett acélból készül.

A fúrórudak állandó átmérőjű, vagy lépcsős furatok megmunkálására is alkalmasak. A készítendő furat a tőréstől függően a kések rögzítése, utánállítása különböző szerkezeti megoldásokkal lehetséges. Durva méretpontosság esetén megfelel az egyszerű szorítású betétkés. Pontosabb késbeállításához beállítócsavart és szorítócsavart is alkalmaznak. Az 6.20. ábra lépcsős furatok előállítására alkalmas fúrórudat szemléltet. A kések egyszerű állítócsavarral utánállíthatók. A furatok helyzetpontossága jobb, ha a fúrórudat az elején, a hátsó részén, vagy egyidejűleg mindkét végén fűróperselyben vezetik. Simító fűráshoz a pontos mérettartás érdekében kétélű betétkést használnak, amelyet ékkel rögzítenek a fúrórúd áttörésében. A kétélű betétkések éleinek a fúrórúd tengelyére szimmetrikusan kell elhelyezkedniük.

6.19. ábra - Többkéses fúrórúd (Forrás: [5])



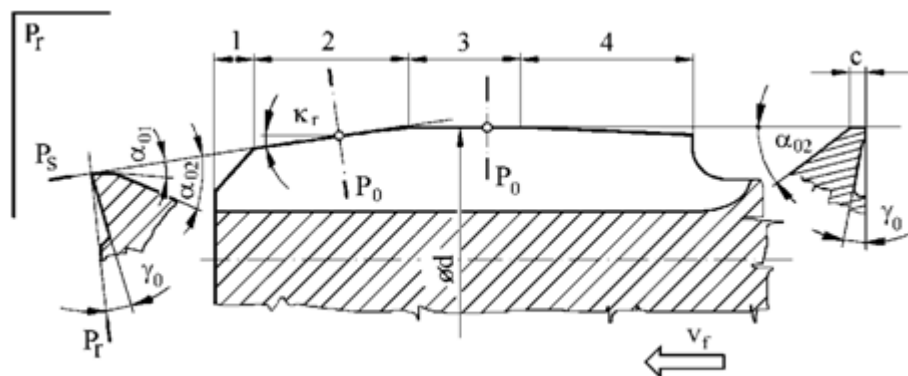
6.20. ábra - Furatmegmunkálás egykéses fúró rúddal (Forrás: [1])



Dörzsárak

A dörzsárak gondos kezelést igénylő, befejező megmunkáláshoz használt többélű szerszámok. Általában IT7 pontosságú, $R_a = 0,8-3,2 \mu\text{m}$ átlagos érdességű a dörzsölt furat. Pontos élezésű szerszámmal, gondos munkával elérhető az IT6 pontosság is. Szükség esetén a dörzsölést két lépésben kell elvégezni, nagyoló és simító dörzsárral. A forgó főmozgást kézzel vagy géppel lehet biztosítani. Ennek megfelelően van kézi és gépi dörzsár. A dörzsár ún. önvezető szerszám. A vágókúp kis nyílásszöge miatt a sugárirányú erőkomponensek olyan nagyok, hogy a dörzsárat az előfurat tengelyvonalába kényszerítik beállni. A dörzsár mindig követi az előfurat irányát és helyzetét. Ezért szokás gépi dörzsöléskor a szerszámot csuklósan befogni a gépbe, hogy a dörzsár beállhasson az előfurat tengelyirányába.

6.21. ábra - dörzsárak általános élgeometriája (Forrás: [1])



A dörzsárak dolgozó részének főbb elemei (6.21. ábra):

1. bekezdő kúp (45°) - bevezeti a szerszámot
2. forgácsoló kúp - forgácsol
3. vezető rész - méretet biztosít (kalibrál)
4. hátsó kúp - a beszorulást akadályozza meg.

A forgácsoló kúpon a főél elhelyezési szöge:

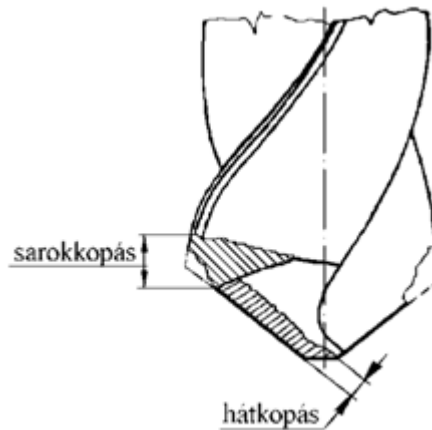
- kézi dörzsáron $\kappa = 30-40^\circ$
- rövidkúpos gépi dörzsáron $\kappa = 15-45^\circ$
- hosszúkúpos gépi dörzsáron $\kappa = 4-5^\circ$

A vezetőrészen 0,1-0,2 mm széles élszalagot képeznek ki, a forgácsoló kúpon nincs élszalag.

A fúró szerszámok kopása, éltartama, élfelújítás

A csigafúró főelei a legnagyobb forgácsoló sebesség helyén, a szalaggal való találkozási pontokon kopnak a legerősebben. Ezt a kopásformát sarokkopásnak nevezzük (6.22. ábra). Rideg anyagok (pl. öntöttvas) fúrásakor ez a jellemző, viszont acélok fúrásakor emellett hátkopás is tapasztalható. A ritkábban alkalmazott keményfém fúróknál szintén a sarokkopás jellemző.

6.22. ábra - A csigafúró jellegzetes kopásformái a sarokkopás és a hátkopás (Forrás: [1])



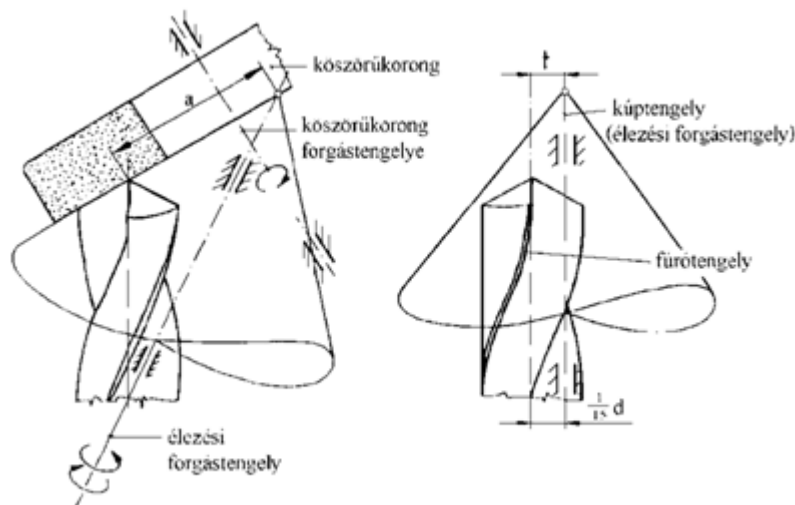
A homloklapon jelentkező fémes felrakódás, vagy erősebb ráhegedés azt jelenti, hogy a homlokszöge nem megfelelő. Ilyenkor az is előfordul, hogy a csigafúró munka közben eltörik.

A csigafúró élettartamát a többi forgácsoló szerszámhoz hasonlóan percekben értelmezzük (3-240 perc), de szokás kifejezni az élettartamot az egy élezéssel fúrható furathosszal, az élettartamhosszal is. Az élettartamhossz régebben 2000 mm volt, ma leginkább 1000 mm. Azt a forgácsoló sebességet, amivel x hosszúságú furat fúrható v_{LX} -el jelöljük, pl.: $v_{LX}=v_{L1000}=25$ m/min.

Az élettartamhossz adott anyag, adott előtolás és hűtés mellett jelentősen függ a fúró átmérőjétől és a furat mélységétől.

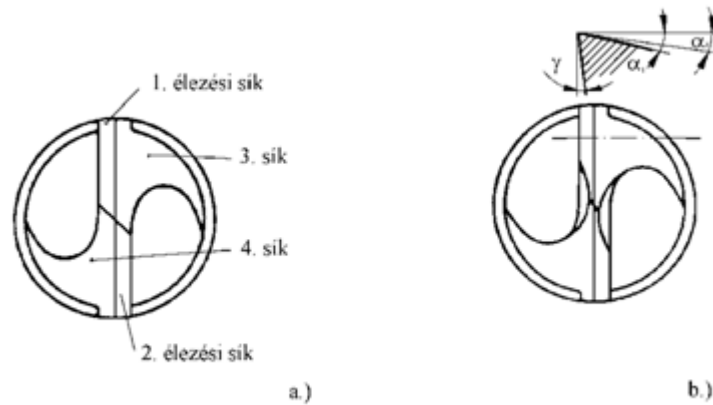
A csigafúró élfelújítása, újraélezése hagyományos módon kúppalást felületek újramunkálásával történik (6.23. ábra). A kúppalást felületek a fúrotengelyhez képest kitérően helyezkednek el. Az élszögeket, főként a változásuk miatt, mindig a külső átmérőn, a palástfelületen mérjük.

6.23. ábra - A csigafúró kúppaláston történő hagyományos élezése (Forrás: [1])



A csigafúrók újraélezésének – korlátozott felhasználási területen – sokkal egyszerűbb módszere az ún. négysíkú élezés, aminél a hátfelület nem kúpfelületek, hanem síkfelületek alkotják (6.24. ábra). Az ilyenfajta élezőgépek egyszerűbb szerkezetűek és az élezés olcsóbban és gyorsabban végrehajtható.

6.24. ábra - (Forrás: [1])



A csigafúró négysíkú élezése

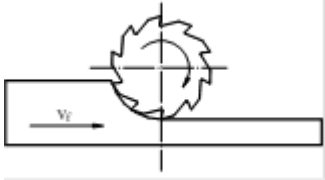
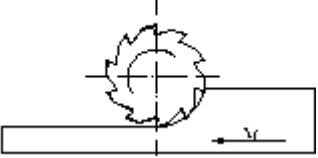
a.) normál, b.) keresztél rövidítéssel

7. fejezet - MARÁS

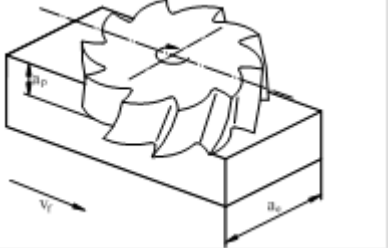
A marás során elsősorban sík, síkokból összetett ill. egyéb alakos, rendszerint külső felületeket állítunk elő. A forgácsoló mozgás, forgómozgás és mindig a szerszám végzi. Az előtoló mozgás – a szerszámtengelyre merőleges irányú – egyenes vonalú mozgás, amit a szerszám is és a munkadarab is végezhet. A fogásmélységet mind szerszámtengely irányában, mind rá merőlegesen – esetenként mindkét irányban egyszerre – szükséges meghatározni.

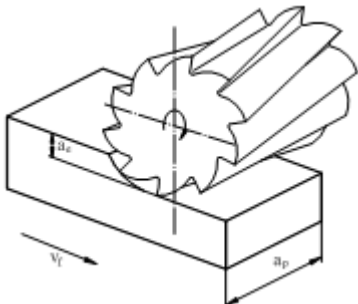
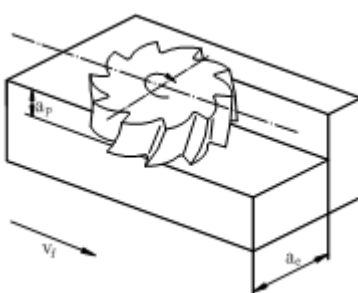
A fenti jellemzők alapján marásnál változó keresztmetszetű forgács, szakaszos leválasztása valósul meg, többélű határozott élgeometriájú szerszámmal. E megmunkálási csoport alkotja a „forgószerszamos megmunkálások” azon csoportját, amely nagy anyagleválasztási sebesség mellett igen változatos szerszámkollekcióval és nagyszámú eljárásváltozattal rendelkezik. A marási módok csoportosítását a 7.1. és 7.2. ábrák szemléltetik. Alapvetően két eljárásváltozat létezik:

- palástmarás
- homlokmarás.

• Ellenirányú marás 	• Hagyományos eljárás • Bármilyen gépen kivitelezhető
• Egyenirányú marás 	• Újabb keletű eljárás • Játékmentes asztalmazgatású gépet igényel

Palástélek forgácsolási változatai (Forrás: [1])

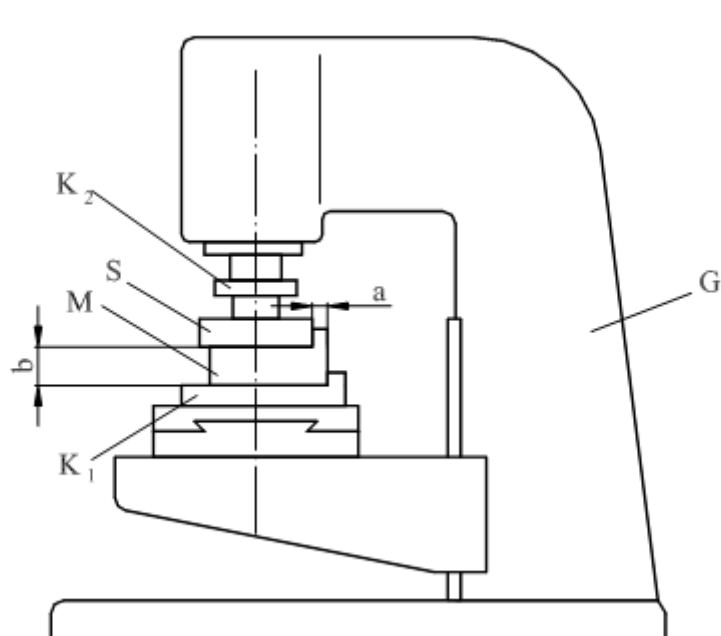
1. Homlokmarás 	• A maró forgástengelye merőleges a mart felületre • Paláston a főélek, homlokon a mellékélek forgácsolnak • Megmunkált felület: sík
2. Palástmarás	• A maró forgástengelye párhuzamos a mart felülettel • A paláston lévő főélek forgácsolnak • Megmunkált felület: sík

	
3. Palást-homlokmarás 	• A paláston a főélek, a homlokon a mellékélek forgácsolnak • Megmunkált felület: lépcsős (derékszög)

Marási főcsoportok (Forrás: [1])

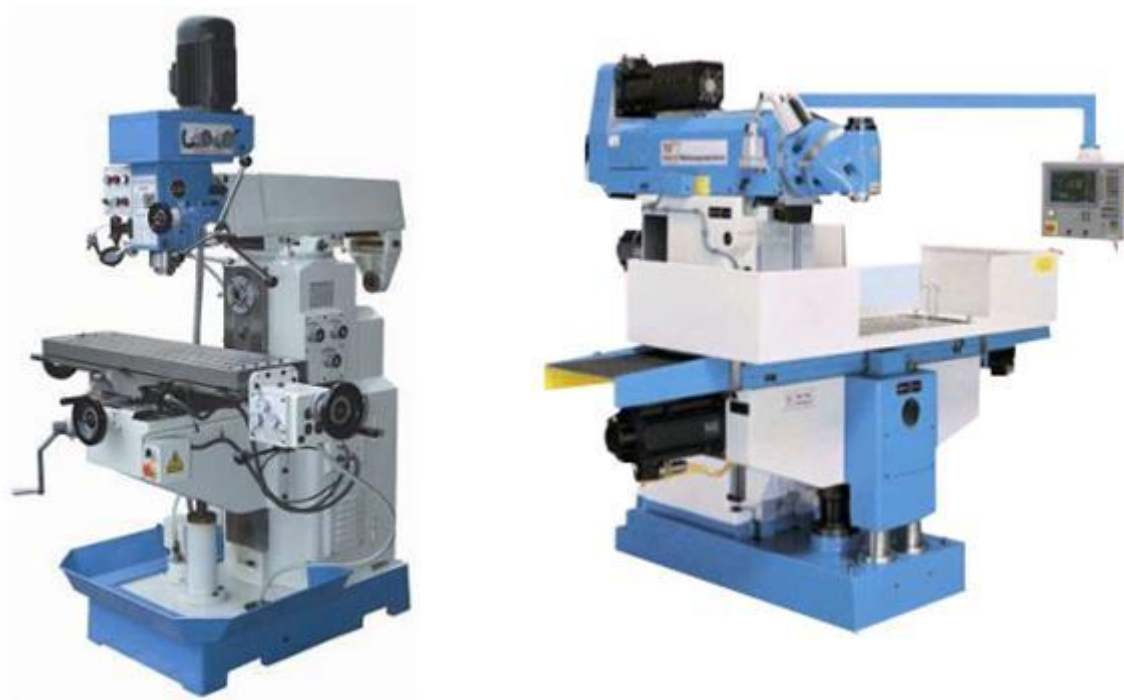
A marás klasszikus mechanikai rendszere – az MKGS rendszer – a 7.3. ábra alapján elemezhető. Az ábrán függőleges marógép (G) látható, továbbá munkadarab befogó készülék (K1), szerszámbefogó készülék (K2), munkadarab (M), és szerszám (S). A 7.4. – 7.6. ábrákon különböző kialakítású és rendeltetésű marógépek láthatók.

7.1. ábra - A marás MKGS rendszere (Forrás: [1])



7.2. ábra - Egyetemes szerszámarmarógép (Forrás: [4])

7.3. ábra - CNC marógép (Forrás: [4])



7.4. ábra - CNC fúró-marógép (Forrás: [4])



A marás szerszámainak fő csoportjai

A rendkívül változatos szerkezeti kialakítás terén, a szerszámok befogórésze alapján a marószerszámok körében két nagy csoportot különböztetünk meg (128. ábra). Vannak:

- száras marók (kisebb átmérőjük miatt) és
- furatos marók.

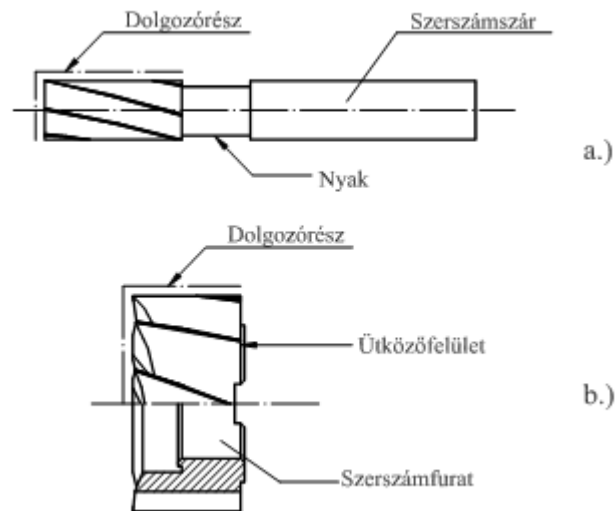
A szár és a furat a marószerszámok felfogó eleme, azonban ezek segítségével is csak közvetve lehet a marókat a marógépekre vagy megmunkáló-központokra felfogni. Ezek főorsóiban ugyanis 7/24 kúposágú „meredek kúp” van, ebbe illeszkedik a (közbenső elem) szerszámbefogó egyik vége, a másik vége pedig a maró furata, vagy szára szerinti kialakítású.

A száras marók monolit vagy hegesztett kivitelű legelterjedtebb változatait a 7.7. ábra szemlélteti. A marók anyaga is igen változatos. A kis átmérőjű szármárók (2-16 mm-ig) monolit keményfémből is készülnek, de

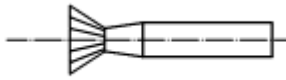
általánosabb a monolit gyorsacél. Marószerszámok készülnek forrasztott keményfémlapkával is, újabban pedig egyre jobban terjednek a váltólapkás marók. Van példa monolit kerámia száras maróra is.

A furatos és száras marók egyaránt alkalmasak palástmarásra is és homlokmarásra is.

7.5. ábra - (Forrás: [1]) A marószerszámok két fő típusa: a.) száras maró, b.) furatos maró



1.Ujjmaró		
2.Süllyesztékmáró		
3.Hosszlyukmaró		
4.T-horonymaró		
5.Ívesreteszhorony-maró (Woodruff-ék horonymaró)		

6.Szögmaró szár felé csökkenő kúppal	
7.Szögmaró szár felé növekvő kúppal	

A száras marók főbb típusai (Forrás: [1])

A palástmarás mozgási és forgácsolási viszonyai

Palástmarásnál a forgácsoló mozgást a szerszám, az előtolómozgást pedig a munkadarab vagy szerszám végzi. Lényeges az, hogy a maró forgástengelye párhuzamos a megmunkált felülettel. A megmunkált felület legtöbbször sík, ritkán hengeres-, vagy alakos (külső-, belső kontúr). A simító fokozatban elérhető pontosság IT9 – IT10, az érdesség pedig $R_a=6.3 - 12.5 \mu m$.

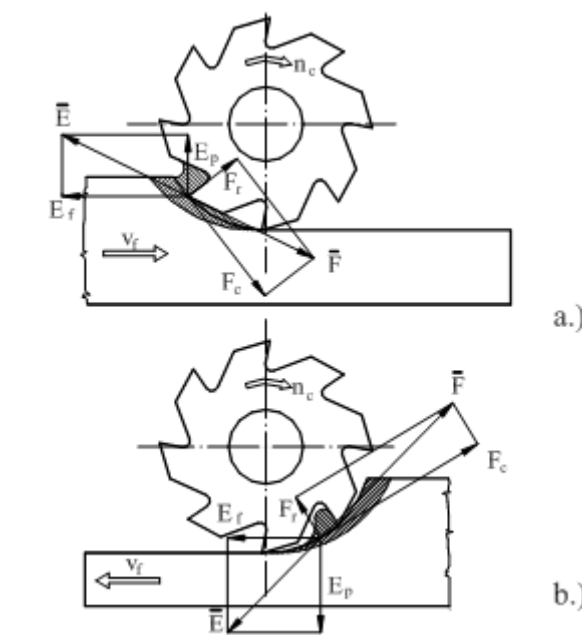
A palástmarásnak két változata van (7.9. ábra):

- ellenirányú marás
- egyenirányú marás.

Ellenirányú marásnál a munkadarabra ható E_f erőkomponens ellentétes irányú v_f -el, ezért a csavarorsós asztalmazgatás holtjátéka nem érezteti hatását. Az E_e erőkomponens viszont a munkadarabot megemelni igyekszik, ami nem előnyös. Belépéskor a szerszám éle megcsúszik a felületen, mert „nulla forgácsvastagság” mellett kezd dolgozni. A megcsúszás az él kopását gyorsítja.

Egyenirányú marásnál a munkadarabra ható E_f erőkomponens megegyező irányú v_f -fel, ezért a csavarorsós asztalmazgatás holtjátéka érezteti hatását: az E_f erő az asztalt a holtjátéknak megfelelően kissé előretolja; kilépve a marófog a fogásból (E_f lecsökken) az asztal egy pillanatra megáll, majd az orsó v_f sebességgel magával viszi, míg a következő fog ismét előre nem löki.

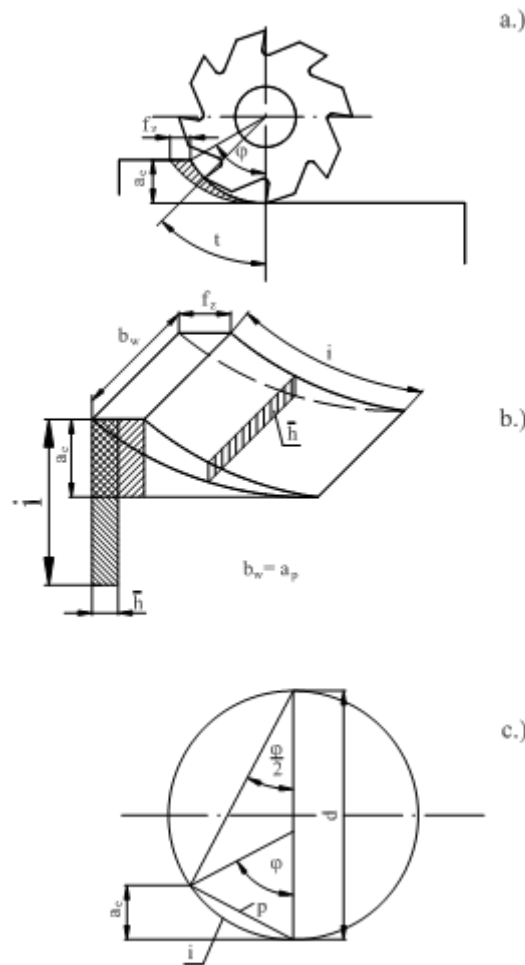
7.6. ábra - A palástmarás változatai (Forrás: [1]) a.) ellenirányú marás, b.) egyenirányú marás



A jelenség következtében egyes fogakra nagy terhelés jut, ami fogtörés okozója lehet; illetve rezgések keletkeznek, ami teljesítménycsökkenéssel jár. Az E_c hatása viszont kedvező, mert a darabot az asztalra szorítja. Kedvező a maróél belépése is, mert a szerszám nem csúszik meg, ezért kevésbé kopik. Egyenirányú marást azonban csak holtjátékmentes asztalmazgatásnál lehet alkalmazni. Az anyagleválasztás sebességének mértékegysége: cm^3/min , számítása: $Q = a_e \cdot a_p \cdot v_f$, amelynek értéke 50-70%-kal nagyobb, mint ellenirányú marásnál.

Bármelyik változatnál, lévén a maró többélű szerszám, szakaszos forgácsleválasztás történik és emellett a forgács-keresztmetszet változó jellegű (7.10. ábra). A forgács „vessző” vagy „bajusz” alakú. Az ábrán kirajzolt ideális vagy nem deformálódott forgácsalak keresztmetszetének legkisebb értéke a nullához közelít, a legnagyobb érték pedig az f_z fogankénti előtolással számítható. Az f_z fogankénti előtolás a marás legfontosabb forgácsolási adata.

7.7. ábra - Forgácskeresztmetszet palástmarásnál (Forrás: [1])



a) mozgásviszonyok és a forgácsalak,

b) térfogat egyenlőség

c) geometriai viszonyok

Az erőszámításokhoz – a forgács változó keresztmetszete miatt – a $\bar{h}$ közepes forgácsvastagság ismerete szükséges. A térfogategyenlőség alapján:

$$\bar{h} \cdot i \cdot b_w = a_e \cdot f_z \cdot b_w$$

amiből:

$$\bar{h} = f_z \cdot \frac{a_e}{i}$$

A továbbiakban a_e helyett egyszerűsítve a -t írunk, i -t pedig a 7.10.c. ábra alapján így írhatjuk fel:

$$i \approx p = \sqrt{a \cdot d}$$

Végül is a közepes forgácsvastagság:

$$\bar{h} = f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{d}}$$

Erő- és teljesítményszükséglet palástmarásnál

A maró egy fogára eső forgácsolóerő (F_{cl}) az általános erőképlet szerint:

$$F_{cl} = k_c \cdot A_{c\perp} = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h}$$

A teljes főforgácsoló erőt (F_c -t) a kapcsolási szám (ψ) figyelembe vételével számítjuk ki:

$$F_c = \psi \cdot F_{cl}$$

A kapcsolási szám az egyszerre forgácsolást végző marófogak számát fejezi ki:

$$\psi = \frac{i}{t} \approx \frac{p}{t} = \frac{z \cdot \sqrt{a \cdot d}}{d \cdot \pi} = \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{d}}$$

Helyettesítve h és ψ értékét a fenti egyenletekbe:

$$F_c = k_c \cdot f_z \cdot \sqrt{\frac{a}{d}} \cdot b_w \cdot \frac{z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{a}{d}}$$

amiből:

$$F_c = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{z}{d\pi}$$

ahol:

$$k_c = k_{cl.1} \cdot \bar{h}^{-z} \cdot k_\gamma \cdot k_v \cdot k_k$$

A három korrekciós tényező számértékét a korábbiakban megismert szokásos módon számoljuk. A főforgácsoló erő ismeretében a maró forgatásához szükséges tiszta forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3}, (\text{kW})$$

helyettesítve F_c -t:

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot v_c}{d\pi \cdot 60 \cdot 10^3}, (\text{kW})$$

Felhasználva, hogy a főforgácsoló sebesség és az előtoló sebesség:

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \text{ és } v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

végül is:

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot n}{60 \cdot 10^6}, (\text{kW})$$

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot b_w \cdot v_f}{60 \cdot 10^6}, (\text{kW})$$

Fontos megjegyezni, hogy mind a főforgácsoló erő, mind a forgácsoló teljesítmény fenti módon kiszámított értéke közepes vagy átlagos jellegű, mert a közepes forgácsvastagságot vettük figyelembe. Amennyiben a csúcserőkre és csúcs teljesítményekre vagyunk kíváncsiak, akkor a legnagyobb forgácsvastagsággal kell számolni, amelynek számértéke mintegy kétszerese a -nak.

A palástmarók kopása, éltartama, élfelújítás

A palástmarókon forgácsolási viszonyaik következtében homlokkopás és hátkopás keletkezik. Gyorsacél maróknál az éltartamot a hátkopás határozza meg. A hátkopás intenzívebb és sokkal inkább jellemző az éltartamra, mint a homlokkopás. Ez természetes következménye a kis forgácsvastagságnak és a maróél kis megcsúszásának ellenirányú marásnál. A megengedett hátkopás a maró átmérővel növekedve 0.15-0.80 mm nagyolásnál, és 0.10-0.30 mm simításnál.

A megengedett hátkopáshoz kb. 180-480 perc éltartam tartozik. Pontosabb számításokhoz a Taylor egyenlet felvétele nyújt biztos támpontot. Újabban előfordul az a gyakorlat is, hogy a maró éltartamát nem percben, hanem az előtolási út hosszával fejezik ki. Gyorsacél maróknál $L=15\,000\text{ mm}$ a szokásos éltartamút (pl. $v_{L15000}=26\text{ m/min}$ azt jelenti, hogy 26 m/min sebességgel forgácsolva 15 000 mm előtolási út tehető meg két élezés között).

A marószerszámok hőigénybevétele a szakaszos forgácsolás miatt kedvezőbb, mint az állandóan fogásban levő esztergakékeké. A fogásban levő idő mintegy 25%-a a teljes forgácsolási időnek. A fogáson kívüli időben a hűtő-kenő folyadék vagy maga a levegő lehűti a felmelegedett fogakat.

A marók drága szerszámok, fontos, hogy újraélezésük időben történjék. A túlkopott marófog könnyen kicsorbul. A csorbult (kitört) fogú marót szabatosan újraélezni nem lehet. Martfogú marók élezése a fogak homlokfelületének és a hátfelületek köszörülésével történik. A hátraesztergált fogú marók csak homlokfelületen újíthatók fel.

A homlokmarás mozgási és forgácsolási viszonyai

Homlokmarásnál a forgácsoló mozgást a szerszám, az előtolómozgást pedig a munkadarab vagy a szerszám végzi. Lényege az, hogy a maró forgástengelye merőleges a megmunkált felületre. A megmunkált felület legtöbbször síkfelület.

A simító fokozatban elérhető pontosság IT8-IT9, az érdesség pedig $R_a=3.2-12.5\mu\text{m}$. A homlokmaró forgácsolás viszonyait a 7.11. ábra szemlélteti. A forgácskeresztmetszet a marófog forgácsolási útja mentén változó: legkisebb a belépés vagy a kilépés helyén, legnagyobb a marótengely előtolási irányába eső szimmetriasíkban. Itt jelentkezik a fogankénti előtolás (f_z), ami a homlokmarás legfontosabb forgácsolási adata. A változó forgácskeresztmetszet miatt az erő- és teljesítményszámításokhoz a közepes forgácsvastagság ($\bar{h}$) ismerete szükséges. Az ábra alapján első lépésben kiszámítjuk azt az átlagos sugárirányú előtolást ($f_{r\varphi}$), amely a marótengelyre merőleges síkban a forgács közepes, vagy átlagos vastagságával kapcsolatos. Ez az érték egy bizonyos szögértéknél (φ) jelentkezik. A területegyenlőség alapján:

$$f_{r\varphi} \cdot i = f_z \cdot b_w$$

amiből:

$$f_{r\varphi} = f_z \cdot \frac{b_w}{i}$$

mivel:

$$i = \frac{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)^\circ}{360^\circ}$$

így:

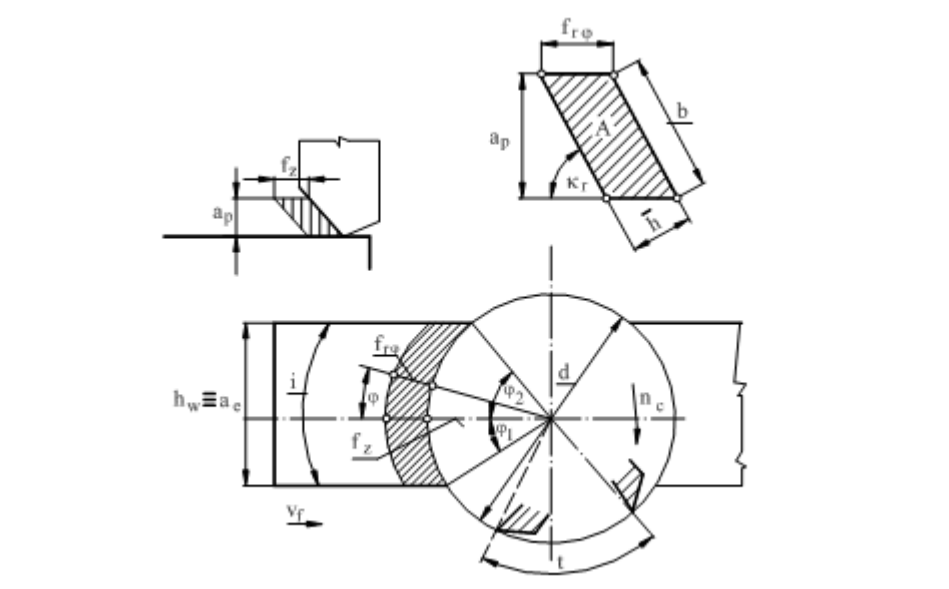
$$f_{r\varphi} = f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)^\circ}$$

Az $f_{r\varphi}$ -ből a keresett $\bar{h}$ közepes forgácsvastagság:

$$\bar{h} = f_{r\varphi} \cdot \sin \kappa_r$$

Amennyiben $\kappa_r = 90^\circ$, akkor természetesen $\bar{h} = f_{r\varphi}$. Homlokmarásnál célszerű betartani a $d/b_w=1.5-1.7$ viszonyt, hogy legalább 2-3 fog legyen fogásban.

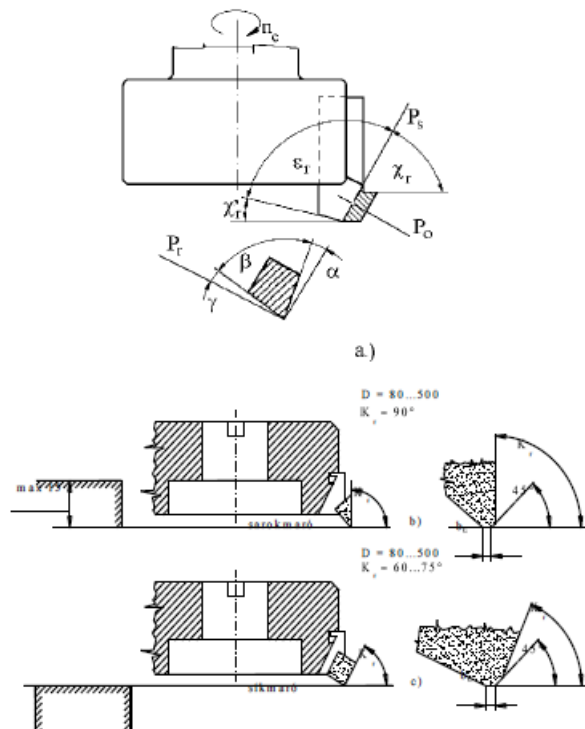
7.8. ábra - Forgácskeresztmetszet homlokmarásnál (Forrás: [1])



A homlokmaró élgeometriája

A nagyteljesítményű homlokmarók régebben ún. betétkéses, jelenleg pedig váltólapkás kivitelűek (7.12. ábra). A homlokmarók élgeometriáját, betétkéses szerszámon ábrázoljuk. (Az ábrán csak egy betétkést rajzoltunk meg az áttekintés könnyítése céljából). A szerszámsíkok és élszögek értelmezése az egyélű szerszámoknál leírtakkal azonos.

7.9. ábra - Jellegzetes homlokmaró élgeometriája (Forrás: [1])



a.) betétkéses maró, b.) sarokmaró, c.) síkmaró

A síkmaró kimondottan lépcsőnélküli síkfelületekhez való. Az elhelyezési szöge 60-75°. A homlokmarók mindig furatosak, befogásuk megfelelő szerszámbefogó elemmel valósítható meg.

Erő- és teljesítményszükséglet homlokmarásnál

Először a maró egy fogára eső közepes forgácsoló erőt számoljuk:

$$F_{c1} = k_c \cdot A_c = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h}$$

vagy másképpen kifejezve:

$$F_{c1} = k_c \cdot a_p \cdot f_r \varphi$$

helyettesítve $f_r \varphi$ -et és a_p helyett a -t írva:

$$F_{c1} = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{360^\circ}{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2)^\circ}$$

A teljes főforgácsoló erőt (F_c) a kapcsolási szám (ψ) figyelembevételével számítjuk:

$$F_c = \sum_{i=1}^Z F_{c1} = \psi \cdot F_{c1}$$

A ψ kapcsolási szám az egyszerre fogásban levő marófogak számát fejezi ki:

$$\psi = \frac{i}{t} = \frac{d \cdot \pi \cdot (\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ \cdot d \cdot \pi} = \frac{(\varphi_1 + \varphi_2) \cdot z}{360^\circ}$$

amivel a főforgácsoló erő:

$$F_c = k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot \frac{Z}{d \cdot \pi}$$

A fajlagos forgácsoló erőt (k_c -t) a szokásos módon számítjuk:

$$k_c = k_{cl} \cdot \bar{h}^{-z} \cdot k_\gamma \cdot k_v \cdot k_k$$

Az erőingadozás vizsgálatától eltekintünk itt, mivel helyes alkalmazás esetén:

$$\Psi_{\text{homlokmarás}} > \Psi_{\text{palástmarás}}$$

A maró forgatásához szükséges tiszta forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3}, (\text{kW})$$

helyettesítve F_c -t:

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot v_c}{d \cdot \pi \cdot 60 \cdot 10^3}, (\text{kW})$$

Tekintve, hogy:

$$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

és

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n$$

végül is:

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot f_z \cdot b_w \cdot z \cdot n}{60 \cdot 10^3}, (\text{kW})$$

mivel:

$$P_c = \frac{k_c \cdot a \cdot b_w \cdot v_f}{60 \cdot 10^6}, (\text{kW})$$

1. A homlokmarók kopása és éltartama

A homlokmarók mai korszerű változata szinte kizárólag váltólapkás kivitelű. A fellépő kopásformák a keményfém váltólapkáknál megszokott hátkopás és homlokkopás. Az esztergálással szemben van azonban egy lényeges különbség a lapka igénybevételében, mégpedig a bekezdéskor jelentkező ütésszerű dinamikus igénybevétel. A lapkát erő kezdeti erőimpulzus helye és jellege háromféle lehet (7.13. ábra):

- pontszerű érintkezés: A, B, C vagy D ponton
- vonalszerű érintkezés: AB, CD, AC vagy BD vonalon
- felületi érintkezés: ABCD felületen.

A lapka éltartama szempontjából kedvező a B (esetleg A) ponton történő érintkezés, mert az erő fokozatosan növekszik maximumára. Kedvezőtlen a teljes homlokfelületi érintkezés, valamint a C ponton történő érintkezés.

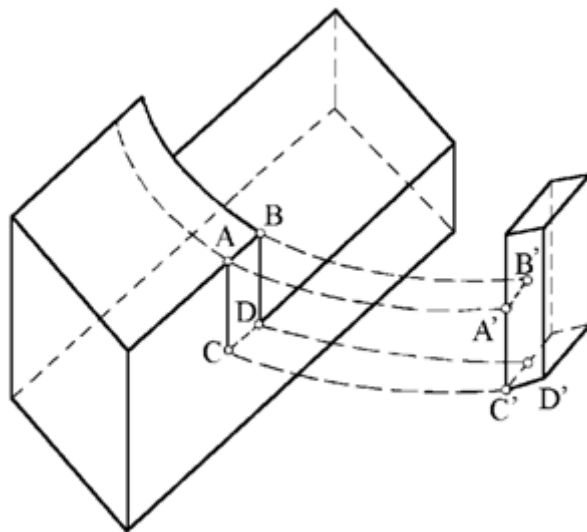
A kezdeti érintkezés határok között szabályozható:

- szerszámválasztással
- beállítással.

Az első érintkezésen kívül igen jelentősen befolyásolja a homlokmarók éltartamát a hűtő-kenő folyadék alkalmazása, azonban sokszor éppen ellentétes irányban, mint esztergálásnál. A hűtés alkalmazása esetenként

nem növeli, hanem csökkenti az éltartamot. Tapasztalatok szerint 50-75%-kal kisebb éltartam jelentkezhet helytelen hűtéssel, mint hűtés nélkül.

7.10. ábra - A lapka és a munkadarab érintkezési lehetőségei (Forrás: [1])



A hősokk és az ütésszerű igénybevétel olyan mértékű lehet marásnál, hogy rövid idő alatt repedések alakulnak ki a főél mentén, majd ezt követően az él letöredezik, ami az éltartam végét jelenti. A homlokmarók éltartamát időegység helyett gyakran adják meg az egy fogra eső előtolóúttal. Korszerű maróknál

$L_{T,z} = 5-10 \text{ m/fog}$

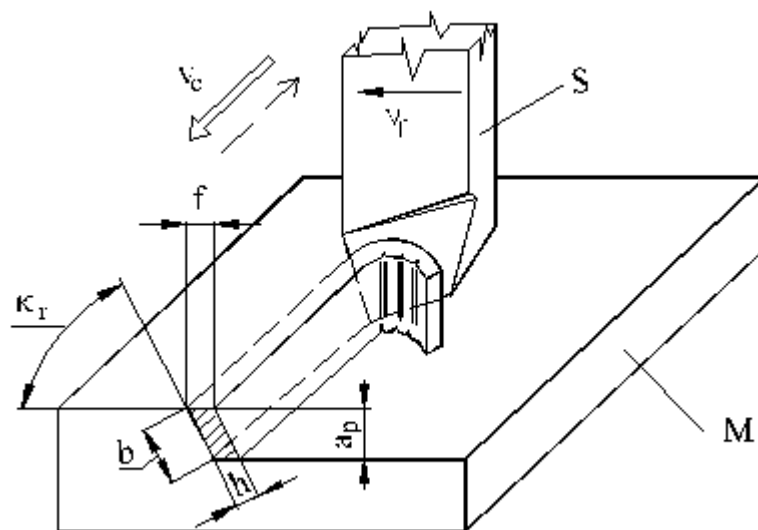
éltartamúttal lehet számolni.

8. fejezet - GYALULÁS, VÉSÉS, ÜREGELÉS

1. Gyalulás

A gyalulás ismétlődő, többnyire egyenes vonalú forgácsoló mozgással és a forgácsolás irányára merőleges, szakaszos előtoló mozgással végzett forgácsolás. A megmunkálás során általában állandó keresztmetszetű forgács szakaszos leválasztása valósul meg egyélű szerszámmal, egyenes vonalú (alternáló) főmozgás illetve előtolás mellett (8.1. ábra, ahol mindkét mozgás a szerszám végzi).

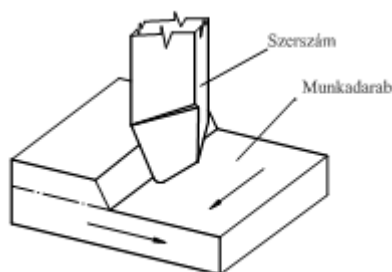
8.1. ábra - A gyalulás forgácsolási viszonyai (Forrás: [1])



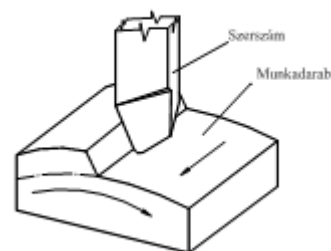
A fémmegmunkálásban a gyalulással analóg egyes fajtákat – elsősorban a „függőleges gyalulást” – vésésnek nevezzük.

A gyalulás különböző változatait mutatja a – szerszám főmozgás illetve munkadarab előtolómozgás esetére – 8.2. – 8.7. ábra az MSZ 05-3204-85 szerint.

8.2. ábra - Síkgyalulás (Forrás: [1])

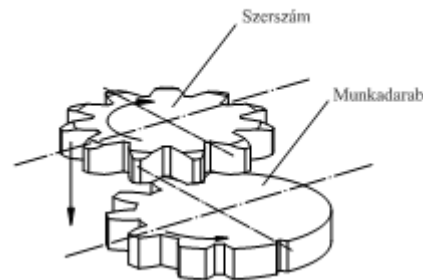
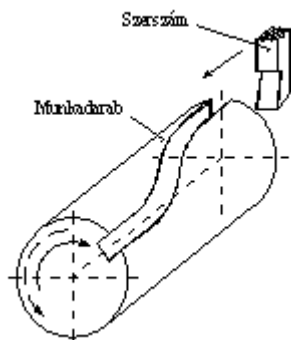


8.3. ábra - Hengerfelület-gyalulás (Forrás: [1])

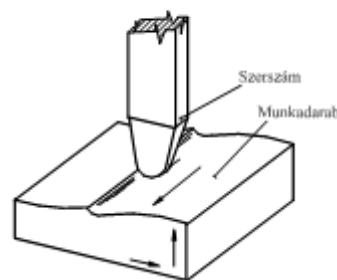
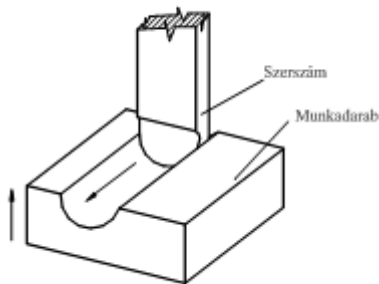


137. ábra (Forrás: [1])

8.4. ábra - Csavarfelület-gyalulás (Forrás: 8.5. ábra - Lefejtő fogvésés (Forrás: [1]) [1])



8.6. ábra - Profilozó gyalulás (Forrás: [1]) 8.7. ábra - Alakgyalulás (Forrás: [1])



A gyalulás forgácsolási viszonyai

A gyalulás forgácsolási viszonyait – mint legelterjedtebb eset – a sík gyalulás esetében vizsgáljuk.

Sík gyaluláskor a főmozgás alternáló mozgás. Ha ezt a munkadarab végzi, akkor hossz-gyalulásról, ha a szerszám végzi, akkor haránt-gyalulásról van szó. Mindkét esetben a szerszám csak munkalöketben forgácsol. Az irányváltás után szakaszos előtolás majd újabb munkalöket következik.

A munkalöket és hátramenet alatt a sebesség – v_c (forgácsoló sebesség, m/min) illetve v_r (hátramenet sebessége, m/min és $v_r > v_c$) – változó, ezért közepes sebességgel számolunk:

$$= \frac{2 \cdot L \cdot n_K}{1000} \text{ (m/min)}$$

ahol:

- L - a lökethossz (mm)
- n_K - a kettőlöketek száma (1/min)

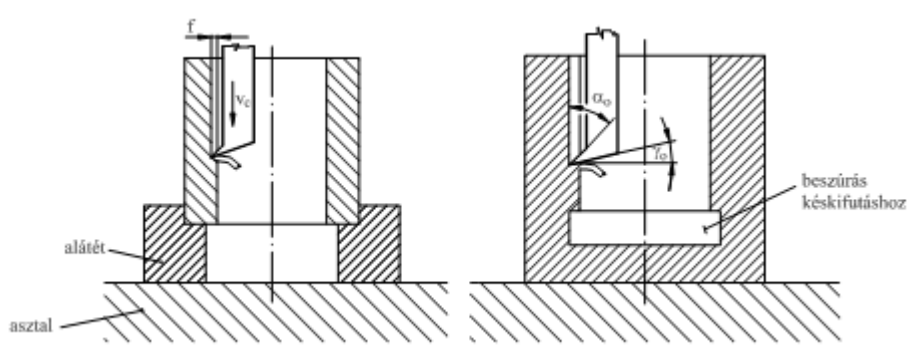
A gyalulás szerszámai egyelőre forgácsoló kések. A gyalukések a munkalöket kezdetén erős ütősszerű igénybevételt szenvednek, ezért a dolgozórésszak csak szívós anyagból készülhet.

A szerszámok befogásának rövid kinyúlása kell legyen, mert hosszú kinyúlás esetén a szerszám rugalmasan hátrahajlik és megnő a fogásmélység (a_p), ami „nyugtalan járáshoz” és rezgések kialakulásához vezet. Ezt a jelenséget könyökös gyalukés alkalmazásával lehetséges kiküszöbölni.

Vésés (Függőleges gyalulás)

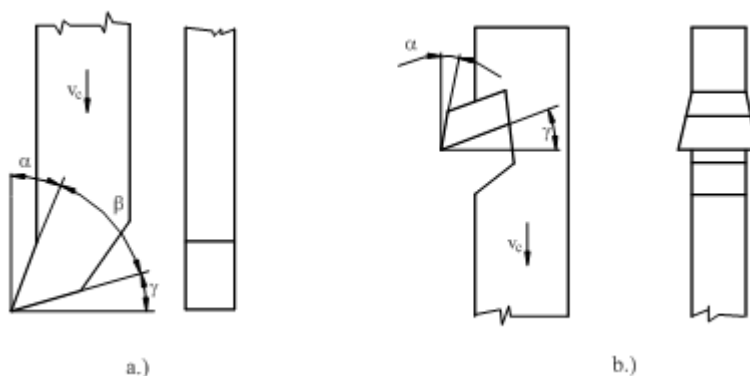
A vésés sok tekintetben a gyaluláshoz hasonló forgácsoló eljárás. Vésésnél az alternáló mozgás rendszerint függőleges irányú és belső hornyok, üregek, alakzatok megmunkálására alkalmas. A vésés forgácsolási viszonyait a 8.8. ábra illusztrálja

8.8. ábra - A vésőkések működési feltételei (Forrás: [1])



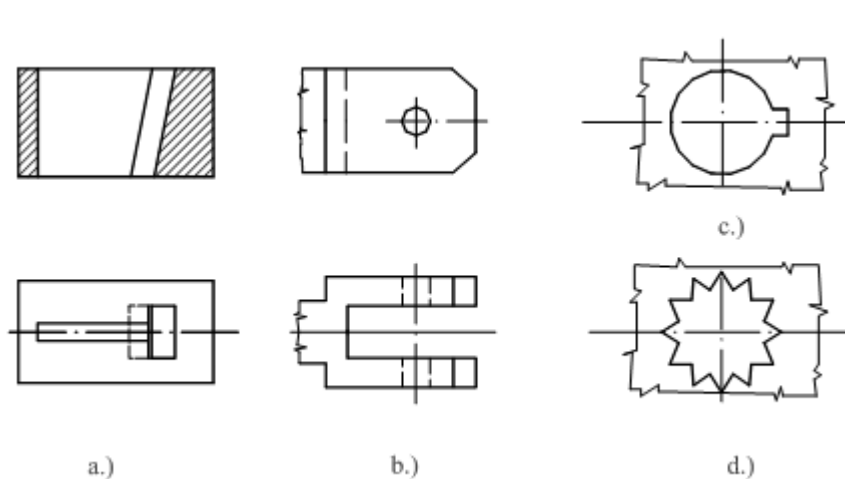
A vésés termelékenysége kicsi, kevésbé pontos eljárás. Szerszáma leginkább gyorsacélból készül. A vésőkések jellegzetes típusai és élgeometriája a 8.9. ábrán látható.

8.9. ábra - Vésőkések típusai és élgeometriája (Forrás: [1]) a.) gyorsacél vésőkés, b.) forrasztott keményfémlapkás horonyhúzó



A vésés jellegzetes és speciális alkalmazási esetei láthatók a 8.10. ábrán.

8.10. ábra - Vésőkések típusai és élgeometriája (Forrás: [1]) a.) gyorsacél vésőkés, b.) forrasztott keményfémlapkás horonyhúzó



Véséssel előállított munkadarabok

a.) vezető elem, b.) villa,

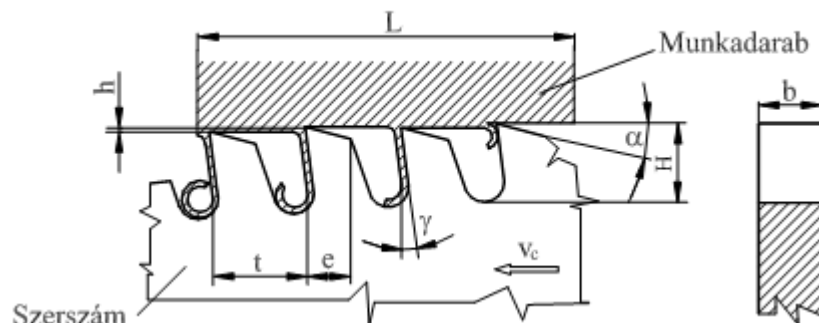
c.) reteszhorony, d.) barázda fogazat (lehet kúpos is)

Üregelés

Az üregelés valamennyi forgácsoló eljárás közül a legtermelékenyebb gyártási eljárás, az üregelő szerszámok elkészítése viszont rendkívül költséges, ezért főleg csak a nagysorozat- és tömeggyártásban alkalmazható gazdaságosan.

Az üregelés olyan többfogú szerszámmal végzett forgácsoló eljárás, amelynél a szerszám fogai egymás mögött növekvően lépcsőzve helyezkednek el és az egyes lépcsők mérete megegyező a forgácsvastagsággal (8.11. ábra „h” méret) . Az előtoló mozgást a fogak lépcsőzése helyettesíti. Az üregelés művelete során a szerszám általában egyszer halad át a munkadarabon és egyidejűleg készre munkálja annak felületét.

8.11. ábra - Az üregelő túske forgácsleválasztási körülményei (Forrás: [1])



Az üregelő túske forgácsleválasztási körülményei

Az üregelés (3.2.7.) lehet:

- 3.2.7.1. Síküregelés
- 3.2.7.2. Henger felület üregelés
- 3.2.7.3. Csavar felület üregelés
- 3.2.7.5. Profilozó üregelés
- 3.2.7.6. Alaküregelés

Az üregelés az alaküregelés kivételével lehet:

- külső üregelés
- belső üregelés

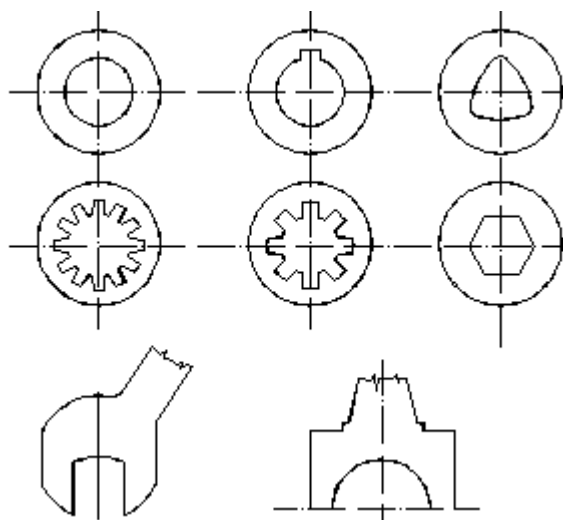
A szerszámmra ható erő szerint:

- húzó
- nyomó

A szerkezeti kialakítás szempontjából:

- tömör
- szerelt

8.12. ábra - Üregeléssel készült jellegzetes alkatrészek (Forrás: [1])

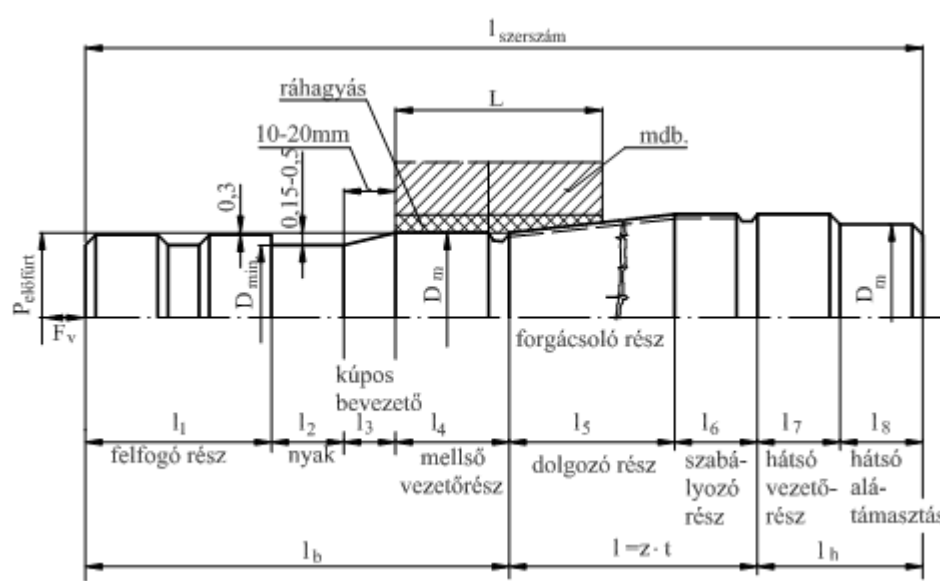


Az üregeléssel külső, belső, alakos és síkfelületek állíthatók elő (8.12. ábra), melynek méretpontossága IT 6 ÷ IT 8 és $R_a=0,4 \div 1,6 \mu\text{m}$ átlagos érdesség mellett.

Az üregelés nagy termelékenységgű forgácsoló eljárás. Belső hengerfelület üregelése esetén a szerszám részeit és szerkezeti kialakítását a 8.13. ábra szemlélteti. A szerszáma igen drága, s így az üregelés csak nagysorozat- és tömeggyártásban gazdaságos.

Az üregelő szerszámok felépítése és kialakításuk főbb szempontjai

8.13. ábra - Az üregelő szerszám részei (Forrás: [1])



Az üregelő szerszám részei:

- Felfogórész (1)
- Nyakrész (2)
- Kúpos bevezető (3)
- Mellső vezető rész (4)
- Forgácsolórész (dolgozó rész) (5)

- Szabályozórész (kalibráló rész) (6)
- Hátsó vezetőrész (7)
- Hátsó alátámasztás (8)

1. Felfogórész

Az üregelőgépbe való befogást szolgálja. Kialakítása az üregelőgép típusától függ.

Méretét meghatározza:

- Előmunkált furat átmérője.
- Felfogóhüvely átmérője.

Felfogórész méretének meghatározása:

Táblázatból kell meghatározni az üregelőgép adatainak ismeretében úgy, hogy a felfogórész és az előmunkált furat közötti hézag ne legyen kisebb, mint 0,3 mm.

2. Nyakrész:

- A felfogórészt köti össze a működőrészszel.
- Rendszerint ezen történik a márkázás, beírás.
- Nyakrész méretének meghatározása.

Nyakrész átmérő = Felfogórész átmérő – (0,3 ÷ 1 mm).

- Nyakrész, felfogórész, bevezetőkúp hossza a gép adataitól függ.

3. Kúpos bevezető:

Feladata a munkadarab tájolása a szerszám dolgozó részéhez.

- Alakja az előmunkált furat alakjához igazodik.
- Kisebbik átmérője egyenlő a nyakrész átmérőjével.
- Nagyobbik átmérője megegyezik a mellső vezetőrész méretével.
- Hossza 10 ÷ 20 mm, esetleg 25 mm felett.

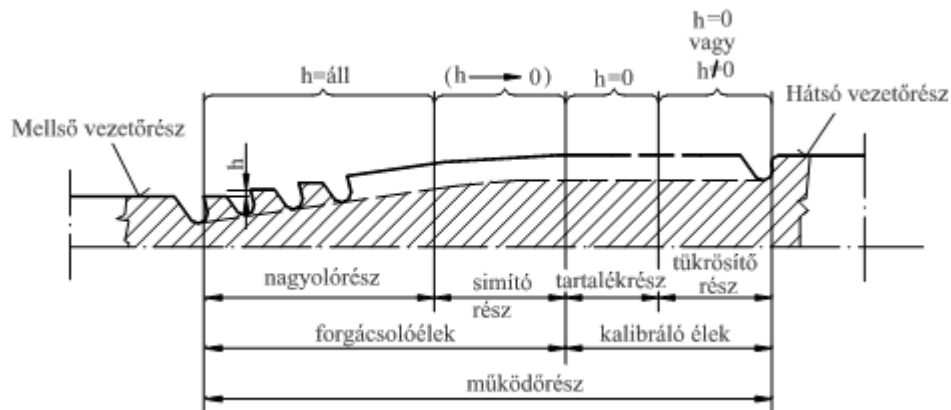
4. Mellső vezetőrész:

Feladata a munkadarabnak az üregelő szerszámhoz viszonyított helyes beállítása, a teljes körvonal mentén egyenletes anyagleválasztás biztosítására.

- Kúpos bevezető végétől az első élig terjedő hossz.
- Hossza függ az üregelendő furat hosszától, de nem lehet kisebb a furatátmérő 1-1,5-szeresénél.
- Névleges mérete azonos az előmunkált furatátmérő alsó határméretével.

5-6. A forgácsoló és szabályozórész felépítése a 8.14. ábrán követhető.

8.14. ábra - A dolgozó rész felosztása (Forrás: [1])



7. Hátsó vezetőrész:

Feladata, hogy megakadályozza a munkadarab ferde beállítását az utolsó szerszámelek forgácsoló munkája közben.

- Profilja azonos a megmunkált furatéval, de lehet az üregelt furatba beírható kör is.
- Átmérője a megmunkált furat alsó határméretére készül, hossza pedig a furathossz $0,5 \div 0,8$ -szerese, de legalább 20 mm.

8. Hátsó támasztás:

Szerepe lehet:

- Hátsó szerszámbefogás (támasztás).
- Gépi visszamozgatás.
- Átmérője legtöbbször ugyanolyan, mint a mellső vezetőrésze, de elsősorban az üregelőgép típusától függ (kíségítő tolattyú tokmányának mérete).

Belső üregelőgépek

Általában alakos üregek megmunkálására alkalmasak. Ezek a gépek úgy dolgoznak, hogy a munkadarab kiinduló nyílásán az üregelőtűskét áthúzzák, eközben forgácsolóélei a kiinduló nyílást a megkívánt méretűre bővítik. A ráhagyás nagysága 0,3...1,5 mm.

A belső üregelőgépek egyetemes jellegűek, felépítésük szerint lehetnek vízszintesek és függőlegesek

A vízszintes üregelőgép a legelterjedtebb géptípus. A gép kialakítása egyszerű: az alaplapon lévő szekrénszerű gápanyagban van elhelyezve a húzórendszer. A szerszámot az üregelőfejben rögzítik és a felfogókészülékbe fogott munkadarabban vezetik

A hajtómű és a vezérlés általában hidraulikus. A dugattyú sebessége változtatható.

Az üzemi nyomás: 25...50 bar.

A *függőleges üregelőgépek* (8.15. és 8.16. ábra) helyszükséglete lényegesen kisebb, mint a vízszintes üregelőgépeké.

A gépek húzással, vagy nyomással működnek. Hátrányuk a kisebb lökethossz és a korlátozott munkadarabméret.

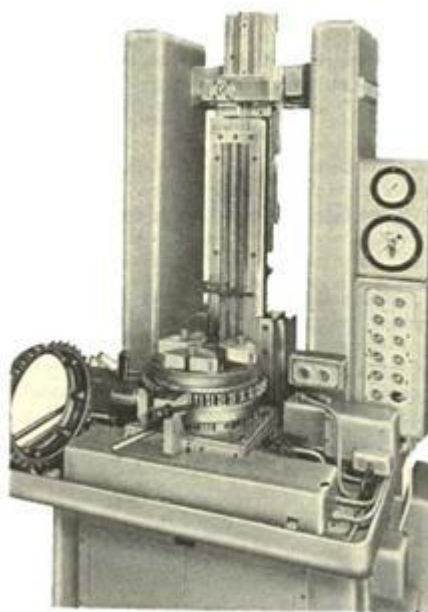
A termelékenység növelésére gyakran két-, három-, vagy négmunkahelyes gépet készítenek.

A nyomással működő gép (üregelőszájító) függőleges elrendezésű, egyszerű hidraulikus prés. Csak rövid felületek üregelésére alkalmas.

8.15. ábra - Függőleges belső üregelőgép
(Forrás: [3])

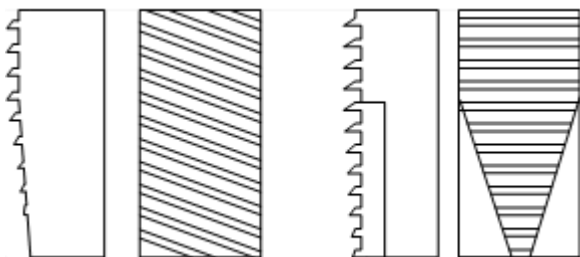


8.16. ábra - Függőleges külső üregelőgép
(Forrás: [3])

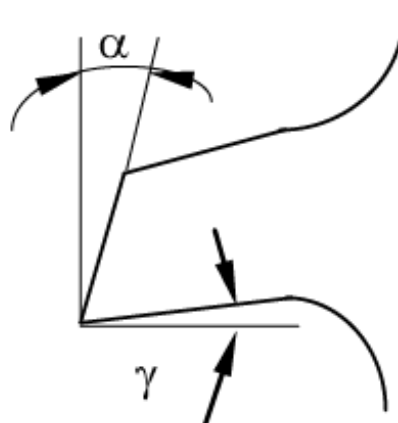


Üregeléssel külső felületek is megmunkálhatók (húzómarás). (8.17. és 8.18. ábra) A külső felületek üregelésének szerszámai általában hasábos kialakításúak.

8.17. ábra - Külső felületek üregelő szerszámai (Forrás: [3])



8.18. ábra - Az üregelő szerszám fogkialakítása (Forrás: [3])



Az üregelőtüske fogainak élszögei acélanyagok üregeléséhez: α - hátszög: $2...4^\circ$, γ - homlokszög: $12...15^\circ$

Külső üregelőgépek (húzómarógépek)

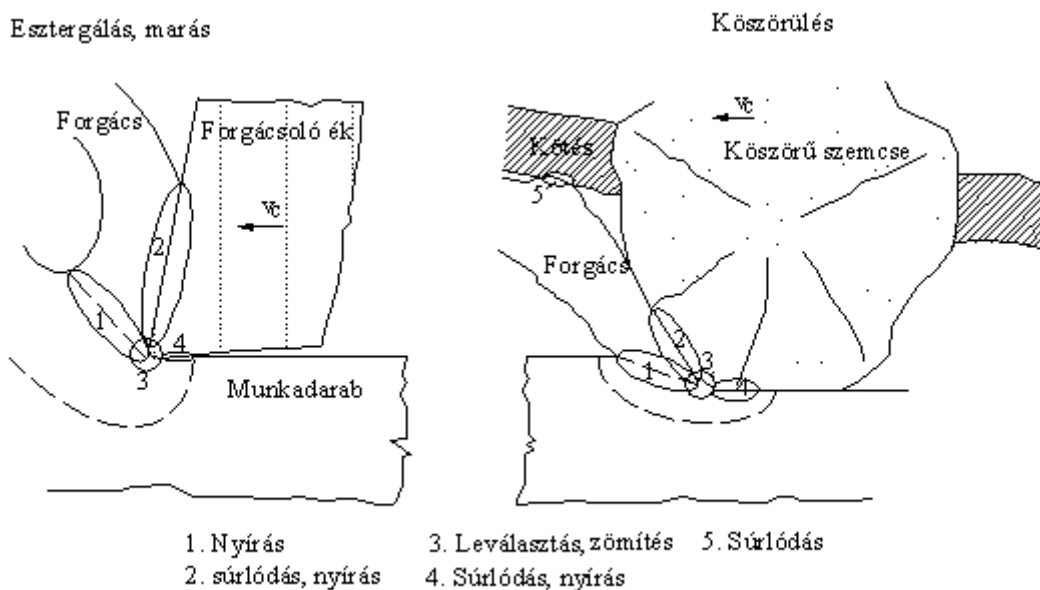
A külső üregelőgépeken különböző profilú külső felületeket munkálnak meg. A függőleges külső üregelőgépnél a szerszámot a szánra szerelik. Az asztal és a munkadarab a löket végén kismértékben eltávolodik a szerszámtól.

Az üres löket kiküszöbölésére olyan gépeket fejlesztettek ki, amelyekkel folyamatosra tehető az üregelés. A folyamatos külső üregelőgépeknél a szerszám áll és a munkadarabok folyamatosan haladnak el a rögzített szerszám alatt. A folyamatos mozgást körasztal, vagy körfutó lánc valósítja meg. A munkadarabok mozgás közben, a megmunkálás alatt cserélhetők, sem üreslöketi, sem befogási idővesztéség nincs. A munkadarab befogása kézzel történik, a kész darabot a felfogókészülék automatikusan elengedi és kidobja.

9. fejezet - FORGÁCSOLÁS HATÁROZATLAN ÉLGEOMETRIÁJÚ SZERSZÁMMAL - KÖSZÖRÜLÉS

A geometriailag határozatlan élgeometriájú szerszámmal való forgácsolás, ahogyan a határozott élgeometriájú szerszámmal végzett forgácsoláskor is, a szerszám mechanikus behatása révén kialakuló anyagleválasztás. Az alapelv mind a két esetben azonos. A szerszám élét itt a kemény anyagú szemcse adja, de ennél a szemcsénél több aktív él is lehet. A forgács keresztmetszet nagyságrendje azonban jóval kisebb mint határozott élgeometriájú szerszámok esetén. Összehasonlításra a 8.19. ábra ad lehetőséget.

9.1. ábra - Forgácsképződés (Forrás: [1]) a) esztergálás, b) köszörülés esetén



A kötött szemcsével való forgácsolás erősen negatív homlokszögű szerszámmal valósul meg. Az él pályája epiciklois. A forgácsvastagság nagyon kicsi. Így az anyag képlékeny alakváltozása nem elhanyagolható.

A köszörűszerszám felépítése

A köszörűszemcse anyaga

A szemcse anyaga leggyakrabban a korund, szilícium karbid, kőbös kristályos bórnitrid és a gyémánt. Ezeket az anyagokat ma szintetikusán állítják elő, mert így ha szűk határok között is, de kedvező anyagtulajdonságok érhetők el. A szemcseanyagokat egymástól a keménységük és kopásállóságuk különböztetik meg, azonban más szokásos fizikai tulajdonságaik mérőszámai is nagymértékben különböznek (pl.: sűrűség, a rugalmassági modulus, Poisson szám, súrlódási tényező, hőállóság, hőtágulási együttható, hővezető képesség).

Korund

A korund kristályos Al-oxid (Al_2O_3). A mechanikai tulajdonságait a tisztasága határozza meg. Eszerint lehet normál-, félnemes- és nemes korund.

Szilíciumkarbid

A szilíciumkarbid a legfontosabb kerámia anyagokhoz tartozik. Köszörűszemcse anyagként alkalmazzuk. Színe szerint fekete vagy zöld színű lehet, ami az anyag tisztaságára utal. A fekete SiC kb. 98%, míg a zöld SiC kb. 99,5% tisztaságú. Szennyező anyag a szabad szén, az Fe, Al, Co, Mg elem és a szabad szilícium. A SiC

keménységére a szennyezők gyakorlatilag nincsenek befolyással. A fekete SiC hajlító szilárdsága azonban nagyobb a zöldnél.

Szuperkemény csiszolóanyagok

A szuperkemény csiszolóanyagok nagyobb keménységűek mint az előzőekben tárgyalt csiszolóanyagok. Ebbe a csoportba soroljuk a természetes-, a mesterséges gyémántot és a köbös bórnitridet.

- A **természetes gyémántot** ipari célra abban az esetben használunk, ha az mérete és/vagy szennyezettsége miatt más célra nem alkalmas. Az egészen apró, mintegy $1\div 1200\ \mu\text{m}$ nagyságú gyémántszemcséket elsősorban nem vasalapú anyagok, mint üveg, kerámia, keményfém, műanyag, stb., finomfelületi megmunkálására - tükrösítésére, fényesítésére - használják.
- A **mesterséges gyémánt** keménysége és sűrűsége azonos a természetes gyémántéval. Hővezető képessége jobb a korundénál és a szilíciumkarbidénál. Hőállósága azonban alacsony. Már $700\ ^\circ\text{C}$ körül vaskarbidot alkot a vassal (ez alkalmazásának korlátja is). A $900\ ^\circ\text{C}$ -t meghaladó hőmérséklet esetén pedig már grafitosodni kezd.

A műgyémánt 1957-es megjelenése elhárította a gyémánt ipari célú alkalmazásának a gazdasági korlátját. Ma a gyémántszerszámok mintegy 75 %-a mesterséges gyémánt anyagú.

- A **köbös bórnitrid** hexagonális szerkezetű, és a keménysége a gyémántéhoz hasonló. Kiváló hőállóságú, mintegy $2000\ ^\circ\text{C}$ -ig stabil. Vizes oldatú hűtő-kenőanyag alkalmazása esetén megnő a szerszám kopása.

A köszörűanyag szemcse nagysága

A köszörű szemcsét az olyan fizikai tulajdonságon kívül mint a keménység, az E modulus, a hővezető képesség és a hőkapacitás, valamint az olyan geometriai tulajdonságok is jellemzik, mint a szemcsenagyság és a szemcsealak. A szemcsenagyságot 220 szemcséig szitával adják meg. Ehhez (a DIN 6916-al megadott) drótszitát alkalmaznak. Mivel az egyenetlen szemcse miatt a szemcseátmérő statisztikus eloszlású, a szita szerint a megengedett tűrés egy osztálya valósul meg. Ezt az osztályozást a FEPA szabványosította (FEPA: Federatim ... das Fabricants de Produits Abcasios - Verürigung ...). Egy például töréssel vagy őrléssel előállított szemcsekeveréket a szita szűk nyílásán vezetik át. A korund és SiC szemcsenagyságát a szitaszövet egy collra eső lyukszáma határozza meg (adott drótátmérő esetén). Pl.: a 60-as szemcsét a szita egy collra eső 60 lyukszáma esetén kapjuk. A 220-nál finomabb szemcsék esetén a szemcse nagyságát szuszpenzációból optikai úton határozzák meg. Szitaanalízis esetén a szemcsenagyság a frakcióban tipikus eloszlású, amely a szemcsealaktól is függ.

Az olyan nagy keménységű szemcseanyag esetén, mint a gyémánt- és bórnitrid szemcse, a mérőszám korrelál a szemcseátmérővel (a szita belső szövetméretével jellemzik).

A kötés

A köszörűszemcsét a köszörűszerszámban kötőanyag, vagy másként kötés tartja meg helyzetében. A legfontosabb kötések keramikusak, műgyantásak vagy fémesek.

Keramikus kötés kaolinból, agyagból, kvarcból, földpátból és vízüvegből áll. Ez utóbbi az égési hőmérsékletet csökkenti. Az alkalmazott anyagok együttesen a köszörűszemcsével elégnék korund és szilíciumkarbid szemcse esetén $1100\text{-}1400\ ^\circ\text{C}$ -on, bórnitrid esetén $1000\ ^\circ\text{C}$ alatt és gyémánt esetén $700\ ^\circ\text{C}$ alatt.

A **műgyanta kötés** túlnyomóan fenolgyantából, vagy fenolgyanta és más gyanták keverékéből áll. Ezeket melegen sajtolják a szemcsével. A sajtolási hőmérséklet $150\text{-}170\ ^\circ\text{C}$.

A **fémes kötés** bronz, acél vagy keményfémpor szinterezésével, esetleg galvanikus úton nikkel réteggel vagy nikkel kötéssel viszik fel. A fémpor alapon előállított kötések $700\text{-}900\ ^\circ\text{C}$ -on nyomás alatt szinterezéssel készülnek. A fémes kötések nagykeménységű anyagok befoglalására alkalmazzák. Ezek jó hőelvezetést biztosítanak az aktív köszörülési zónából, jó alkotók és a köszörűszemcsék szempontjából nagy biztonságúak. Gyakran alkalmazzák alakköszörüléshez. A galvanikus kötésű anyagok legtöbbször egy szemcsesorosak. Ezek nem élezhetők (nem szabályozotók). Előnyösek alakos felületű munkadarabok megmunkálásához.

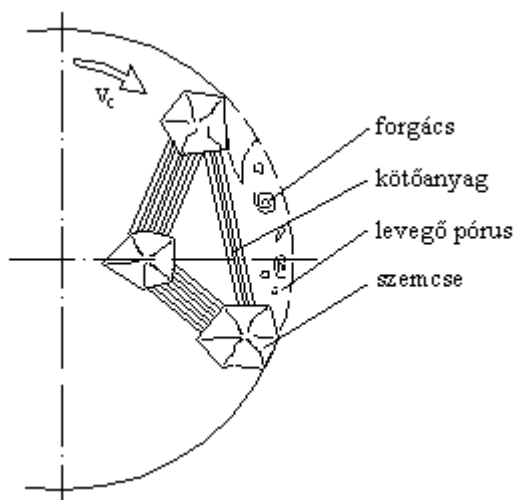
Különleges feladatokhoz fejlesztették ki az ásványi (szilikát-, magnezitkötéseket), az enyv és gumikötéseket.

A gumikötések szintetikus kaucsukalapúak és különösen hőérzékeny feladatokhoz valók (mint pl.: a készelés).

A köszörűszerszám fontos jellemzője a kötés keménysége. Ez alatt azt értik, hogy a kötés ellenáll a szemcse erőhatására való kiszakadásának. A korong keménység így annál nagyobb, minél nagyobb erő hatására sem szakad ki a szemcse a kötéstől.

A kötés keménységének tehát a köszörülés folyamata szempontjából nagy a jelentősége. Ugyanis minél keményebb a korong, a szemcse annál nagyobb kopása esetén is a kötésben marad. Következésképp a lágy korong a szemcsét kisebb erő, azaz kisebb kopás esetén is elengedi. A korong önéleződése így lágy korong esetén jelentősebb, mint a keményebb korongé. Gyakorlati szabály tehát, hogy lágy anyagot keményebb, míg keményebb anyagot lágyabb koronggal kell megmunkálni. Keményebb korong kisebb forgácsvastagsághoz, azaz rövidebb érintkezési hosszhoz, vagy kisebb sebességviszonyhoz ajánlható.

9.2. ábra - A pórusok egyik szerepe a köszörűkorongok működésénél (Forrás: [1])



Keramikus kötésű korong szerkezete: szemcse, kötőanyag és a levegőpórus.

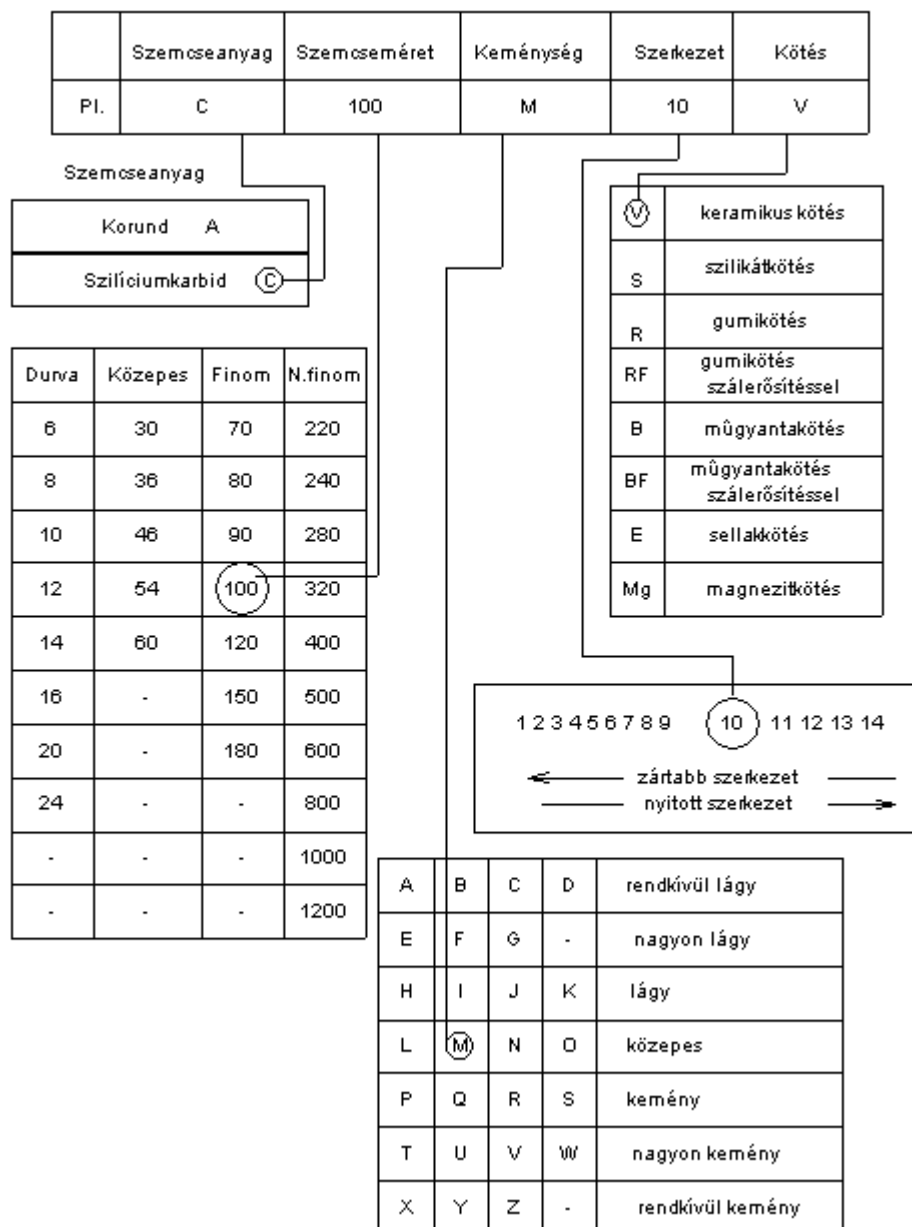
A szerkezetet alkotó összetevők feladata: **A szemcse** leválasztja a forgácsot, miközben kopik és/vagy törik. **A kötőanyag** összeköti és megtartja helyében a szemcséket. **A levegőpórusok** befogadják a leválasztott forgácsot, szemcse, kötőanyag törmelékét és kiviszik a megmunkálási zónából, valamint bevezetik a hűtő-kenőfolyadékot a munkadarab és korong közé (8.20. ábra).

A korong keménysége pedig annál nagyobb, minél nagyobb a szemcséket összekötő kötőanyaghid vastagsága. A szerkezet jellemzője a szerkezetszám, ami a szemcsék egymástól való távolságát és a levegőpórusok nagyságát fejezi ki. Ha a szemcsék a korongban összeérnek a szerkezetszám: 0. A szemcseszám csökkenésével nő a korong nyitottsága. A legnyitottabb korong szerkezetszáma: 14. (A két egymást követő szerkezetszám 2%-os szemcsetérfogatváltozást jelent).

A szilíciumkarbid és korund szemcséjű korong jelölési rendjét példaként a 8.21. ábra, míg az alak alapformáit a 8.22. ábra tartalmazza.

9.3. ábra - Szilíciumkarbid és korund szemcséjű köszörűkorong jelölése (Gránit vállalat) (Forrás: [1])

FORGÁCSOLÁS
HATÁROZATLAN
ÉLGEOMETRIÁJÚ
SZERSZÁMMAL - KÖSZÖRÜLÉS



9.4. ábra - Korongalapalakok (Forrás: [1])

FORGÁCSOLÁS
HATÁROZATLAN
ÉLGEOMETRIÁJÚ
SZERSZÁMMAL - KÖSZÖRÜLÉS

Egyenes korongok	Kupos és elvékonyított korongok	Hordtárcsára erősített korongok	Fazék és tányér korongok	Hajlított korongok	Köszörű szegmensek	Csapos korongok (ragasztott)	Köszörű hasábok és fénőkövek

Köszörülési módok:

1. henger-, vagy palástköszörülés:

- csúcsok közötti köszörülés,
- csúcs nélküli (áteresztő) köszörülés,
- furatköszörülés,
- központos furatköszörülés,
- bolygórendszerű furatköszörülés,

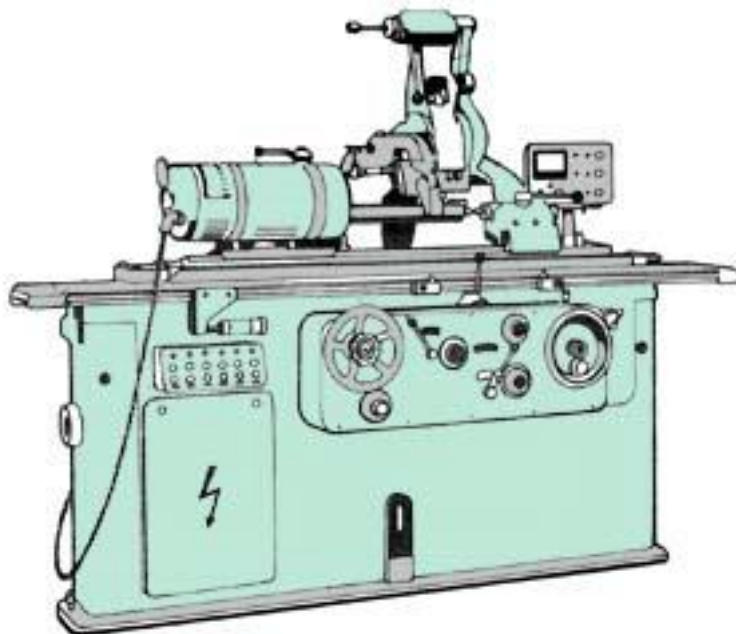
2. síkköszörülés:

- síkköszörülés a korong palástjával,
- síkköszörülés a korong homloklapjával,

3. alakköszörülés:

- alakos koronggal,
- másoló köszörüléssel.

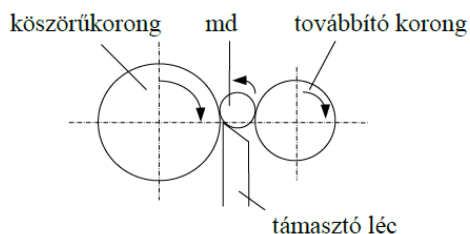
9.5. ábra - Egyetemes palástköszörűgép (Forrás: [3])



Csúcs nélküli palástkőszörülés:

A csúcs nélküli kőszörülés kétkorongos kőszörülés. A munkadarabot a kőszörűkorong és a továbbító korong között engedik át. (8.24. ábra)

9.6. ábra - Áteresztő kőszörülés (Forrás: [3]) Tömeggyártásban alkalmazzuk.



A forgácsoló koronggal szemben működő kőszörűkorong md továbbító korong másik, ún. továbbító korong úgy van beállítva, hogy a tengelyeik egymással $0...6^\circ$ -os szöget zárnak be, és így a továbbító korong a munkadarabot automatikusan forgatja és továbbítja (áteresztő kőszörülésnél). (8.24 ábra)

A továbbító korong fordulata $20...80$ 1/min.

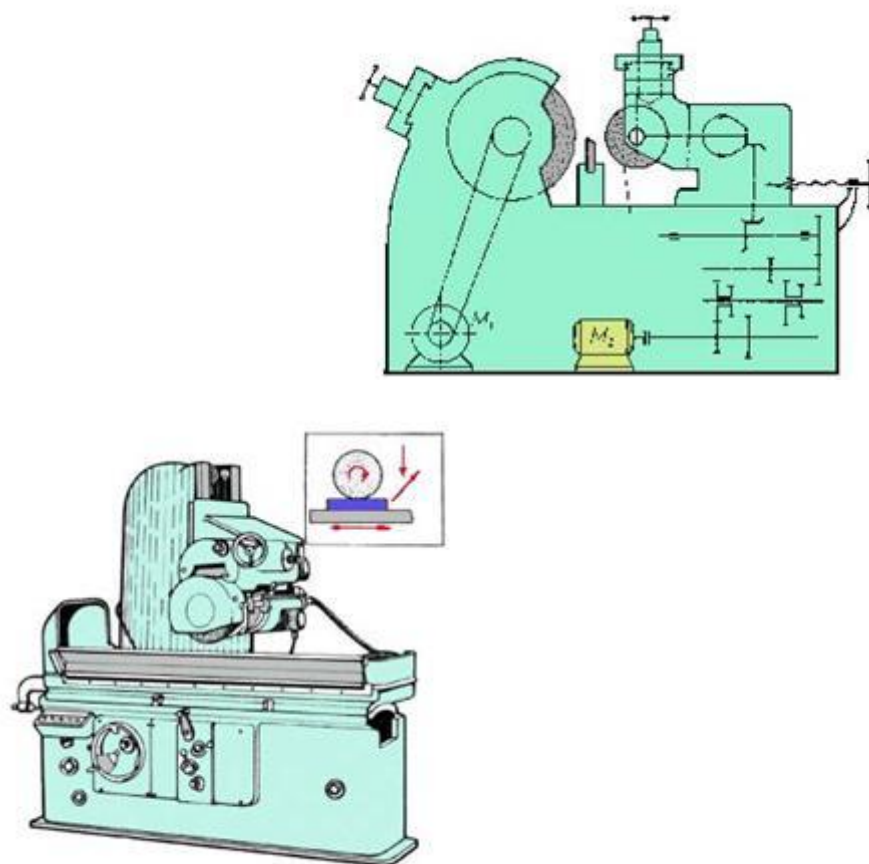
A csúcs nélküli kőszörülésnek két változata

van:

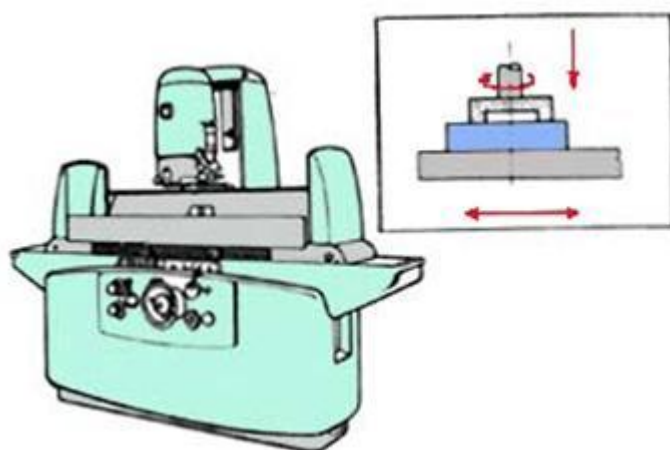
- teresztő kőszörülés,
- beszúró kőszörülés

A 8.23. 8.25. 8.27. ábrákon különböző típusú kőszörűgépek láthatók.

9.7. ábra - Csúcs nélküli kőszörűgép (Forrás: [3])

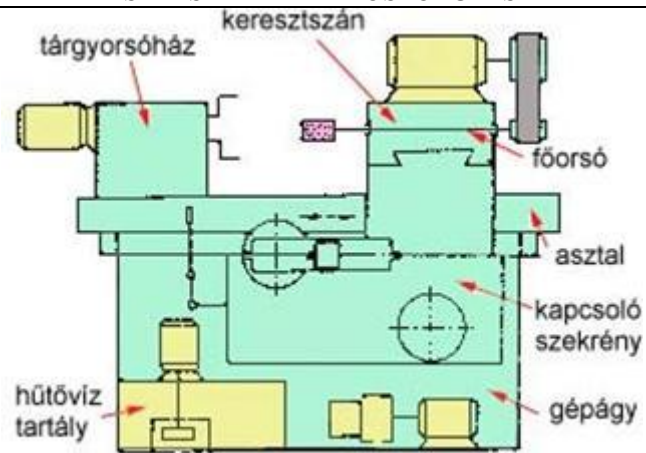


9.8. ábra - Vízszintes és függőleges tengelyű síkköszörűgép (Forrás: [3])



9.9. ábra - Furatköszörűgép (Forrás: [3])

FORGÁCSOLÁS
HATÁROZATLAN
ÉLGEOMETRIÁJÚ
SZERSZÁMMAL - KÖSZÖRÜLÉS



10. fejezet - A GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI ALAPFOGALMAK ÉS JELÖLÉSEK

MAGYAR ÉS ANGOL MEGNEVEZÉSEI

1. FORGÁCSOLÁS

Jel	Mértékegység	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
a	[mm]	fogásmélység	depth of cut
A	[mm]	forgácskeresztmetszet	chip section
A, B, C	[°]	elsődleges koordináták	rotációs primary rotary axis
b	[mm]	forgácsszélesség	width of chip
C_m	[Ft/min]	szerszámgép percköltsége	machine tool cost/time unit
C_{Mc}		nyomatékállandó	cutting torque constant
C_P		teljesítményállandó	cutting power constant
C_{Ra}		felületi érdesség állandó	surface roughness constant
C_s	[Ft]	éltartamra szerszám költség	eső tool life cost
C_T		éltartamállandó	tool life constant
C_v		sebességállandó	cutting speed constant
d_m	[mm]	d megmunkált átmérő	cutting diameter
d_s	[mm]	szerszámátmérő	tool diameter
f, (s)	[mm]	előtolás	feed
f_a	[mm]	axiális előtolás	axial feed
f_r	[mm]	radiális előtolás	radial feed
f_s	[mm]	löketenkénti előtolás	feed per stroke
f_z	[mm]	fogankénti előtolás	feed per tooth
F_a	[N]	aktív erő (F _c és F _f eredője)	activ force

A
GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI
ALAPFOGALMAK ÉS
JELÖLÉSEK

F_c	[N]	forgácsoló erő	main cutting force
F_f	[N]	előtoló erő	feed force
F_n	[N]	normális irányú erőkomponens köszörülésnél	- normal grinding force
F_p	[N]	passzív erőkomponens	passive force
F_s	[N]	súrlódási erő	friction force
h	[mm]	forgácsvastagság	chip thickness
k	[N/mm]	fajlagos forgácsoló erő (fajlagos forgácsolási energia)	specific cutting force
$k_{c1.1}$		fajlagos forgácsoló erő főértéke	main value of specific cutting force constant
Jel	Mértékegység	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
KT	[mm]	kráterkopás mélysége	crater wear
l_c	[mm]	megmunkálási hossz	cutting length
M_c	[Nm]	forgácsoló nyomaték	cutting torque
M_{max}	[Nm]	szerszámgép maximális nyomatéka	allowable spindle torque
n	[ford/min]	fordulatszám	number of revolution
P_c	[kW]	forgácsoló teljesítmény	cutting power
P_m	[kW]	a szerszámgép maximális teljesítménye	machine tool power
q	[cm ³ /min]	anyagleválasztási sebesség	metal removal rate
Q	[cm ³ /min]	termelékenység	productivity
r	[mm]	szerszám csúcssugár	corner radius
R_a	[μm]	átlagos érdesség	surface roughness
R_{max}	[μm]	maximális érdesség	maximum height of the profile
R_z	[μm]	elméleti magasság	theoretical surface roughness

A
GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI
ALAPFOGALMAK ÉS
JELÖLÉSEK

t_c	[min]	forgácsolási idő	cutting time
t_d	[min]	darabidő	workpiece machining time
t_{da}	[min]	alap idő	base time
t_e	[min]	előkészületi és befejezési idő	preparing and finishing time
t_f	[min]	főidő	machining time
t_k	[min]	gépkiszolgálási idő	machine delivery time
t_m	[min]	mellékidő	auxiliary time
t_n	[min]	normaidő	manufacturing time
t_p	[min]	pihenés ideje	relaxation time
t_s	[min]	szerszámcsere idő	tool changing time
t_{sor}	[min]	sorozat normaideje	standard piece of time of the series
T	[min]	szerszáméltartam	tool life
u, v, w	[mm]	másodlagos koordináták	lineáris secondary linear axis
x, y, z	x, y, z	elsődleges koordináták	lineáris primary linear axis
v	[m/min]	kerületi sebesség	velocity
v_c	[m/min]	forgácsolási sebesség	cutting speed
v_f	[mm/min]	előtolási sebesség	feedrate
v_o	[m/min]	optimális forgácsolási sebesség	optimal cutting speed
VB	[mm]	hátkopás	flank wear
VB_m	[mm]	maximális hátkopás	maximal flank wear
z		szerszámfogszám	tooth number
α	[°]	hátszög	hátszög
β	[°]	ékszög	wedge angle
Δ	[mm]	halmozott szerszámkopás	summarized tool wear

γ	[°]	homlokszög	rake angle
λ	[°]	terelőszög	inclination angle
$\lambda_{\text{b}}, \lambda_{\text{th}}, \lambda_{\text{c}}$		forgácsolási tényező	változási chip compression
η		hatásfok	efficiency
θ	[°]	forgácsolási hőmérséklet	temperature

2. MÉRÉSTECHNIKA

Jel	Mértékegység	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
L_i	[mm]	méretlánc tagja	part of dimension chain
L_{Δ}	[mm]	méretlánc záró tagja	closing part of dimension chain
T_i	[mm]	tűrés	tolerance
δ	[mm]	hiba	error
δ_a	[mm]	alak hiba	shape error
δ_m	[mm]	méret hiba	dimension error
δ_r	[mm]	rendszeres hiba	regular error
δ_v	[mm]	véletlen hiba	irregular error

3. ABRAZÍV MEGMUNKÁLÁS

Jel	Mértékegység	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
b_s	[mm]	köszörűkorong szélesség	width of the grinding wheel
D_s	[mm]	köszörűkorong átmérője	diameter of the wheel
G		köszörülési viszony	grinding ratio
v_s	[m/min]	köszörűkorong kerületi sebessége	grinding speed
Z_n	[mm]	nagyolási ráhagyás	roughing allowance
Z_s	[mm]	simítási ráhagyás	finishing allowance

4. FOGASKEREKEK, MENETEK

A
GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI
ALAPFOGALMAK ÉS
JELÖLÉSEK

Jel	Mértékegység	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
d_f	[mm]	fejkör átmérője	outside diameter
d_g	[mm]	gördülőkör átmérője	rolling diameter
d_l	[mm]	lábkör átmérője	bottom diameter
d_o	[mm]	osztókör átmérője	dividing diameter
h	[mm]	fogmagasság	height of the tooth
h_f	[mm]	fejmagasság	height of the tooth head
h_l	[mm]	lábmagasság	height of the tooth leg
i		hajtóviszony	driving ratio
m	[mm]	modul	modulus
m_n	[mm]	homlok modul	face modulus
m_n	[mm]	normál modul	normal modulus
t	[mm]	fogaskerék osztása	pitch
x	[mm]	profileltolási tényező	profile modification coefficient
z		fogaskerék fogszáma	number of tooth
α	[°]	kapcsolási szög	base angle
ω	[min ⁻¹]	szögsebesség	angular velocity

5. SZERSZÁMANYAGOK

Jel	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
CA	oxidkerámia	pure oxide ceramic
CBN	köbös bórnitrid	cubic boron nitride
CC	karbid keverék kerámia	mixed ceramic with carbide
CO	egyéb keverék kerámia	other mixed ceramic
CR	szálerősítésű kerámia	reinforced ceramic
D	gyémánt	diamond

A
GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI
ALAPFOGALMAK ÉS
JELÖLÉSEK

HM	keményfém	hard metall, cemented carbide
HMC	bevonatos keményfém	coated hard metall, coated cemented carbide
HSS	gyorsacél	high speed steel
PKD	polikristályos gyémánt	polycrystalline diamond
SS	szerszámacél	tool steel

6. AUTOMATIZÁLÁS

Jel	Magyar megnevezés	Angol megnevezés
AC	adaptív szabályozás	Adaptive Control
ACC	korlátalapú adaptív szabályozás	Adaptive Control Constrain
ACL	tanuló adaptív szabályozás	tanuló adaptív szabályozás
ACO	optimaló adaptív szabályozás	Adaptive Control Optimization
CAE	számítógéppel segített műszaki fejlesztés, mérnöki tevékenység	Computer Aided Engineering
CAD	számítógéppel segített tervezés	Computer Aided Design
CAL	számítógéppel segített logisztika	Computer Aided Logistics
CAM	számítógéppel segített gyártás	Computer Aided Manufacturing
CAP	számítógéppel segített programozás, termelés	Computer Aided Programming, Production
CAPP	számítógéppel segített technológiai folyamat-tervezés	Computer Aided Process Planning
CAQ	számítógéppel segített minőség-ellenőrzés	Computer Aided Quality Assurance
CAST	számítógéppel segített tárolás és raktározás	Computer Aided Storage and Transportation
CIM	számítógéppel integrált gyártás	Computer Integrated Manufacturing
CLDATA	szerszámmozgást leíró posztprocesszor közbenső nyelv	Cutter Location Data
CNC	számítógépes számjegyvezérlés	Computer Numerical Control
FAS	rugalmas szerelési rendszer	Flexible Assembly System
FMS	rugalmas gyártórendszer	Flexible Manufacturing System

A
GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIAI
ALAPFOGALMAK ÉS
JELÖLÉSEK

FMC	rugalmas gyártócella	Flexibile Manufacturing Cell
MRP	gyártási erőforrások tervezése, ellenőrzése	Manufacture Resource Planning
MTM	mozdulatelemzéses munkatanulmányozás módszere	Method's Time Measuring
PPS	termelés tervezés és ütemezés	Production Planning and Scheduling, Production Planning System
SPC	statisztikai folyamat ellenőrzés	Statistical Process Control
TIR	termelésirányítás	Production Planning System
TQM	teljes körű minőség-menedzsment	Total Quality Management

Irodalomjegyzék

- [1] Illés, Dudás. *Gépgyártástechnológia I. Jegyzet Miskolci Egyetemi Kiadó 2000.*
- [2] H., Victor. *Schnittkraftberechnungen für das Abspannen von Metallen* wt – Y. ind. Fertig. 59, 1969., Nr. 7, pp. 317-327..
- [3] Kulcsar, . *A gépi forgácsolás alapfogalmai.*
- [4] Dr. Firstner , Stevan. *Gépgyártástechnológia.*
- [5] Dr. Szabó , László. *Forgácsolás, hegesztés (jegyzet).*