

9.125 A pillanatnyi forgácsvastagság változásának rezgéseltő hatása

A forgácsolás során a munkadarab és a forgácsoló szerszám közötti relatív elmozdulás következtében a megmunkált felületen hullámosság keletkezik. A berezgések kialakulása szempontjából a hullámosságnak, ill. az időben ahhoz tartozó pillanatnyi forgácsvastagság változásának döntő szerepe van.

A 9.4. ábrán láthatóak például beszuró esztergálás esetén a forgácsolás egy-egy adott pillanatában létrejövő un. belső hullámosság ( $X_t$ ) és a munkadarabon meglévő - egy munkadarab körülfordulási idővel korábban kialakult - külső hullámosság közötti lehetséges fázishelyzetek. A forgácsolás által létrehozott belső hullámosság pillanatnyi rezgésamplitudója:

$$X_t = X(t)$$

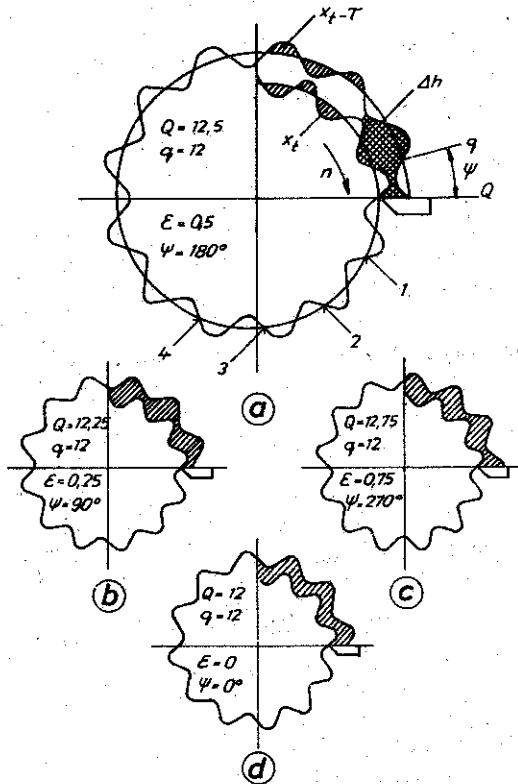
Az így létrejött hullámalak egy újabb teljes munkadarab körülfordulás után külső hullámosságként szerepel. Ennek a késleltetett, fázisban eltolódott külső hullámosság az amplitudója:

$$X_{t-\tau} = X(t - \tau)$$

Csak egészen kivételes esetekben fordulhat elő a d) ábra szerinti eset, ahol a belső és külső hullámosság éppen fázisban van.

A gyakorlatban mindig változó forgácsvastagsággal kell számolni. Az elméleti és a tényleges forgácsvastagság a következők képlettekkel számítható:

$$\Delta h(t) = h + \Delta X(t)$$



9.4. ábra

A megmunkált felületen keletkező un. külső- és belső hullámosság értelmezése és a kialakuló forgácsvastagság változása

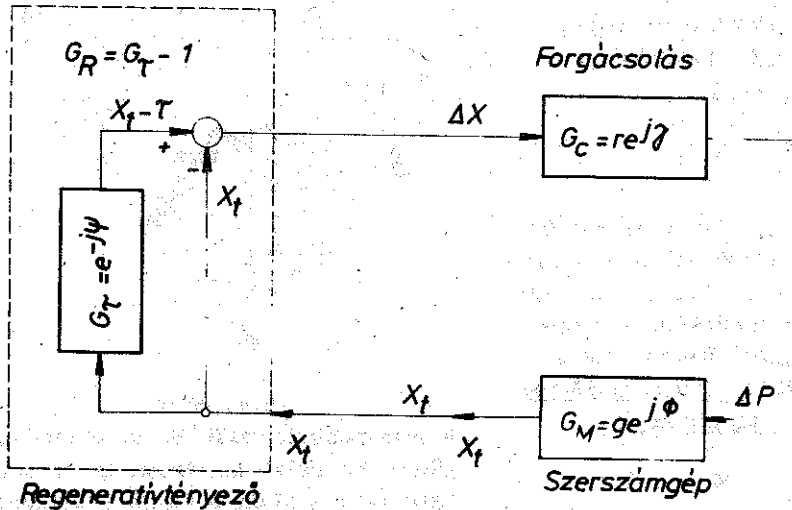
$$\Delta X(t) = X_{t-\tau} - X_t$$

ahol  $h$  - az elméleti forgácsvastagság  
 $\Delta h$  - a tényleges forgácsvastagság.

A változó vastagságú forgács leválasztása fázisban azonos jellegű főforgácsolóerő ingadozást hoz létre.

A statikusan beállított forgácsolóerőre szuperponálódik a munkadarabon lévő felületi hullámosságnak megfelelő frekvenciájú harmonikus összetevő. Ez a harmonikus erőkomponens a munkadarab és szerszám között egy újabb gerjesztést jelent. Ennek következtében a kialakuló rezgésmozdulás eredő amplitúdója megnövekszik. A zárt MKGS rendszerben ez a visszacsatolás vezet a saját gerjesztésű rezgések kialakulásához.

A bemutatott rezgési modell értelemszerűen alkalmazható nemcsak beszuró esztergálásra, hanem más forgácsolási folyamatra is. Pl. marás esetében az egyetlen lényeges különbség, hogy a külső és belső hullámosság közötti késleltetést - az esztergálásnál használt teljes munkadarab fordulat helyett - a két egymást követő marófog fogásbakerülése között eltelt idő jelenti.



9.5. ábra

Az öngerjesztett rezgés kialakulásának hatásvázlata

A saját gerjesztésű rezgések kialakulásának zárt hatásláncá látható a 9.5. ábrán. A hatásvázlat  $G_M$  tömbje jelenti a vizsgált szerszám gép MKGS rendszerének dinamikus átviteli tényezőjét. Első közelítésben a szerszám gép egyszerű egytömegű lengő rendszerrel helyettesíthető. Ez

a helyettesítés akkor jogos, ha az MKGS rendszernek van egy dinamikusan gyenge pontja. (Pl. vékony falu a munkadarab, nagy L/D viszonytal rendelkezik a főorsó, kicsi a merevsége a szegnyeregnek stb.) Ilyen esetekben a dinamikus átviteli tényező:

$$G_M = g \cdot e^{j\psi}$$

ahol  $g$  - a szerszámgépre jellemző állandó  
 $\psi$  - az átviteli tényező fázisa.

A hatásvázlat következő eleme a  $G_\tau$  hótidőelem.

$$G_\tau = e^{-j\psi}$$

ahol  $G_\tau$  - hótidőelem  
 $\psi$  - a külső és belső hullámosság közötti fáziseltérés.

A  $G_\tau$  hótidőelem jelenti azt az időtartamot, amely esztergálásnál a munkadarab egyszeri körülfordulásához, ill. maráznál két egymás után következő marófog fogásbakerüléséhez szükséges.

$$\tau = \frac{1}{f_E}$$

$f_E$  - a marótárcsa fogásbakerülési frekvenciája. ( $f_E = \frac{n}{60} \cdot z$ )

A  $G_R$  un. regeneratív tényező megfelel a berezgési folyamat visszacsatolási tényezőjének.

$$G_R = G_\tau - 1$$

Hatásaként a szerszámgép rezgései újabb forgácsvastagság változást hoznak létre.

A forgácsolási folyamat dinamikus átviteli tényezőjét a hatásvázlat  $G_c$  eleme jelenti.

$$G_c = r \cdot e^{j\gamma}$$

ahol  $r$  - a forgácsolási merevség, nagysága arányos a forgácsszélességgel ( $r = K_{sdin} \cdot b$ )

$\gamma$  - a forgácsolóerő változása és az azt létrehozó forgácsvastagság változása közötti fázisszög.

Arányos átvitel esetén:

$$G_c = r; \text{ azaz } \gamma = 0$$

Amennyiben a hatáslánc elemeinek eredő erősítése nagyobb mint 1, akkor a rendszer instabil állapotba kerül és kialakulnak a berezgések. A stabil és instabil tartományokat elválasztó határgörbe egyenlete:

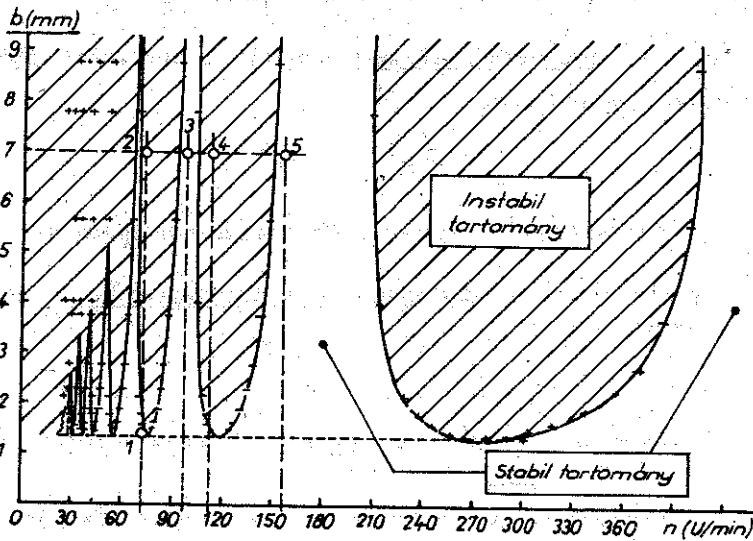
$$G_R \cdot G_c \cdot G_M = 1$$

Egy adott szerszámgép esetében a  $G_M$  átviteli tényező egyszerűen és egyértelműen meghatározható. A beállított technológiai adatok meghatározzák a forgácsolás merevségi tényezőjének értékét. A hatáslánc stabil vagy instabil állapotának beállítására a fordulatszám vagy a fogásbakerülési frekvencia, ill. a forgácsszélesség változtatása alkalmas. Tapasztalati tény, hogy a különböző munkadarab-fordulatszámokhoz más és más kritikus forgácsszélesség ( $b_c$ ) tartozik.

Mérésekkel meghatározható a

$$b_c = b_c(n).$$

stabilitási határ, melyet az un. stabilitáskártyán grafikusán lehet ábrázolni. A 9.6. ábrán egy ilyen gyakorlati, mérési pontokkal felvett stabilitáskártya látható. Az ábra függőleges tengelyén a  $b$  forgácsszéles-



9.6. ábra  
Méréssel felvett stabilitáskártya

ség, vízszintes tengelyén pedig a munkadarab fordulatszáma van ábrázolva. A vonalkázott terület jelenti az instabil megmunkálási tartományt.

Az így megszerkesztett stabilitáskártya természetesen csak az adott szerszámgépre és azon belül is csak a vizsgált konkrét beállításra érvényes. A méréseket ismét el kell végezni, ha a stabilitáskártyát másik gépre, gébeállításra, ill. technológiára akarjuk elkészíteni.

A szerszámgépen létrejövő berezgés frekvenciája minden esetben a szerszámgép valamely elemének saját rezonanciafrekvenciája környezetében van. Ezért a berezgés többnyire összefüggésbe hozható a szerszámgép valamely gyenge pontjával. Ez a tény lehetővé teszi, hogy a további vizsgálatoknál a gépstruktúrát egyszerűen egytömegű lengő rendszerrel helyettesítsük. Ez esetben lehetőség nyílik a berezgett állapotot jellemző egytömegű lengő rendszer elemeinek a meghatározására. Mérések segítségével megállapíthatók az egytömegű lengő rendszer helyettesítő tömegének, rugóállandójának és csillapítási tényezőjének az értékei. (A helyettesítő tömeg nagysága általában nem egyezik meg a rezgő géprész tényleges tömegével.) A helyettesítő elemek ismeretében meghatározható egy új jellemző, az ún. dimenziómentes csillapítás. A dimenziómentes csillapítás egyértelműen jellemzi az egytömegű rendszer dinamikus állapotát:

$$D = \frac{d}{2 \cdot m \cdot \omega_0} = \frac{d}{2 \cdot \sqrt{k \cdot m}}$$

ahol D - dimenziómentes csillapítás,

d - csillapítási tényező

m - helyettesítő tömeg

k - rugóállandó

$\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0$  - a lengő rendszer saját-frekvenciája.

## 9.2 A forgácsolási folyamat stabilitás vizsgálata

Stabilnak nevezzük a forgácsolási folyamatot, ha a forgácsolási adatok beállított rendszerében a forgácsolási jellemzők ( $\xi$ ;  $\Phi$ ;  $F_v$ ;  $F_p$ ;  $F_f$ ;  $\Theta$ ; T;  $R_a$  ... stb.) értéke nem, vagy csak az előírt mértékben változik. A forgácsolási rendszer rezgésjelenségeinek számbavételkor megismertük azokat az okokat, amelyekre a rendszer stabilitásának felbomlása visszavezethető. A továbbiakban azokat a lehetőségeket kell megvizsgálnunk, amelyek segítségével az MKGS-rendszer stabilitása adott forgácsolási feladat elvégzésekor zavartalanul fenntartható.

A forgácsoló szerszámgépek statikus, ill. kvázistatikus vizsgálatait a SCHLESINGER-féle mérésekkel aránylag egyszerű módszerekkel el lehet végezni. A szerszámgépek statikus tulajdonságai mellett azonban a működés szempontjából a dinamikus tulajdonságok ismerete az elsődleges. Napjaink műszaki gyakorlatában az ismert és alkalmazott dinamikus vizsgálati eljárások sokrétűsége a jellemző.

A szerszámgépeken végzett rezgésvizsgálatokat négy fő csoportba sorolhatjuk:

- nyugalmi állapotban,
- üresjáratban,
- forgácsolás közben,
- mesterséges gerjesztéssel végrehajtott.

#### 9.21 Rezgésvizsgálat a szerszámgép nyugalmi állapotában

A szerszámgép nyugalmi, kikapcsolt állapotában elvégzett rezgés-mérések a környezet hatását tudják kímutatni. Ilyen jellegű vizsgálatokra elsősorban új gépek telepítésekor van szükség, ha el akarjuk kerülni, hogy a finom-megmunkáló szerszámgépek pontosságát a közelben elhelyezett nehéz gépek (gyalugépek, sajtók, kalapácsok) lerontsák.

#### 9.22 Rezgésvizsgálat üresjáratban

Üresjáratban végzett vizsgálatok során, tehát amikor a szerszám nincs fogásban, a szerszámgép kényszerrezgéseiinek frekvenciáit és a rezgés csúcok nagyságát tudjuk rezgésméréssel meghatározni. Ezek a vizsgálatok tehát a szerszámgépen belüli gerjesztő erőhatások feltárásával segítik az öngerjesztett forgácsolási rezgések, rezonancia-helyeinek elkerülését.

#### 9.23 Rezgésvizsgálat forgácsolási kísérlet közben

Forgácsolási kísérletet végezve a rezgésvizsgálatok további három módszerrel hajthatók végre:

- akusztikus mérésekkel,
- rezgésméréssel,
- a forgácsolóerő mérésével.

## 9.231 Akusztikus mérések

Akusztikus méréseket végezve gyakorlatilag a hangnyomásszint nagyságát szokták meghatározni, és megfelelő műszeres értékeléssel oktávskávfónként spektrál-analizist végrehajtani. A zajforrások helyeinek felderítésével és a mérési eredmények értékelésével célszerű zajcsökkentő intézkedések fogalmazhatók meg, amelyek végrehajtását egészségvédelmi rendelkezések teszik kötelezővé.

## 9.232 Közvetlen rezgésmérések

A munkaállapotban végrehajtott közvetlen szerszámgép-rezgésmérések célja általában hármas:

- a rezgéskép felvétele;
- aktív csillapítás beépítésének lehetősége;
- a határforgács szélesség meghatározásával a kísérleti stabilitáskártya kimérése.

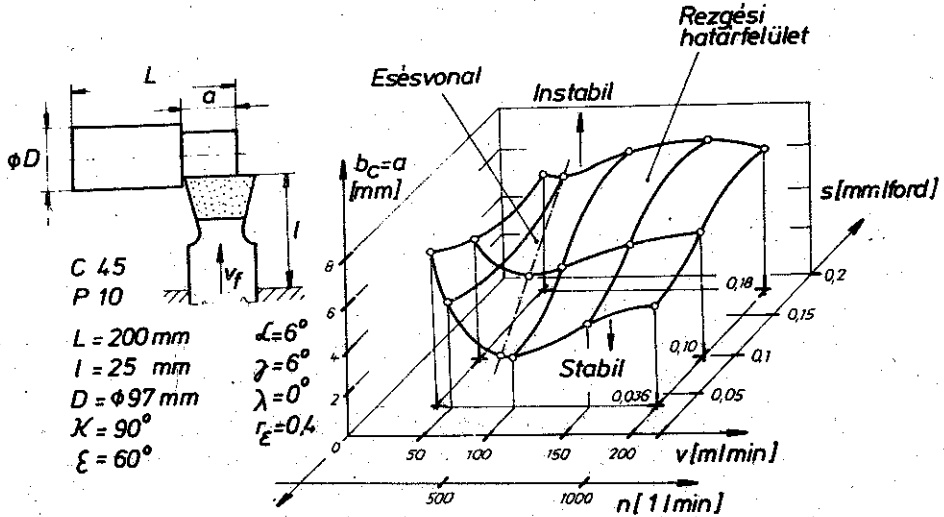
A rezgéskép felvételét célzó rezgésmérések során az alaprezgésre vonatkozó impedancia-analizist szokás végrehajtani a rezgéscsúcsok kiértékelésével. Az ilyen jellegű vizsgálatok tulajdonképpen arra jók, hogy rögzítsék, a forgácsolás közben fellépő rezgések tényét és azok jellegét.

Az aktív csillapítás beépítésének lehetőségét célzó rezgésvizsgálatok általában a forgácsoló rendszer szabályozókörön alapuló, harmonikus gerjesztést feltételező elemzésével hajthatók végre. A forgácsolási rendszer csillapítása passzív és aktív csillapításokkal valósítható meg. A passzív csillapítás lengés-csillapító gumilemezek, vagy rugózó elemek, a rezgésképet elhangoló segédtelemek felszerelésével oldható meg. Az aktív csillapításhoz egy segédenergiaforrásra van szükség. A csillapítóerő a sebességgel arányos, tehát a szabályozókörbe egy sebességérzékelőt beépítve, és az erőgenerátort ehhez kapcsolva egy visszacsatolt szabályozás érhető el.

A rezgésmérés harmadik módszere a kísérleti stabilitáskártya felvételét célozza. Ennek érdekében az öngerjesztett rezgések kiértékelését kell elvégezni, úgy, hogy frekvenciaanalizist végrehajtva meghatározzuk a tulajdonképpeni határforgács szélesség értékeit. A stabilitáskártya zsákgörbéinek minimumpontjai megadják a vizsgált szerszámgépre káros rezgések kialakulása szempontjából kedvezőtlen technológiai adatokat, ill. az adott szerszámgépbeállításához tartozó, maximumként megengedhető forgácsszélességet.

A forgácsolási folyamat instabillá válását jelző határforgács szélesség az előtolástól és a forgácsolási sebesség megválasztásától függően a rezgési határ mérőszáma. Ha pl. beszűrő esztergáláskor rögzített

feltételek mellett változtatjuk a fogásmélység nagyságát, kimérhető a rezgési határt jelentő kritikus forgácsszélességek számszerű értéke. Az előtolás növelésével növekszik az elérhető határforgácsszélesség ( $b_c$ ) is. A forgácsolási sebesség növelésekor a stabilitás-kártyán látható zsák-felület alakú eloszlásfüggvényt mutat a határforgácsszélesség alakulása (9.7. ábra).



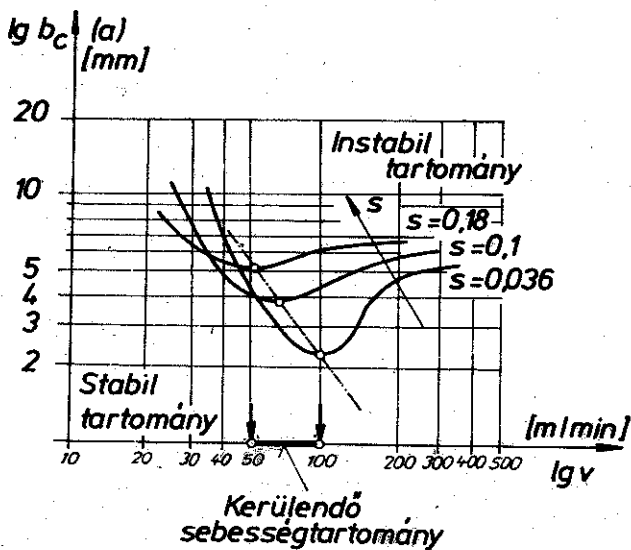
9.7. ábra

A rezgési határfelület kialakulása beszuró esztérgálásnál

A rezgési határfelület alatti pontokhoz tartozó forgácsolási paraméterekkel ( $v$ ,  $s$ ,  $a$ ) végezve a megmunkálást, a forgácsolási folyamat stabil. A rezgési határfelület feletti ponthoz tartozó forgácsolási paraméter-hármaszt beállítva, a forgácsolási folyamat labilissá válik,  $s$  a rezgési amplitúdók rendkívül megnőnek. A rezgési határfelület esésvonalára a különböző paraméterekhez tartozó trajektória-hálózati vonalak minimum pontjait köti össze.

A rezgési határgörbék minimumpontjainak összekötésével (9.8. ábra), a  $(\lg b_c - \lg v)$  koordináta-rendszerben ábrázolva azokat, az adott forgácsolási adatok tartományában kijelölhető a rezgések kialakulása szempontjából legveszélyesebb, kerülendő sebesség-zóna.





9. 8. ábra

A rezgési határgörbék minimumpontjainak segítségével kijelölhető a kerülő sebességtartomány

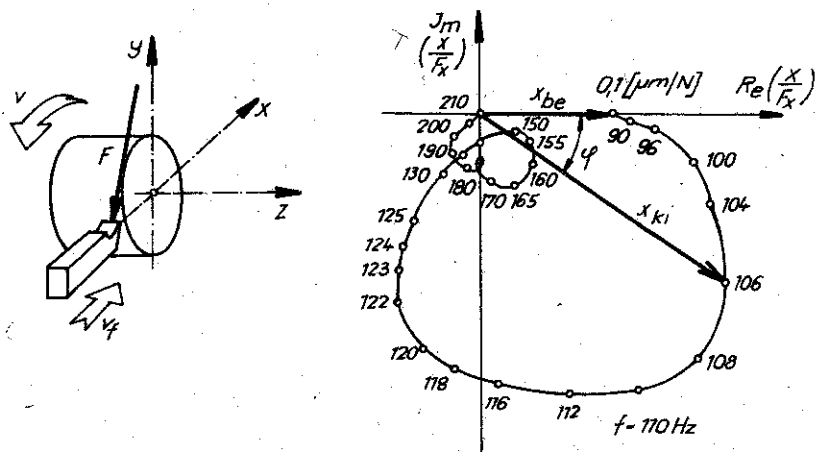
### 9.233 Rezgésvizsgálat a forgácsolóerő mérésével

A forgácsolóerő változása, mint láttuk, állandóan együtt jár a ki-  
alakuló rezgésekkel, ezért az erőmérés jó alapot szolgáltat a rezgésje-  
lenségek tanulmányozásához. Erőméréssel két uton közelíthetünk a for-  
gácsolási folyamat dinamikus viselkedésének felfrásához:

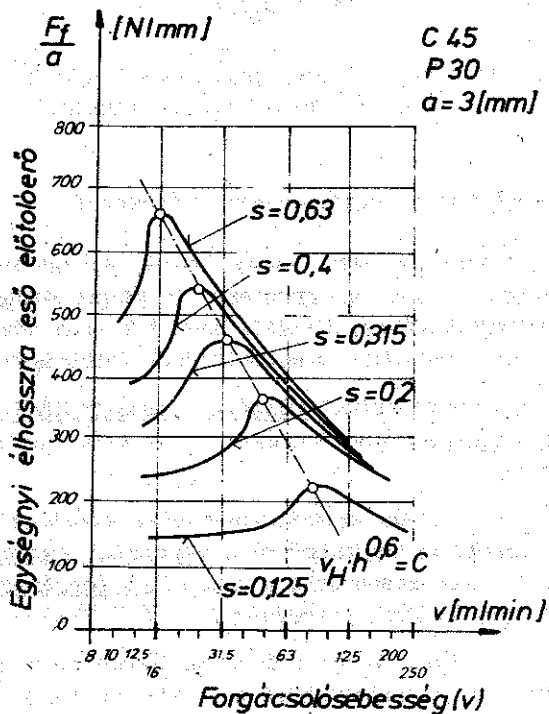
- a folyamat által keltett rezgések regisztrálásával, amikor is spektrálanalízist lehet végezni és az erőcsúcsok kiértékelése is elvégezhető;
- a másik ut a mért erőkomponensekre vonatkozó impedanciaana-  
lízis, amelynek segítségével a berezgési komponensek kiértékel-  
hetők, és meghatározható a dinamikus forgácsolóerő-tényező,  
azaz a forgácsolási merevség ( $r = \Delta F / \Delta x$ ).

Természetes, hogy az erőmérés segítségével is meghatározható a  
stabilitás-kártya, megszerkeszthető a Bode-diagram és a Nyquist-  
diagram is. A 9.9. ábra orthogonális beszűrő esztergálásra mutatja  
be a gyökhelygörbe jellegzetes alakját.

Az erőmérések tanúsága szerint az élvonal egységnyi hosszúra ha-  
tó forgácsolóerő előtolásirányu komponense a forgácsolási sebesség függ-  
vényében, a sebesség növelésével relatív maximumot ér el. A rezgések-  
re az előtolásirányu erő reagál a legérzékenyebben, ezért érdemel kü-



9.9. ábra  
Orthogonális beszúró esztergálásra jellemző gyökhelygörbe



9.10. ábra  
A forgácsolósebesség hatása az egységnyi élvonalhosszra eső előtolásirányú erőre különböző előtolások esetén

lönös figyelmet a 9.10. ábrán bemutatott méréssorozat. Az erőmaximum növekvő előtölés-paraméterek esetén a kisebb sebesség felé tolódik el. A maximumpontok összekötésével tulajdonképpen az élsisak-képződés határsebességének vonalát jelölhetjük ki, amelyből a közepes forgácsvas-tagság-határforgácsolósebesség összefüggésének jellegére a:

$$v_H \cdot h^{0,6} = \text{Const}$$

kifejezést kapjuk.

#### 9.24 Forgácsoló szerszámgépek rezgésvizsgálata mesterséges vizsgálójel segítségével

A mesterséges uton gerjesztett forgácsoló rendszerek vizsgálata alkalmas ad a szerszámgépek dinamikus viselkedésének elmélyült tanulmányozására. Attól függően, hogy az MKGS-rendszer vizsgálatát az időtartományban vagy frekvencia-analízissel akarják elvégezni, a vizsgáló jel alakja változik.

Harmonikus gerjesztéssel a szerszámgép lengő rendszerként való modellezésére is mód nyílik, s előállítható akár a rezonancia-görbe, akár a gyökhelygörbe alakja. A kiértékelés során elvégezhető a frekvenciasáv-beli impedanciaanalízis, s megvizsgálhatók a rezonancia-csúcsok is. A vizsgálatok eredményeként előállítható a szerszámgép saját-rezgésformáját reprezentáló, elemi lengő rendszerekre bontó modellje, s megvalósítható a segédtömegekkel végrehajtható csillapítás is. Meghatározható az átviteli karakterisztika.

Impulzus és ugrásjelekkel történő gerjesztéssel többnyire az időtartománybeli vizsgálatok végezhetőek el, s felderíthető a szerszámgép pseudo-statikusan alakváltozása.

Sztohasztikus erőgerjesztéssel a forgácsolási folyamat szimulálható és megvizsgálható a rendszer dinamikus merevsége.

Az elvégzett rezgésvizsgálatok alapján az MKGS-rendszer dinamikus merevségének javítására az alábbi lehetőségek adódnak:

- a rendszer merevségének növelése,
- a rendszer csillapításának fokozása passzív csillapítókkal,
- a rendszer csillapításának aktív csillapítókkal történő növelése,
- a gyökhelygörbe eltolása (a valós tag negatív maximumának csökkentése útján).

## Irodalomjegyzék a 9. fejezethez

1. GRAGE, H. - MILBERG J.: Stabilitätsuntersuchungen bei der Drehbearbeitung. Zeitschrift für Wissenschaftliche Fertigung 1977. 4. szám. s.: 182...187.
2. KAZINCZY László: Korszerű szerszámgépek. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1969.
3. KALLIOPIN, V. V.: Mechanika volnii pri rezanii Izd. "Nauka i Technika" Minszk, 1969.
4. MÁRFFY György - Dr. TOTH György: A forgácsoló folyamat dinamikus stabilitásának vizsgálata a szerszámkopás és a technológia függvényében. IV. Szerszám- és Szerszámanyag Kollokvium, Miskolc, 1978. (kézirat).
5. MÜLLER K.G.: Stabilität des Zerspanungsvorgangs. Werkstatt und Betrieb. 103. (1970.) 9. szám. s.: 643...651.
6. OPEIZ, Herwart: Moderne Produktionstechnik, Stand und Tendenzen. Giradet Verlag, Essen, 1971.
7. SZOKOLOVSKIJ, A.P.: Nauchnije osnovy tehnologii masinosztroenija. Vibracii. Masgiz, Moszkva, 1955.
8. TLUSTY, I. - POLACEK, M. - DANEK, O. - SPACEK, L.: Selbsterregte Schwingungen an Werkzeugmaschinen. Berlin, VEB-Verlag, 1962.
9. TOBIAS, S.A.: Schwingungen an Werkzeugmaschinen. Carl Hauser Verlag, München, 1961.

## 10. Forgácstörés, forgácsosztás

### 10.1 Forgácstörés

Forgácsoláskor a szerszám éléről lefutó forgácsot a megmunkálandó anyag minőségének megfelelően két nagy csoportba szokás osztani: folyóforgácsra és tört forgácsra. A folyóforgács általában acélananyagok, a tört forgács pedig öntöttvas anyagok forgácsolásakor keletkezik.

Tört forgácsot adó anyagok megmunkálásakor a forgácstörés minden külső beavatkozás nélkül létrejön. Nem ilyen egyszerű a helyzet a szerszám élet nagy sebességgel elhagyó folyóforgács keletkezése esetén. A folyóforgácsot a szerszám megfelelő kiképzésével, forgácstörő szerkezetekkel, esetleg a technológiai adatok megváltoztatásával alakváltásra, törésre kell kényszeríteni. Ügyelni kell azonban arra, hogy a tört forgács

- ne csökkentse a szerszám éltartamát,
- könnyen szállítható és raktározható legyen,
- a gép működését ne akadályozza,
- ne legyen balesetveszélyes.

Ezeket a követelményeket maradéktalanul csak a megfelelő alaku forgáccsal lehet teljesíteni. A folyóforgács csoporton belül tehát különbséget kell tenni a forgácsalakok között. Vizsgáljuk meg, hogy a forgácsalakok közül melyek elégítik ki az előbbi követelményeket!

Az egyenes szalag alaku forgács nem megfelelő forgácsalak, a követelményeket nem elégíti ki. Hasonló a helyzet a kuszált forgáccsal is, tehát az sem jöhet számításba. A hosszú csavart forgács már valamivel kedvezőbb, de szállítása és tárolása gondokat okoz, s rácsavarodva a munkadarabra vagy a szerszámra, megakadályozza a gép folyamatos működését. A kitűzött követelményeknek nagyon jól megfelel a rövid csavart forgács, általában ezt tartják az optimális forgácsalaknak. A forgács hossza 100 ... 200 mm között változhat, mert ilyen állapotban nem zavarja a gép működését, könnyen szállítható, balesetveszélyt nem jelent, a szerszám éltartamát nem csökkenti. A nyitott spirál forgács, a C alaku forgács és az apróra tört forgács a felsorolás sorrendjében kedvezőtlen. A gép működése szempontjából különösen a két utóbbi nem kívánatos, mert a gép felületei közé kerülve rontják annak pontosságát, működési zavarokat okozhatnak.

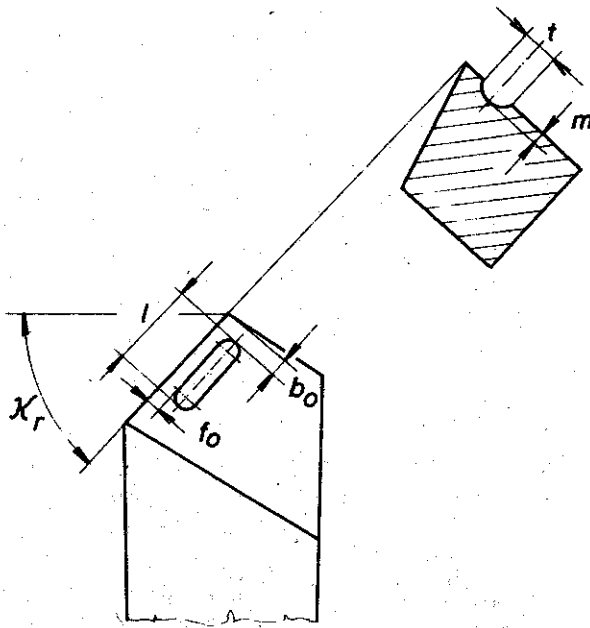
A gép zavartalan működése szempontjából az előbb említettek alapján nem kívánatos az öntöttvas tört forgácsa sem, de ezt megváltoztatni nem áll módunkban. Ilyen esetekben célszerű nagyteljesítményű forgácselszívó berendezések üzembeállítása.

A felsoroltak alapján célunk a szerszám élének olyan kiképzése, illetve olyan forgácstörő berendezések alkalmazása, amelyek a kívánt rövid csavart forgácsalak létrehozását biztosítják. Ennek a követelménynek a teljesülését különböző kialakítású forgácstörőkkel biztosíthatjuk. Tárgyalásunk során zömmel az esztergáláskor alkalmazható forgácstörési módokkal foglalkozunk - a gyakorlat számára is általában ez jelenti a legnagyobb problémát - de befejezésképpen röviden áttekintjük az egyéb forgácsolási módoknál (furás, marás, üregelés stb.) használatos forgácstörési módokat is.

Ha acélananyagot mindenféle forgácstörő mellőzése nélkül esztergálni kezdünk, akkor a következő jelenséget tapasztaljuk: a megmunkálás első pillanataiban a szerszám éléről folyó forgács fut le, s ez a forgácsforma fokozatosan kuszált, majd hosszú csavart lesz. Ha a csavart forgácsalak megjelenésekor megvizsgáljuk a szerszám homlokalpját, akkor azon egy kis mélyedést, az ún. krátert találjuk, mely a forgácsot deformációra kényszeríti.

Kísérleti eredmények szerint a forgácstörés már 0,03 mm krátermélységnél is biztosan bekövetkezik, de egyes esetekben már 0,01 mm mélység is elegendő volt. A gyakorlat számára a forgácstörő horony mélységét 0,1 mm nagyságra lehet ajánlani (a továbbiakban forgácstörő horonyhaz az általunk kialakított mesterséges krátert nevezzük). A forgácstörő horony szélességi mérete függ a választandó előtolás nagyságától, értéke  $t = 0,7 \cdot s + 0,3$  [mm]. A horony szélének a főéltől való távolsága gyakorlatilag állandó, s nagysága  $f_0 = 0,3$  mm. Ügyelnünk kell arra, hogy a forgácstörő horony a mellékélnél ne szakadjon át, ott általában 0,4 mm szélességű érintetlen homlokfelület maradjon. A forgácstörő horony hosszúsága függ a forgácsszélességtől (a fogás mélység és a főél elhelyezési szögének ismeretében számítható az  $a/\sin \kappa$  összefüggéssel), és annál 0,2 mm-rel nagyobb legyen (10.1. ábra).

A felsorolt irányértékekkel kimunkált forgácstörő horony méretei a forgácsolás folyamán megváltoznak, a horony mélysége és szélessége fokozatosan nő. A horony forgácsolóél felé eső széle gyakorlatilag nem kopik, a növekedés az ellenkező szélen tapasztalható, mely a forgácslefutás irányába esik. Az egyre növekvő hátkopás és kráteres kopás következtében a forgácsolásban közvetlenül részt vevő élszakasz alakja jelentősen megváltozik, a forgácsoló él szilárdságilag legyengül. A legyengült él már nem képes elviselni a terhelést, s a kráternél átszakad. Keményfém szerszámoknál kritikus az a kráterkopás, amelynél



10.1. ábra  
A forgácstörőhorony jellemző méretei

$$K_{\text{KRIT}} = \frac{K_T}{K_M} \geq 0,4$$

Az ajánlott irányértékek szerint kimunkált forgácstörő horornál pl.  $s = 0,5$  mm/ford előtolás esetén  $K_T = 0,1$  nagyságu. Ilyen kopás-érték a forgácstörő horony nélküli szerszámon már a megmunkálás kezdeti szakaszán kialakul, tehát a forgácstörő horony gyakorlatilag nem csökkenti a szerszám éltartamát.

A kopott szerszámot még a kráter átszakadása előtt célszerű át-élezni. A megfelelő időben való átélézéssel biztosítható, hogy az egyszer kialakított forgácstörő horony az élezés után is megmaradjon, s biztosítsa a forgács törését.

A forgácstörő horony kialakítása különböző módszerekkel lehetséges. Igen egyszerű megoldás a megfelelő profilra lehuzott tányérkorong használata. A horonyköszörűlést nem célszerű kézzel elvégezni, kívánatos a szerszám készülékbe való befogása. A SiC köszörűkorong helyett használhatunk gyémánszemcsés tárcsát is, de akkor a szerszám gépi befogása már nemcsak ajánlatos, hanem követelmény.

A korszerű forgácsolástechnológia mind nagyobb mértékben használja a szerelt esztergákéseket. Ezek a szerszámok váltólapkásak. Váltólapkába forgácstörő hornyot nem szokás beköszörűlni, viszont a for-

gácstörést ezeknél a szerszámoknál is meg kell oldani. Ezt a célt szolgálják az állítható forgácstörők, melyek egyben a váltólapka leszorítását is végzik.

Az állítható forgácstörő legkedvezőbb kialakításának érdekében vizsgáljuk meg először a forgácsalakulás folyamatát. A forgácsnak a forgácstörőn létrejövő alakulása lényegében a forgács másodlagos deformációján alapul. A deformációs folyamatot két részre bonthatjuk:

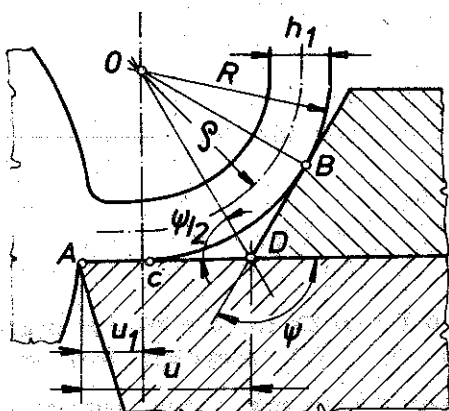
- a forgács lefutásának irányába állított forgácstörőbe ütközik, s azon másodlagosan deformálódik,
- a már másodlagosan deformált forgács a megmunkálandó anyagba, vagy a szerszámtestbe ütközik, s még további pótólágos deformációt szenved.

Vizsgálatok szerint a forgács teljes alakulását már a deformáció első fázisa meghatározza, a pótólágos deformáció szerepe jelentéktelen.

A forgács alakulása a 10.2. ábra szerint - változatlan forgácsvastagságot feltételezve - a forgácstörő u távolságának és a  $\psi$  hajlásszögnek függvénye. A megnyílás:

$$\varepsilon = \frac{h_1}{2\rho}; \quad \text{ahol } \rho = R - \frac{h_1}{2};$$

$$\text{és } R = (u - u_1) \cdot \operatorname{tg}(\psi/2);$$



10.2. ábra

Szerekt forgácstörő jellemző méretei

Ha a forgácstörő u távolságát változtatjuk, akkor változtatni tudjuk a forgács alakját is. Ha a forgácstörő távol van az éltől, akkor a lefutó forgács nem ütközik ellenállásba, folyóforgács alakul ki. Közelítjük a forgácstörőt az élhez. Minél

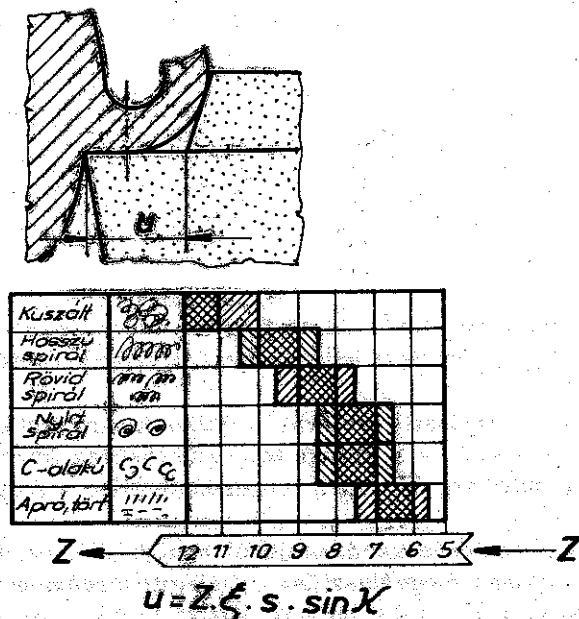
kisebb lesz az u távolság, annál kisebb sugarura kényszerül deformálódni a forgács, és bizonyos határérték elérése után már csak a tört forgács alakulhat ki. A forgács deformációjához tekintélyes mennyiségű munkára van szükség, s ennek jelentős része hővé alakul. Minél erősebben deformáljuk a forgácsot, annál nagyobb lesz a szükséges deformációs munka értéke. A tört forgács tehát nemcsak a gyakorlat szempontjából nem kívánatos forgácsalak, de nem kívánatos a szerszámél terhelése miatt sem.

A forgácstörő u távolságát tapasztalati képletek vagy táblázatok alapján szokták meghatározni. Nagysága jó közelítéssel az



$$u = z \cdot \xi \cdot s \cdot \sin \chi$$

összefüggésből származtatva, ahol ( $\xi$ ) a forgácsolakváltozási tényező, (s) előtolás [mm/ford],  $\chi$  a fűrészelhelyezési szöge és (z) a kívánt forgácsolak függvényében megválasztandó tényező. A (z) értékeit a forgácsolak függvényében a 10.3. ábrán mutatjuk be. A közelítés jósága főleg a forgácsolatszregorodási tényező nagyságának pontos meghatározásától függ.



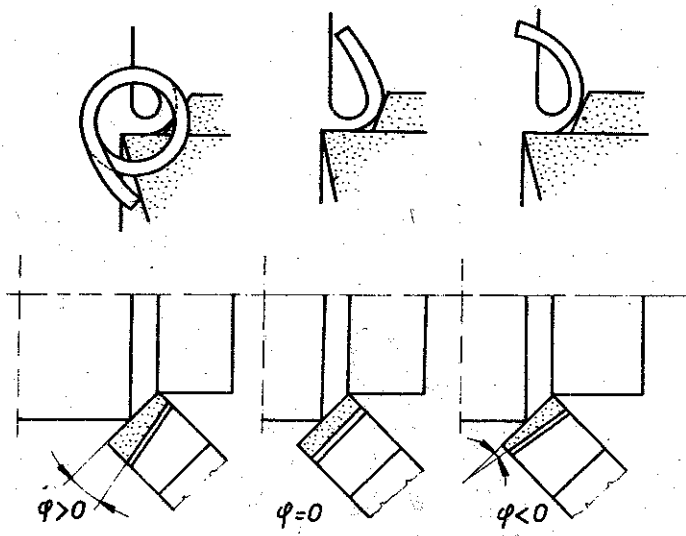
10.3. ábra

A forgácsolakokhoz tartozó forgácsoló távolságra vonatkozó szorzótényező megválasztása

A  $\psi$  hajlásszög optimális értéke keményfémeknél  $120 \dots 125^\circ$ . Optimálisnak azt az értéket tekintették, amelynél a surlódási erőből keletkezett nyomóerő a legkisebb.

A kívánt alakú forgács létrehozásakor nem közömbös a forgács-lefutás iránya sem. A forgács lefutását a szerszámélről úgy kell irányítani, hogy az ne a munkadarab felé, hanem ellenkező irányba távozzék. A munkadarab felé távozó forgács ugyanis megsérti a már megmunkált felületet, s ez nem kívánatos. A forgács lefutásának irányát a szerszámél és a forgácsoló  $\varphi$  hajlásszögének állításával tudjuk szabályozni (10.4. ábra). A  $\varphi$  hajlásszög optimális értéke  $6 \dots 8^\circ$ . Ha a hajlásszöget  $4^\circ$  alá csökkentjük, akkor gyakorlatilag párhuzamos beállítással dolgozunk.

A forgács terhelése a ferde hajlású forgácsolóval a lefutó forgács deformációjával magyarázható. A szerszám éléről lefutó forgács



10.4. ábra

A szerszám éléről lefutó forgács távozási iránya különböző forgácstörő-elhelyezési szögek esetén

két oldala a forgácstörővel való találkozásakor különböző mértékű deformációkat szenved, s a deformáció-különbségek következtében létrejött feszültségkülönbség az, mely végeredményben a forgács távozási irányát megszabja.

A forgácstörés szempontjából nem közömbös a fogásmélység-előtolás arányainak megválasztása. Kielégítő eredményt kapunk, ha az  $s/a$  viszonyt  $1/5 - 1/20$  határok között tartjuk. Az alsó értéknél nagyobb  $s/a$  viszonynál nagy a deformáció, azonos forgácstörő távolság esetén tört forgácsot kapunk, az  $1/20$  érték alatt pedig a forgács már túlságosan vékony, a forgácstörő nem képes azt deformálni.

A forgács alakja nagyban függ a technológiai adatok (előtolás, fogásmélység, forgácsolósebesség, a megmunkálandó anyag keménysége) megválasztásától.

Kísérleti eredmények alapján olyan összefüggést sikerült meghatározni, melynek segítségével a forgácstörő távolsága acélok esztergálása-kor a technológiai adatok függvényében számítható, s az így meghatározott lépcsőszélesség minden esetben rövid csavart forgács keletkezését biztosítja. A számítási összefüggés kísérleti eredmények alapján, C 45-ös anyagra:

$$u = \frac{45 \cdot s^{0,77} \cdot a^{0,67}}{v^{0,08} \cdot HB^{0,47}} \quad [\text{mm}]$$

### Érvényességi határok:

$v = 50 \dots 400 \text{ m/min,}$   
 $s = 0,068 \dots 0,8 \text{ mm/ford,}$   
 $a = 1 \dots 7 \text{ mm,}$   
 $HB = 150 \dots 240$   
 $\Psi = 125^\circ,$   
 $\kappa = 45^\circ.$

Ha a szerszám főélelhelyezési szöge a  $45^\circ$ -tól eltérő, akkor a forgácsolási sebességnél már megismert módosító tényezővel ( $K_{v\kappa}$ ) kell számolni.

A forgács törésénél gyakran használt megoldás a forgácsoló lépcső. Ez alakilag és működésileg hasonló a szerelt forgácsolóhoz, s attól csupán annyiban különbözik, hogy a szerszám anyagából alakítják ki.

A forgácsoló lépcsőt célszerűen gyémántszemcsés szerszámmal alakíthatjuk ki, melynek alakja lehet tárcsa, vagy fazékkorong. Az első esetben a lépcső elkészítésével egyidejűleg a kívánt lekerekítési sugár is kialakítható. Fazékkorong alaku gyémántszemcsés tárcsa alkalmazásakor egy speciális célgéppel munkálják ki a lépcsőt.

A forgácsoló lépcső előnyei:

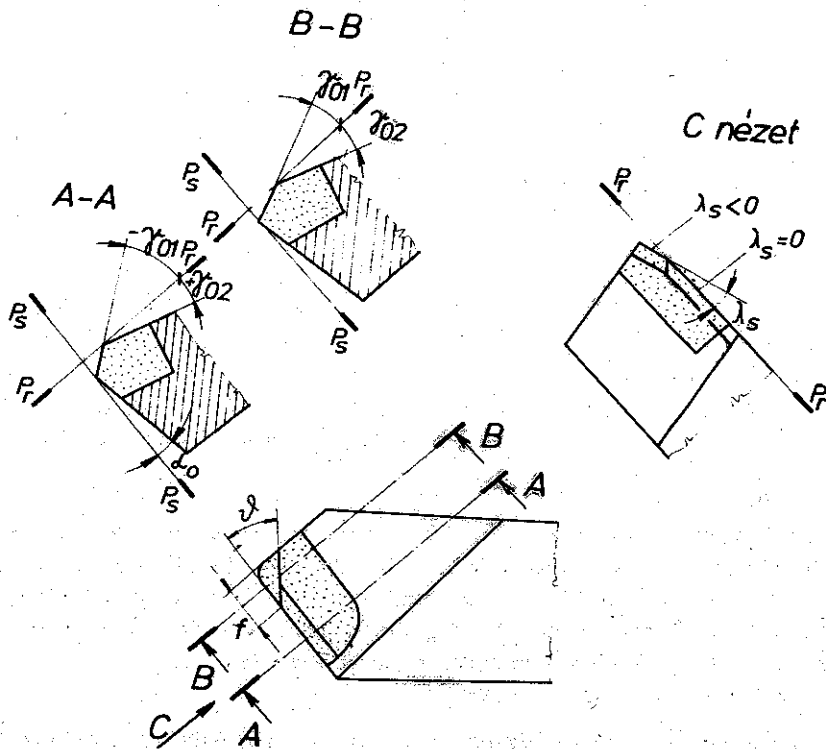
- helyesen kialakítva biztosítja a forgács törtését és elvezetését,
- helyszükséglete kicsi, mindenfajta késnél alkalmazható.

Hátrányai:

- a forgács törtését csak adott technológiai tartományban biztosítja,
- kialakítása speciális szerszámot vagy gépet igényel,
- a szerszám élezése bonyolultabbá válik, csökken az utánélezések száma,
- használata fokozott keményfém-felhasználással jár.

A forgács törése biztosítható a forgácsoló él geometriájának megfelelő kialakításával, az un. önalakító élkiképzéssel. Lényege: olyan élgeometriát kell létrehozni, hogy a leválasztott forgács szélein különböző legyen a zömítődési fok és az erősebb zömítődés a csucs-sugár felőli oldalon következzen be. A zömítődési fokok közötti különbségek következtében a forgács két széle között deformációkülönbség keletkezik, s ez biztosítja a forgács kívánt alakulását.

Az élkialakítás jellegzetességei (10.5. ábra): a homlokszög erősen pozitív. A nagy homlokszög következtében létrejövő élszilárdságcsökkenést  $0,2 \text{ mm}$  széles negatív élszalaggal ellensúlyozzák. A terelőszög lehet  $0^\circ$  is, de kedvezőbb a  $10 \dots 15^\circ$ -os érték használata. A szerszám homlokfelületén a csucssugár közelében egy háromszög alaku,  $0^\circ$  homlokszögű felületet alakítanak ki, melynek még esetleg erős negatív terelőszöget is adnak. A háromszög alaku felület átfogójának a szerszámélel



10.5. ábra  
Önalakító forgácsolóval készített szerszám kiképzése

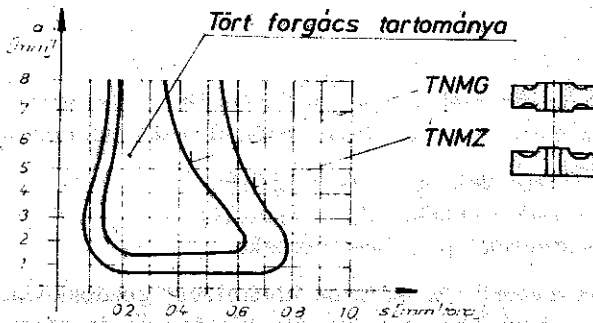
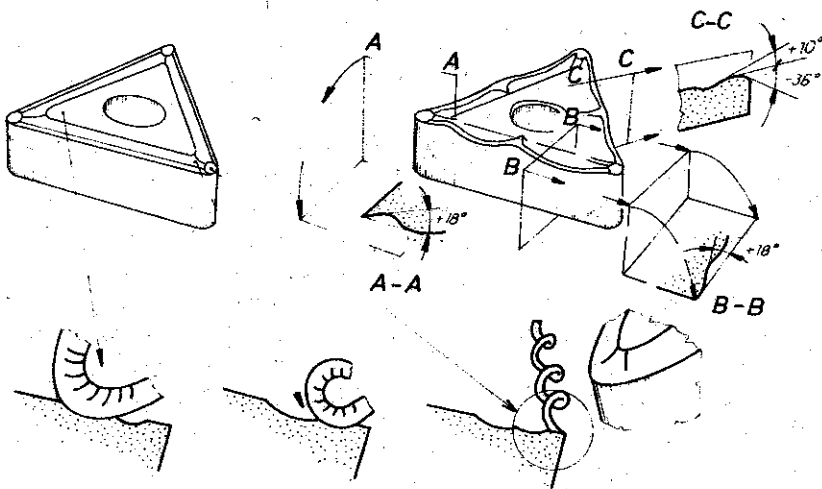
bezárt szöge  $\varphi = 30^\circ$ . A terület nagyságát a nagyobb - a forgácsoló él mentén mért - befogó ( $f$ ) méréttel szokás jellemezni. Az ( $f$ ) méretnek minden esetben nagyobbak kell lenniük a forgácsszélességnél, azaz általános esetben  $f > a/\sin \kappa$ .

Az önalakító élkiképzésre váltólapok kivétel esetén jellemző a COROMANT-cég "pozitív-plusz" jelű lakója (10.6. ábra).

Az ilyen kiképzés előnyei:

- a forgács  $a/s > 100$  viszonynál is törik,
- a szerszám éltartama azonos a normál kiképzésű esztergakésé-  
vel,
- a leválasztott forgács nem pattan vissza a megmunkált felületre,
- a forgácsoló erők nem nőnek.

Igen szívós anyagok forgácsolásakor a kívánt alakú forgács vibrációs forgácsolóval hozható létre. A vibrációs forgácsolásnál a berendezés által biztosított szabályos időközönként a forgács vastagságát változtatjuk meg és a forgács a legvékonyabb részén törik. A berende-



10.6. ábra

**Besajtott forgácsolás váltólapok különböző kialakítási változatai**

zés működtetése lehet mechanikus, hidraulikus, elektromos. Javasolható felhasználási területe:  $a < 3 \text{ mm}$ ,  $s < 0,4 \text{ mm/ford}$ .

A rezegtetéses működésű forgácsolók irodalmi adatok szerint a forgácsolás megoldásán kívül növelik a szerszám éltartamát is. Hátrányaik: korlátozott felhasználási terület, viszonylag nagy szerkezeti méret és rezgésforrás. Utóbbi főleg a pontossági megmunkáláskor nem kívánatos.

Az utóbbi időben mind nagyobb számban jelennek meg a bepréselt forgácsolás váltólapok. Ezek előnye, hogy a furat segítségével egyszerűen rögzíthetők a hordozó kétestre, s minden segédeszköz nélkül biztosítják a forgács törését. Hátrányuk, hogy csak bizonyos technológiai határértékek között használhatók a forgácsoló nagyságának megfelelően (10.6. ábra).

A forgácsolás szükségessége gyakran felvetődik a csigafurók használatakor. A forgácsolás megoldásának módja, hogy a szerszám éléről

lefutó forgácsot a szerszám hornyában elhelyezett sarkantyú erős deformációra készíti s a forgács ennek következtében eltörik. A forgáctörő sarkantyút a horony készítésekor a furó saját anyagából alakítják ki.

Ugyancsak csigafuróknál forgácsosztó hornyokat is használnak, amelyeket a furó homlok- vagy hátfelületébe köszörülnek. Ezek a hornyok nem a forgács törését, csupán a forgácsszélesség megosztását biztosítják. A megosztott forgács egyes szakaszainak s/a viszonya már a forgáctörés tartományába esik, ezért a forgács törik. Hasonló jellegű forgácsmegosztó (nem forgáctörő) hornyokat használnak a nagy teljesítményű szármáróknál és az üregelőszerszámoknál. A forgácsszélesség megosztásának a tört forgács biztosításán kívül előnye, hogy jelentősen csökken a rezgésveszély, ami a nagy fogásban lévő élhosszak esetén igen sokszor bekövetkezik.

## 10.2 Forgácsosztás

A forgácsolószerszámok munkakörülményeit jól jellemzi a forgácster kialakítása. Az egyes forgácsolószerszámok ezek szerint lehetnek:

- nyitott forgácsterűk, pl.: esztergakés;
- félig zárt forgácsterűk, pl.: csigafuró;
- zárt forgácsterűk, pl.: üregelőtűske.

A nyitott forgácsterű szerszámok kivételével gondoskodni kell a forgácsnak a forgáchoronyban történő elhelyezéséről és elvezetéséről is. A szerszám megválasztásakor, konstrukciós kialakításakor tehát már eleve gondolni kell arra, hogy a forgácsnak már a keletkezés helyén biztosítsuk a kedvező alakját.

Furatok üregelése esetén például a leválasztott hengerfelületű forgácsnak a fohornyokba történő begyűrése lehetetlen lenne az egybefüggő forgácsgyűrű felhasítása nélkül. Ezt a feladatot az ún. forgácsosztó-hornyok látják el.

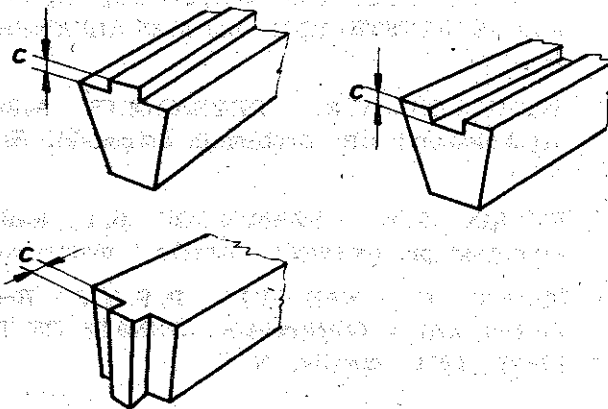
A fémek forgácsolása általában folyamatos élű szerszámokkal történik. Ismeretes azonban, hogy a hosszú, megszakítás nélküli forgácsolóélek nem eredményeznek kedvező forgácsleválasztást. Néhány megmunkálási módnál (pl. beszúrás, sikesztergálás stb.) a széles forgácsolóél különösen kedvezőtlen, mert rossz minőségű megmunkált felület, szerszámtulterhelés, rezgések stb. okozója lehet.

Ilyen esetekben kedvező, ha a forgácskeresztmetszetet nem egyben, hanem több részre osztva választjuk le. Forgácsmegosztásnak a leválasztott forgács hosszirányú részekre osztását értjük, szemben a forgáctöréssel, amikor a forgács a forgácslefutás irányára merőlegesen van alakítva.

A forgácsmegosztás előnye régóta ismertek ugyan, de alkalmazásuk a forgácsolószerszámokon eléggé korlátozottan valósult meg. Legismertebb példák a marószerszámok köréből hozhatók, ahol a spiráléleket forgácsosztóhornyok osztják szakaszokra. Hasonló szerszámok a sűnmarók (Igelfräser), amelyeknél az egyes keményfém élszakaszok forrasztva, vagy mechanikusan rögzítve az egybefüggő élvonalszakaszt megosztva kerültek beépítésre. Legújában már marásra szolgáló váltólapkáknál is találkozhatunk megosztott élekkel. A felsorolt példákban is látható, hogy a forgácsmegosztás gyakorlati alkalmazásai mind ez ideig szinte kizárólagosan többéltű szerszámokra korlátozódnak, amelyek úgy vannak kialakítva, hogy a forgácsosztóhorny hiányzó élszakasza mögött a következő élsoron egy teljes élszakasz következik. Ezáltal biztosított a megmunkált felület folyamatossága. Egyéltű szerszámok esetén ez a módszer természetesen nem alkalmazható. Azért, hogy itt is folyamatos legyen a megmunkált felület, más megoldást kell keresni.

Egyéltű szerszámok esetén lehetséges a forgács hosszirányú megosztása olya módon, hogy a forgácsolóélt szakaszokra osztjuk, és ezeket a szakaszokat eredeti helyzetükből egymáshoz képest a térben eltoljuk. Az élszakaszok eltolása vízszintes, ill. függőleges irányban történhet, valamint a két irányban történő eltolás kombinálása is lehetséges (10.7. ábra).

A forgácsosztás előnye két okra vezethető vissza. Egyrészt kedvezőbbé válik a forgácskarcosság viszonyyszám, mivel azonos forgácsvastagság mellett a relatív forgács szélesség csökken. A másik ok különösen a beszűrő esztérgálásakor jelentkezik és abban áll, hogy lehetővé teszi a forgács keresztirányú alakváltozását és ezáltal a megmunkált oldalfelületek megóvhatók a hozzájuk surróldó forgács karcoló hatásától.



10.7. ábra

A forgácsmegosztás megvalósítása egyéltű szerszám esetén az élszakaszok kiemelése által

Irodalomjegyzék a 10. fejezethez

1. Dr. FAZEKAS Balázs: Célgépek, gépsorok, aggregátógépek szerszámozása. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1970.
2. GYÖRFFY Gyula: Forgácsolás kísérleti megfigyelések a csere forgácsolóval. GÉP, XVII. évf. 1965. 6. sz. 230. old.
3. LUNDRÉN, E.: Das Brechen eines Spanes, Wendepalten mit eingesinterten Spanleitstufen. FERTIGUNG, 1973./1. sz. s.: 9-13.
4. MILACIC, V.R.: Contribution to the study of chip-breaker in lathe turning. Publikacije Masinskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu, 1966. N° 20. Beograd.
5. MÜLLER, M.E.: Die Beherrschung der Spanform beim Drehen. WERKSTATTSTECHNIK und MASCHINENBAU 1957. juni. N° 6. s. 269-273.
6. PODURAJEV, V.N. - REZBARODOV, A.M.: Ispolzovanyije avtokolebanyij dlja droblenija sztruzski. Sztanki i insztrument, 1963. N° 1.
7. RÜVKIN, G.M. - SZAMOLJOV, B.I.: Kinematicszeszkoje droblenyije sztruzski pri tocsenyii. Sztanki i insztrument, 1953. december.
8. SPANNS, C. - VAN GELL, P.F.H.J.: Break Mechanismus in Cutting with a Chipbreaker. ANNALS OF THE CIRP. Vol. XVIII. p. 87-92. 1970. április. N° 1.



## 11. A forgácsolás segédanyagai, hűtő-kenő folyadékok és hűtési-kenési rendszerek

### 11.1 A forgácsoló megmunkálás segédanyagai

Azokat az anyagokat, amelyek közvetlenül nem alakítják a munkadarabokat, de jelenlétük a technológiai eljárásnál szükséges, gyártási segédanyagoknak nevezzük.

Például egyes lemezalakítási eljárások csak az ún. foszfátózás után hajthatók végre, ezért a foszfátréteg létrehozásához szükséges anyagot gyártási segédanyagnak tekinthetjük. Ugyanúgy, mivel a műanyagbevonatok csak vegyileg tiszta felületre vihetők fel, a fémfelületek tisztításához is gyártási segédanyagokat használunk fel.

A forgácsoló megmunkálás segédanyagai a hűtő-kenő folyadékok. Ezekhez sorolhatók:

- ásványi és növényi olajok,
- különböző vizes oldatok, és
- pasztászerű anyagok.

Az üzemi gyakorlatban bizonyos segédanyagok alkalmazása többéves tapasztalaton alapul, de kiválasztásának okára tudományos alaposságon nyugvó válasz helyett csak a hagyományokra való hivatkozások szolgálnak. Ahhoz, hogy az adott technológiai eljáráshoz a legmegfelelőbb segédanyagot tudjuk megválasztani, a hűtő-kenő folyadékok hatás-mechanizmusainak feltárása szükséges. Ezek a hatásmechanizmusok a forgácsoló rendszer igénybevételi viszonyainak elemzésével deríthetők fel.

A forgácsolószerszámok tönremenetelének okai surlódási jelenségekre, hőterhelésre és felületi határréteg-problémákra vezethetők vissza. A hűtő-kenő folyadékok ezen jelenségekre gyakorolt hatásuk alapján vizsgálhatók. A tárgyalandó területek:

- a hűtő-kenő folyadékok kenőhatása: adszorpciós diffúziós és belső kenőhatásuk alapján vizsgálva;
- a hűtő-kenő folyadékok hűtőhatása;
- a folyadékok öblítő tulajdonságai;
- a hűtő-kenő folyadékok antikorróziós hatása.

## 11.11 A hűtő-kenő folyadékok kenőhatása

### 11.111 Felületaktivitás

Röntgenvizsgálattal kimutatható, hogy minden szilárd testen létrejön egy felületi határréteg. Ebben a molekula nagyságrendű rétegben a molekuláris erők nincsenek egyensúlyban, s az anyag molekulái a környezetből adszorbeált molekulákkal a határrétegben sűrűsödnek.

A forgácsolás pillanatában a frissen keletkező fémtiszta felületen is azonnal lejátszódik az adszorpció. Egy köszörült felületen például a legfelső rétegben adszorbeált gázmolekulák, alatta oxidált és nitridált molekulák, majd ezt követően egy 1,5 ... 5  $\mu\text{m}$  vastagságú erősen deformálódott fémkristály-szerkezetű réteg helyezkedik el.

A felületi rétegbe adszorbeált anyagot felületaktív anyagnak nevezük. Az adszorpciót a felületaktív anyagoknak a fémhez való vegyi affinitása okozza. Minél nagyobb ez az affinitás, annál jobban tapadnak az adszorbeált molekulák a határrétegbe.

Ismerve ezt a jelenséget, a segédanyagba a fémmel szemben nagy affinitású felületaktív anyagokat célszerű bevinni. Ilyenek:

- a kén, a foszfor és a halogén elemek,
- a hidroxil-, a karboxil-, a nitro- és szulfid csoportok,

amelyek rendszerint egy telítetlen láncú szénhidrogén egyik H atomja helyébe építhetők be, olajok és zsírok hosszaláncú molekuláinak felhasználásával.

Az ily módon felületaktívvá tett kenőanyag affin pólusa  $10^{-8}$  sec idő alatt adszorbeál a fém felületére, és a molekulalánc többi része ezeken a tapadási pólusokon függve, mintegy szörzet helyezkedik el, amely a surlódó felületek között a kenőfilm szerepét tölti be.

A folyadékok kenőhatása tehát abban nyilvánul meg, hogy

- vékony kenőfilm és
- oxidfilm

képződik, amely a fém felületi határrétegében megakadályozza a felületek közvetlen érintkezését, a forgács és a szerszám összehegedését és ezen keresztül lassítja a szerszám kopását.

Ez a hatás akkor optimális, ha biztosítani tudjuk a megfelelő mennyiségű affin anyag jelenlétét a folyadéokban. (Pl.: kén az olajban, szappan a vízben.)

A folyadék kenőhatása a kis és közepes forgácsolósebességek tartományában a jól tapadó réteg kialakulásában keresendő.

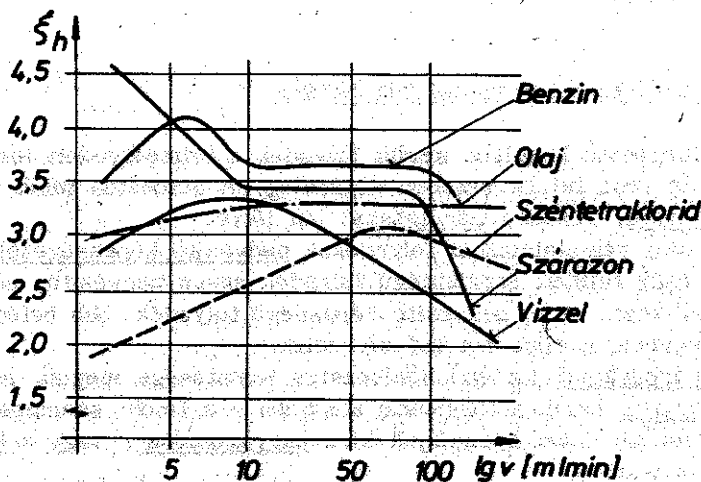
ISZAJEV tapasztalatai arra utálnak, hogy az élszak leszakadása-kor kialakuló vákuum szivattyuzó hatásával fokozza ezt a fémfelületet beterítő hatást.

A hőmérséklet növekedésével azonban az adszorpció hatás csökken.

Nagyobb sebességi forgácsolás esetén a folyadék gőzei biztosítják a megfelelő kenőhatás létrejöttét. A forgácsolási zónába jutó folyadék elpárolog. A gőzök kémiai reakcióba lépnek a fémfelületekkel:

- ha pl.: klór párolog el, a létrejövő klorid réteg 700 K<sup>o</sup>-ig megtartja kenőképességét;
- ha kén párolog el, szulfidréteg jön létre, amely 1100 K<sup>o</sup>-ig hatásos;
- ha zsírsavak kerülnek kölcsönhatásba a fémmel, fémszappanok képződnek, amelyek azonban csak 500 K<sup>o</sup>-ig stabilak.

Ezek a jelenségek adnak magyarázatot arra, hogy egy adott segédanyag-fajta miért válhat hatástalanná a forgácsolósebesség megváltoztatása esetén. Ha például a hűtő-kenő folyadéknak a forgácsképződés folyamataira gyakorolt hatását vizsgáljuk, a forgács-alakváltozási tényező megváltozásának nyomon követésével adott sebesség-hőmérséklet intervallumokban minősíteni tudjuk a segédanyagokat. Erre mutat példát MERCHANTE-mérése (11.1. ábra), amely szárazon, vízzel, széntetraklorid, benzín és olaj felhasználásával végzett esztergálás esetén mutatja be a hűtő-kenő folyadéknak az alakváltozási tényezőre gyakorolt befolyását, ha közben a forgácsolási sebességet változtatjuk.



11.1. ábra

A hűtő-kenő folyadékok hatása a forgács-alakváltozási tényezőre

### 11.112 Adszorpciós hatás

A felületaktív anyagok a forgács felületére rátapadva behatolnak annak repedéseibe és ott, annak falain szétfeszítő hatást fejtenek ki. Ez az ún. REBINDER-effektus, főleg vékony forgácsok leválasztásánál jelentős.

### 11.113 Diffúziós hatás

Az alkalmazott segédanyag katalitikus bomlásának termékeiből hidrogén, nitrogén és egyéb atomok diffundálnak a forgács felületére. Ezáltal az törékennyé válik, s kisebb deformáció mellett is széttörik.

### 11.114 Belső kenőhatás

Főleg lemezes forgács esetén az egyes, egymáson elcsuszó forgácsok közé került kenőanyag csökkenti az elemek egymáson való elcsusztatásához szükséges erőt, azáltal, kisebb lesz a forgácsalakváltozási tényező is.

## 11.12 A hűtő-kenő folyadékok hűtőhatása

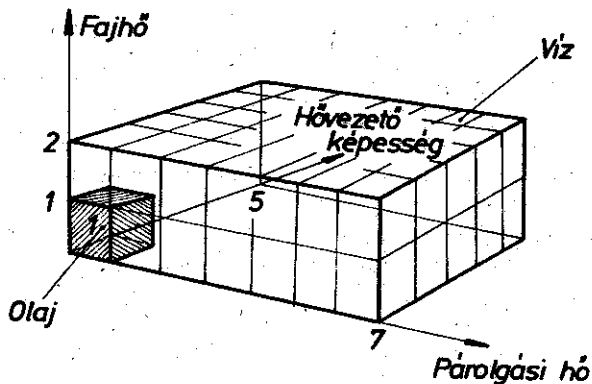
A forgácstól közelébe került folyadék a felmelegedett felületen szétterjed, hőt vesz fel és részben elpárolog. A hűtőhatás tehát részben hőelvezetéssel, részben párolgással jön létre.

Itt kell rámutatnunk a folyadékok nedvesítő képességének fontosságára. A nagy felületi feszültségű folyadék rossz nedvesítő, nem terül szét a felületen. A jó nedvesítő képességű folyadék jobb befedő-képességű is egyben, s több hőt tud elvezetni.

A párolgással történő hőelvezetés jelentősége megnő, ha a folyadék porlasztva kerül a forgácstól zónájába - a finom szemcsék hőelvonása kedvezőbb - ezt használjuk ki a nagynyomású, vagy a köd-hűtés alkalmazásakor.

Ha kis folyadékmennyiség áll csak a rendelkezésünkre, akkor a folyadék fajhőjének és hővezető-képességének van jelentősége. Olaj és víz hővezető-képességét, párolgási hőjét, fajhőjét összehasonlítva (11.2. ábra) látszik, hogy a vizes oldatoknak lényegesen nagyobb a hűtőhatásuk. Az emulziók amelyek víz és olaj diszperz elegyei, kis %-os ásványi olaj adagolása esetén javítják a hőelvezetést.

Nagyobb koncentráció esetén azonban növelik a gőzburkok szilárdságát, s ezzel akadályozzák a folyadékban a hőelvezetést. Ezen csak a folyadék-áram sebességének növelésével lehet segíteni.

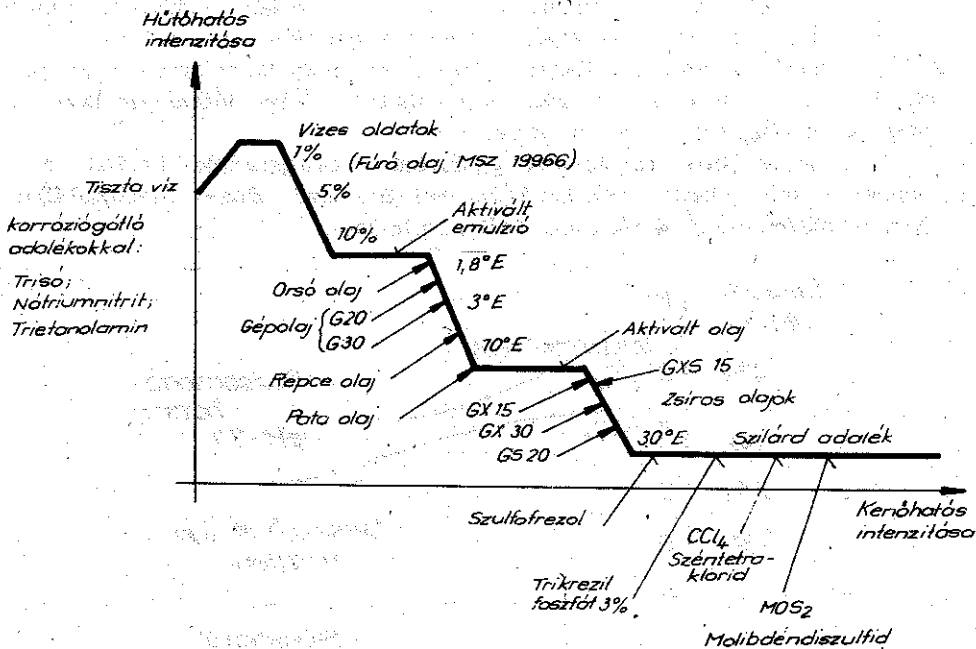


11.2. ábra

Az olaj és a víz hűtőképességének összehasonlítása

A habképződés is rontja a hővezetést. Ezt adalékanyagokkal és a tartály-méret növelésével kerülhetjük el.

Az alkalmazott hűtő-kenő anyagok tulajdonságainak összefoglalását a hűtőhatás intenzitásának és a kenőhatás intenzitásának szembeállításával a 11.3. ábrán mutatjuk be.



11.3. ábra

A hűtő-kenő folyadékok tulajdonságainak összefoglalása

### 11.13 A hűtő-kenő folyadékok öblítő hatása

A hűtő-kenő folyadékok öblítő hatásának különös jelentősége köszörülésnél van. A bő sugárban érkező folyadék eltávolítja a forgácsot és a kopásból származó port.

Jó öblítő hatásúak a kis viszkozitású folyadékok - pl.: petróleum vagy szódás oldatok. Gyémánt köszörülőkorongok felületét gyenge nyomással, filc darab segítségével bő petróleum-árammal szokás tisztítani.

Mélyfuratok furásakor nagyobb nyomással (40 ... 50 bar) kellő forgácselvezetést, hűtést és kenést is elérhetünk.

### 11.14 Hűtő-kenő anyagok korrózió-gátló tulajdonságai

A különböző hűtő-kenő folyadékoknál a víz korróziót okozó tulajdonságának megakadályozására lúgos adalékokat felhasználva:

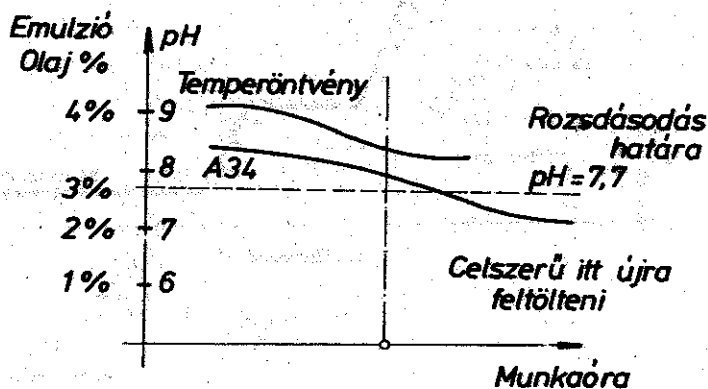
- trisó, vizüveg, nátriumnitrit, trietanolamin stb.,

adatulásával 7,7 ... 9%-os pH, állítható be. A víz elpárolgása után a fémfelületen vékony hártya marad vissza, amely közvetlen, vagy bázikus hatásánál fogva gátolja a korróziót.

Használat közben a forgácsához tapadó olaj miatt csökken az emulziók olajtartalma, ezért hetenként ajánlatos cserélni az emulziót.

A 11.4. ábrán bemutatott diagram utal arra, hogy acél-anyag vagy öntöttvas forgácsolása esetén ugyanaz a folyadék eltérő időtartam után veszi el a megfelelő bázikus jellegét.

Az összeállított folyadékok egyébként is öregszenek. Például: a szappan a keletkezett savak hatására erjedni kezd. Ennek megakadályozására baktériumölő adalékokat kell alkalmazni.



11.4. ábra

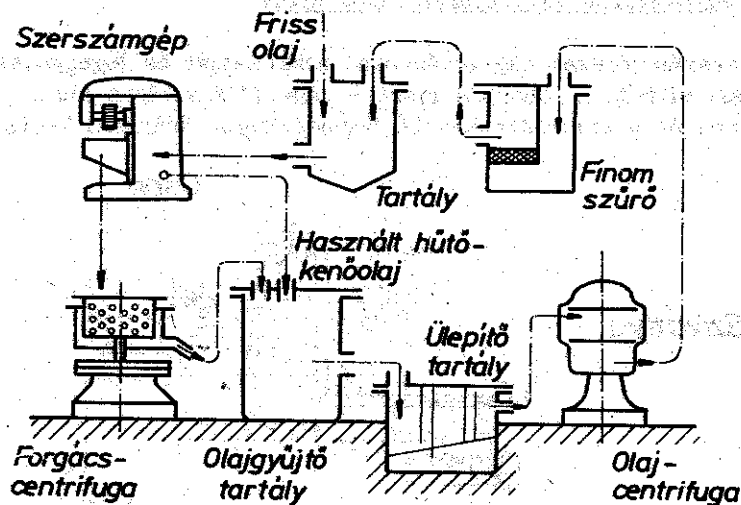
Az emulzió olajtartalmának csökkenése

A kenezett olajok a színes fémeken foltokat hagynak. Ezért van nagy jelentősége az ilyen alkatrészek gondos tisztára mosásának, hiszen az esetek többségében a színesfém alkatrészek érvényesülési funkciója a feltételezett fémesen csillogó felület.

Egészségvédelmi szempontok betartására is ügyelni kell. Ne legyen pl. bűzös a hosszabb ideje használt hűtő-kenő folyadék. Néhány segédanyag bőrbetegségeket okozhat. Ezért gondosan, az üzemi orvos véleményét is meghallgatva kell dönteni egy-egy kenőanyag megválasztásakor.

## 11.2 Hűtési-kenési rendszerek

A hűtő-kenő folyadékok alkalmazásának gazdaságosságát nagymértékben meghatározza az a tény, hogy a kenőolaj alapanyagok zömét importból kell beszerezni. Ezért meg kell akadályozni, hogy nagymennyiségű olaj menjen veszendőbe a forgácsra tapadva. A forgács-manipulációs teendők egyik fontos feladata tehát a kenőanyag központi visszanyerésére szolgáló rendszer kialakítása a vállalatoknál. A 11.5. ábrán a forgácsolóolaj központi visszanyerésére és regenerálására szolgáló rendszer felépítése és gépi berendezései láthatók.



11.5. ábra

A forgácsolás során felhasznált hűtő-kenő olaj központi visszanyerésére és regenerálására szolgáló rendszer

A forgácshoz tapadt kenőanyag visszanyerésére un. forgácscentrifugák szolgálnak. Az így összegyűjtött hűtő-kenő folyadékhoz természetesen még apróbb fém szennyeződések és porok tapadnak. Ezeket a durvább szennyeződések többfokozatu ülepitő tartályokban lehet kiszűrni. Az olaj víztől való megtisztítását olaj-centrifugában végezhetjük el. Természetesen a centrifugált olaj még tartalmazhat apró forgács-porokat, amelyeket gőzzel fűtött finomszűrő-berendezésben lehet leválasztani.

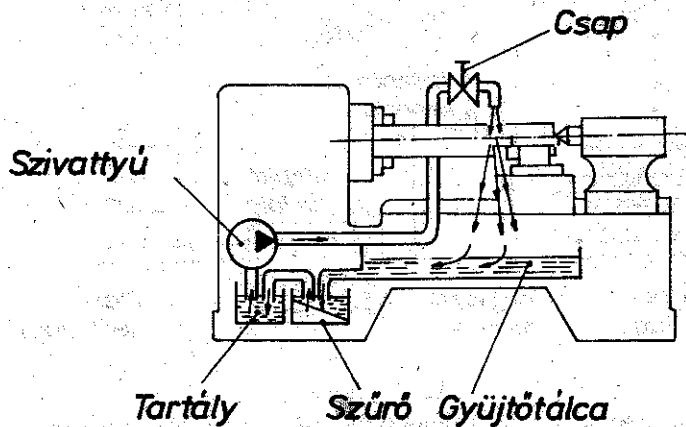
Az így megtisztított és regenerált hűtő-kenő folyadék azután a friss olajjal összekeverve újra felhasználható.

Célgépek, gyártások üzemeltetése esetén elengedhetetlen a zárt-láncú segédanyag-körfolyamat megteremtése. Nyilvánvaló, hogy a kiegészítő gépi berendezések kialakítása nagyban függ attól, hogy milyen hűtési-kenési eljárást használnak az egyes forgácsoló-szerszámgépeken. A hazai ipari gyakorlatban a következő hűtési-kenési rendszerek alakultak ki:

- folyadéksugaras, vagy elárasztásos hűtés;
- nagynyomásos hűtési eljárás;
- közhűtés;
- hideg levegő fuvatásos hűtés;
- szénsavas (CO<sub>2</sub>) - hűtés.

#### 11.21 Folyadéksugaras vagy elárasztásos hűtés

A szerszámgépeken hagyományosan alkalmazott és legegyszerűbb hűtési-kenési eljárás a folyadéksugaras- vagy elárasztásos hűtés. Ekkor a szerszámra és a munkadarabra bő folyadéksugár áramban kerül a



11.6. ábra

Az elárasztásos hűtési körfolyamat elvi sémája

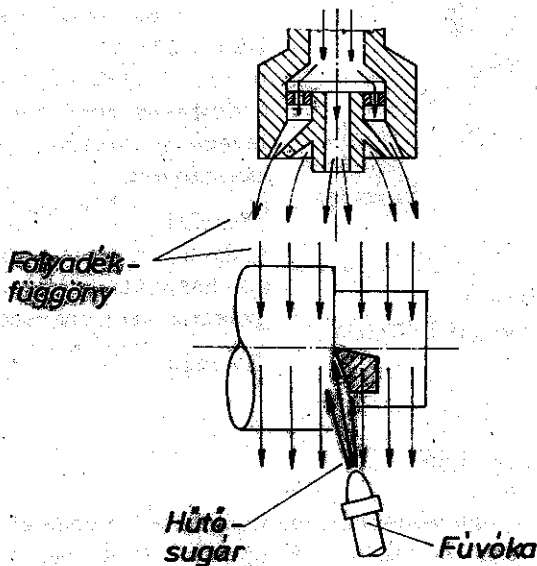


hűtő-kenő folyadék, amelynek keringtetéséről a gépre épített szivattyu-rendszer gondoskodik (11.6. ábra).

### 11.22 Nagynyomású hűtés

A nagynyomásos hűtés alkalmazásakor a hűtő-kenő folyadék intenzív adagolását, s ezzel a jelentős mennyiségű hőelvonást igyekeznek megvalósítani. A fuvókából nagy nyomással kifecskendezett olajat vagy emulziót a szerszám hátfelületére lövelik, ezáltal közvetlen a hőforrás közeléből kísérlék meg elvezetni a keletkezett forgácsolási hőt.

A hűtőhatást a felhevült felületeken végbemenő azonnali párolgás fejt ki. A folyadéksugár szétfrocskölése ellen egy tölcséren keresztül létrehozott folyadékfüggőnnyel védekeznek. A nagynyomásos hűtés elvi vázlatát a 11.7. ábra mutatja be. A szokásos megoldásoknál a folyadéksugarat  $\varnothing 0,2 \dots 0,3$  [mm] méretű fuvókán vezetik keresztül.  $p = 30 \dots 40$  [bar] nyomással. A szállított folyadékáram  $q \approx 0,5$  [liter/min]. Esztergálás esetén, hogy a kellemetlen frocskölést még jobban csökkentsek, nagyobb fuvókareést ( $\varnothing 1$  mm) és kisebb nyomást ( $p \approx 3 \dots 4$  bar) alkalmaznak.

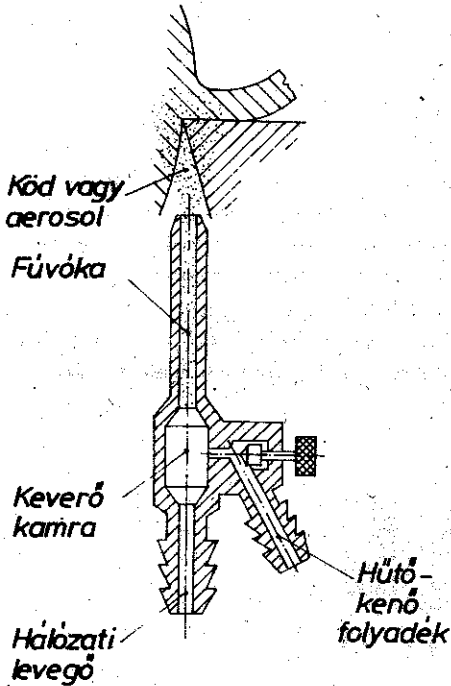


11.7. ábra

A nagynyomásos hűtési elvi vázlat

### 11.23 Ködhités

A ködhités a párolgással történő hőelvonás lehetőségét használja ki a forgácsolási folyamat körülményeinek javítása érdekében. A porlasztott olajat vagy emulziót a szerszám hátlapja felől vezetjük a forgácsleválasztás zónájába. Az aeroxol nem hűti a forgácsot, viszont intenzíven hűti a szerszámot és a munkadarabot. A köd permetezésével elgőzölögtetett hőmennyiség elvonja a forgácsolási hő közel 20%-át is. Irodalmi adatok alapján a ködhitéssel elérhető élettartamnövekedés a száraz forgácsoláshoz képest 300 ... 400%-os. Az emulzió porlasztásával jelentős kenőanyag megtakarítás érhető el. Az emulziófelhasználásban 25 ... 30%-os megtakarítás valósítható meg.



11.8. ábra  
A ködhités elvi elrendezési vázlata

A ködhités szokásos elrendezési vázlatát a 11.8. ábra mutatja be. A gyakorlatban megvalósított ködhitéses rendszerek a hálózati levegő nyomását ( $p \approx 2 \dots 5$  bár) hasznosítva,

$$q_{\text{Emulzió}} = 100 \dots 200 [\text{gr/óra}]$$

aránylag kis mennyiségű kenőanyagot használnak fel. A levegőfogyasztás nagyságrendje

$$q_{\text{Levegő}} = 3 [\text{m}^3/\text{óra}].$$

### 11.24 Szénsavas ( $\text{CO}_2$ ) hűtés

A rozsdáálló, vagy nehezen megmunkálható ötvözetek forgácsolásakor terjedt el a szénsavas hűtés. Az úgynevezett szuperötvözetek: króm-nikkel, króm-nikkel-kobalt, nikkel alapú, kobalt alapú ötvözetek megmunkálásakor jellemző, hogy ezek az alakítás hatására felkeményednek. Forgácsolásukkor még kis sebesség esetén is igen nagy hőmérséklet keletkezik. Az ilyen ötvözetek igen nagy nyírószilárdsága még  $1300^\circ\text{K}$  feletti hőmérsékleten is megmarad. Viszont ha lágyítva munkálják meg őket, a forgácsokban gumiszzerűen morzsolódnak. Edzett állapot-

ban pedig a nagy karbon-tartalom miatt hagyományos szerszámanyagokkal megmunkálhatatlanokká válnak.

Szénsavas hűtéssel, az ún. "szub-zéró machining" bevezetésével viszont megmunkálhatók ezek az ötvözetek is. Ha közel  $p = 50 \dots 70$  [bar] nyomással engedjük ki a  $\text{CO}_2$ -t a palackból, akkor az így kiáramló gázban kb. 50% szilárd  $\text{CO}_2$  van, amely köd alakjában a felületre csapódik és azt kb. 194 °K-ra lehűti. 1 [kg]  $\text{CO}_2$  kb.  $6,92 \cdot 10^5$  [J] hőt képes elvezetni elpárolgása alkalmával.

Ennek az intenzív hűtő és hőelvezető tulajdonságnak köszönhető, hogy még edzett acélokat is meg lehet munkálni gyorsacéllal  $\text{CO}_2$ -hűtés alkalmazásával.

A  $\text{CO}_2$ -hűtés igen drága, ezért vigyázni kell, hogy fölösleges mennyiségben ne pazarolják a gázt forgácsolás közben. Ezt a fuvóka átmérővel lehet szabályozni. Szovjet kutatók a  $\text{CO}_2$  csökkentésére olajjal keverik a gázt.

Egészségvédelmi szempontból megjegyzendő, hogy a  $\text{CO}_2$  nem toxikus hatása, azonban a belélegzés elkerülése érdekében célszerű felhasználásakor az üzemi részben intenzív szellőzést megvalósítani.

## Irodalomjegyzék a 11. fejezethez

1. Dr. FAZAKAS Balázs: Célgépek, gépsorok, aggregátgépek szerszámozása. Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1970.
2. GYACSENKO, P.E. - JAKOBSZON, M.O.: A forgácsolás befolyása a megmunkált fémek felületi minőségére. Nehézipari Könyvkiadó, Bp. 1953.
3. ISZAJEV, A.I.: A felületi réteggépződés folyamata fémek forgácsolása során. Nehézipari Könyvkiadó, Bp. 1953.
4. Dr. KALÁSZI-REZEK - Dr. HÉBERGER - TÓTH: A gépgyártás és technológiája III. Tömeggyártás. Tankönyvkiadó, Budapest, 1967.

## 12. Forgácsolhatóság és forgácsolóképeség, a forgácsoló szerszámok anyagának megválasztása

### 12.1 Megmunkálhatósági vizsgálatok

Forgácsoláskor a legszembeütőbb jelenség a forgács leválása, a munkadarab és a forgács, ill. a szerszám felmelegedése, a megmunkált felület minőségi alakulása és a szerszám élének kopása. Ezek a felsorolt és más, közvetlenül nem észlelhető sajátos jelenségek, a munkadarab és a szerszám kölcsönhatását fejezik ki, amely külön-külön az anyag forgácsolhatóságában és a szerszám forgácsolóképeségében nyilvánul meg.

A vonatkozó szakirodalom többségében a forgácsolhatóság fogalmát az anyagnak a forgácsolószerszámokkal szemben tanúsított magatartásával hozzák kapcsolatba. Tehát azt a viszonylagos tulajdonságot fejezik ki, hogy az anyag könnyen vagy nehezen munkálható-e meg. A forgácsolhatóság értékét egyetlen számadattal nem is lehet kifejezni. A forgácsolhatóság a forgácsolt anyagnak a forgácsolásakor észlelt jellemző tulajdonságait összefoglaló viszonyszám.

A forgácsolóképeség a forgácsoló szerszámnak a forgácsoláskor jelentkező sajátosságainak összességében jut kifejezésre. Relatív összehasonlításra ad lehetőséget, amikor is a szerszám éltartamával szorosan összefüggő tulajdonságokon keresztül rangsorolhatjuk az egyes forgácsolószerszámok anyag, ill. élkialakítás szerinti változatait, az adott feladat elvégzéséhez való alkalmasság mérlegelésével.

Egyes kutatók a forgácsolhatóságot és a forgácsolóképeséget is egyaránt magába foglaló komplex fogalmat: a megmunkálhatóság (machinability) szóval fejezik ki. Nyilvánvaló tehát, hogy a forgácsolhatóság és a forgácsolóképeség összetartozó fogalmak. Az ezekkel kapcsolatos elméleti és gyakorlati ismeretek alapját képezik a forgácsolótechnológiának. A megmunkálhatóság tehát az anyag technológiai feldolgozhatóságának jellemzője.

A forgácsolhatóságot és a forgácsolóképeséget legtöbbször a forgácsolási jellemzők: a forgácsolóerő (F), a forgácsolási teljesítmény (P), a megmunkált felület minősége (Ra), a szerszáméltartam (T), a forgácsalakváltozási tényező ( $\xi$ ), valamint a forgácsolási hőmérséklet ( $\Theta$ ) és a forgácsolási adatok (v, s, a) alapján szoktuk kifejezni.

Hazánkban az acél forgácsolhatósági vizsgálatának módszerét szabvány írja elő. A forgácsolhatóságot a forgácsolhatósági viszonyszámmal

mérjük, amely az etalonként felvett, és a vizsgálandó anyagnak azonos forgácsolási feltételek melletti megmunkálásakor nyert forgácsolási jellemzők összehasonlítását adja.

A forgácsolási sebesség alapján nyert forgácsolhatósági viszonyszám például:

$$I_v = \frac{v_{20x}}{v_{20E}}$$

- ahol -  $v_{20x}$  a kísérlethez használt szerszámnak a vizsgált acél forgácsolásakor meghatározott  $T = 20$  perces éltartamához tartozó forgácsolási sebessége;
- $v_{20E}$  ugyanannak a szerszámnak az etalonként választott acél forgácsolásakor mért 20 perces éltartamához tartozó forgácsolási sebessége.

Ha a forgácsolhatósági viszonyszám  $I_v > 1$ , a vizsgált anyag az etalonnál jobban forgácsolható, ha  $I_v < 1$ , nehezebben munkálható meg.

A forgácsolóképeségi viszonyszám megállapítására például a gyorsacélok minőségi vizsgálatokor követendő eljárást az MSZ 4356. szabvány ismerteti:

$$I_v = \frac{v_{12x}}{v_{12E}}$$

- a viszonyszám számlálója a vizsgálandó szerszámnak 12 perces éltartamához tartozó méréssel megállapított  $v_{12x}$  forgácsolási sebessége;
- nevezője pedig az etalonként választott (R3) gyorsacélból készült szerszámnak szintén a 12 perces éltartamához tartozó  $v_{12E}$  forgácsolási sebessége.
- A forgácsolást a bázisként előírt normalizált C60-jelzésű acélon kell végrehajtani a szabványban rögzített feltételekkel.

Formailag tehát a megmunkálhatósági vizsgálatok viszonyszámai azonosak. A számlálóban szereplő változó mind a forgácsolhatóságra, mind a forgácsolóképeségre a vizsgált anyag, illetve szerszám bármely forgácsolási jellemzője, avagy bármely forgácsolástechnológiai adata lehet. Egyszerre azonban csak egyetlen jellemző változtatható. A teljes megmunkálhatósági vizsgálatok magukba foglalják az összes lényeges forgácsolási jellemzőre vonatkozó viszonyszám meghatározását.

Az összehasonlító vizsgálatok végrehajtása, mivel az éltartam mérések hosszú időt és jelentős anyagfelhasználást igényelnek, igen költséges. A teljes megmunkálhatósági vizsgálatok helyett ezért - még labo-

ratórium körülmények között is - un. rövidített - vagy gyorsított vizsgálati módszereket dolgoztak ki.

A rövidített forgácsolhatósági vizsgálatok során nem mérik ki a teljes forgácsolási paraméter-tartományban a forgácsolási jellemzőket, hanem csak néhány jellegzetes pontban, s majd az így kimért adatokból extrapolálnak a teljes folyamat feltételezett végbemenetelére.

Az un. gyorsított forgácsolhatósági vizsgálatok esetében olyan túlzott igénybevételek mellett végzik a kísérleteket, hogy a megfigyelési időszak lényegesen lerövidüljön. Sajnos az így kapott mérési eredmények csak jelentős elhanyagolásokkal érvényesek az üzemi viszonyoknak megfelelő paraméter-tartományokban.

Végül meg kell említeni, hogy a gyorsított vizsgálatok egy másik módja a kísérlet közben fokozatosan vagy folyamatosan változtatott forgácsolási adatokkal igyekeznek képet adni a lejátszódó jelenségekről.

Ilyen megvalósítható pl. kereszttesztergálásakor is.

A megmunkálhatósági vizsgálatok elsősorban az alábbi területekre terjedtek ki:

- új, speciális igényeket kielégítő (hőálló, hőszilárd, kopásálló, korrózióálló stb.) és legtöbbször nehezen forgácsolható fémek megmunkálhatóságának vizsgálatára;
- új szerszámanyagok, megmunkálási eljárások és szerszámkonstrukciók esetében elvégzett elemzésekre;
- a forgácsolhatóság javítását célzó anyaggyártást, vegyi összetélt, mikroszerkezetet stb. változtató eljárások hatékonyságának értékelésére;
- korszerű tulajdonságjavító megmunkálásokkal (pl.: termomechanikus alakítás, fémbevonatok stb.) létrehozott szerkezetek forgácsolhatóságának meghatározására;
- automatákon, félautomatákon és gépsorokon megmunkálásra kerülő előgyártmányok forgácsolhatósági homogenitásának elemzésekor;

Az elvégzendő vizsgálatok célul tűzik ki a különböző forgácsoló megmunkálásoknál:

- a felhasználandó szerszámanyag célszerű megválasztását;
- a forgácsolóékek optimális élgeometriájának előírását;
- a kedvező hűtő-kenő folyadék megválasztását;
- a forgácsolás-technológiai adatok helyes megválasztását;
- a megmunkálandó anyag különböző jellegzetes hőkezeltek állapotban való forgácsolhatóságának vizsgálatát.

## 12.2 A szerkezeti anyagok forgácsolhatósága

Az anyag jellemzői közül a forgácsolhatóságot lényegileg a következők befolyásolják: az olvasztási- és öntési eljárás, a kémiai összetétel, a hőkezeléssel létrejött szövetszerkezet, és az anyag mechanikai - fizikai - és technológiai tulajdonságai. A felsoroltaknak a forgácsolhatóságra való befolyása egymástól pontosan nem választható el.

Az acél forgácsolhatósága a felhasznált forgácsolószerszámnak is függvénye.

Gyakran tapasztaljuk, hogy a szerszám anyagának, élkiképzésének megváltoztatásával a munkadarab könnyebben, vagy gazdaságosabban forgácsolható. Az azonos forgácsolhatóságu anyagokat a megmunkálás szempontjából anyagcsoportokba lehet sorolni.

A gépgyártásban általánosan használt acélminőségeket a forgácsolhatóság szempontjából négy fő csoportba oszthatjuk:

ad.1. A kb. 0,1% széntartalmu lágycélok.

Ezek forgácsolásakor rendszerint a kenődésből és a beszakadozásból adódó durva felület okoz nehézséget. Tekintettel arra, hogy a lágycélből készült gépalkatrészeket hőkezelné nem szokták, a forgácsolhatóság szempontjából előnyösebb durvaszemcsés szövetszerkezet a vele járó rosszabb szilárdsági tulajdonságokkal a beépítés során is megmarad. A durvaszemcsés acél forgácsa törékenyebb, így leválasztáskor a felület kevésbé szakadozik be. RAPTZ ezt a jelenséget még azzal is indokolja, hogy a durvaszemcsés acél kevésbé hajlamos élrátét kialakulására, ami szintén elősegíti a simább felület forgácsolását. A forgácsolhatóság javításának célszerűbb és általánosan használt módja az acél kén- és foszfortartalmának növelése. Ezeknek az ún. automata-acéloknak a szövetében sok, hosszirányban elnyújtott zárvány található, amely a forgács fémes összefüggését megszakítva, azt törékennyé teszi, ezáltal a forgács leválasztását megkönnyíti és simább felületet is eredményez.

ad.2. A 0,10 ... 0,20% karbon tartalmu betétként edzhető acélok.

Ezeknek a legjobb forgácsolhatóságot a durvaszemcsésre való lágycéllal érhetjük el. A durvaszemcsés szerkezettel járó kedvezőtlen szilárdsági tulajdonságok a felhasználás során nem okoznak zavart, mert a kész alkatrész mikroszövetét a forgácsolást követő hőkezelések (cementálás, edzés) határozzák meg.

ad.3. A 0,30 ... 0,60% karbon tartalmu nehézíthető acélok szemcsés karbidosra való lágycéllal esetén forgácsolhatók a legkönny-



nyebben. **VIEREGGE** széles körű kutatások eredményeinek alapján összefüggéseket közöl az acélok főbb szövetelemei forgácsolhatóságáról. Kimutatta, hogy a perlit keménysége és lemezes volta rontja az acél forgácsolhatóságát, a szemcsés perlit jobb forgácsolhatóságot eredményez. Az ilyen acélok forgácsolását célszerű lágyított állapotban elvégezni, és a nemesítés után már csak a felületi minőségre és az edzési elhuzódásra való tekintettel megállapított ráhagyást kell eltávolítani. A technológia ilyen sorrendjének megállapítása nemcsak a forgácsolás gazdaságossága miatt előnyös, hanem a hőkezelési selejt veszélyét is jelentősen csökkenti. A kovácsolt darabok felületén ugyanis mindig akadnak apróbb hibák, amelyek edzéskor repedés kiindulópontjául szolgálhatnak. Célszerűbb tehát, ha a felületi réteget edzés előtt leforgácsoljuk.

ad.4. A 0,40%-nál nagyobb széntartalmu ötvözetlen és ötvözött acélok. Ezek forgácsolását minden esetben szemcsés karbidosra lágyított állapotban kell elvégezni, mert minden más szövetszerkezet nagyobb energiaszükségletet és rövidebb szerszáméltartamot eredményez.

A nehezen forgácsolható: erősen ötvözött króm-acélok, ausztenites króm-nikkel acélok, valamint a króm-nikkel alapú Si, Mn, Mo, V, Nb, Ta, Ti, Cu és Al ötvöztetési acélok megmunkálásakor a fő nehézséget a szerszám nagymérvű kopása okozza.

Ez a csoportba tartozó anyagok nagy szilárdságával, szívósságával és a forgácsolás közben egyidejűleg jelentkező felkeményedéssel magyarázható.

A titánnak az acélhoz és az alumíniumhoz képest kisebb a hővezetőképessége. Ezért forgácsolás közben a forgácstőben a szerszám éle előtt hőtorlódás lép fel. Emiatt a titánnak és ötvözeteiknek forgácsolásakor lényegesen kisebb sebességet kell beállítani, mint a szénacélok forgácsolásakor. SHAW szerint azonos technológiai feltételek között, akkor kapunk az alumínium, szénacél és titán forgácsolásakor azonos forgácsolási hőfokot, ha forgácsolási sebességek aránya:

$$v_{Al} : v_{Acél} : v_{Titán} = 11,3 : 1 : 0,24$$

Ebből az következik, hogy ha pl.: acél  $v = 150$  m/min forgácsolási sebességgel való esztergálásakor  $\vartheta = 830^{\circ}K$ -os a forgácsolási hőmérséklet, akkor alumíniumnál csak 1700 m/min, titán esetén pedig 36 m/min forgácsolási sebesség beállításakor érhető ugyanez a hőfok el. A nagymérvű meleghalmozódás miatt tehát a titánt intenzív emulziós hű-

téssel kell forgácsolni, és olyan keményfémeket használni, amelyek hővezetőképessége a lehető legjobb.

A szerszáméltartam növelése céljából az utóbbi évtizedben az acélok dezoxidálási műveletének célszerű irányításával ugynevezett jól forgácsolható acélokat gyártanak.

Acélok keményfém szerszámmal történő forgácsolásakor az acélok dezoxidálásakor keletkezett meglágyult zárványok a szerszám felületére tapadnak, azon felrakódást (védőréteget) képeznek. Ha a dezoxidálás Al tartamu anyaggal történt, a szerszámon nem képződik felrakódás.

A FeSi-mal és CaSi-mal végzett dezoxidálás esetén a szerszám homlok- és hátlapján  $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{MnO}$  összetételű vékony, bevonatos réteget észleltek. A felrakódás a surlódásnak kitett szerszámfelület kopását jelentősen csökkenti vagy egyes sebességtartományokban teljesen meg is szünteti.

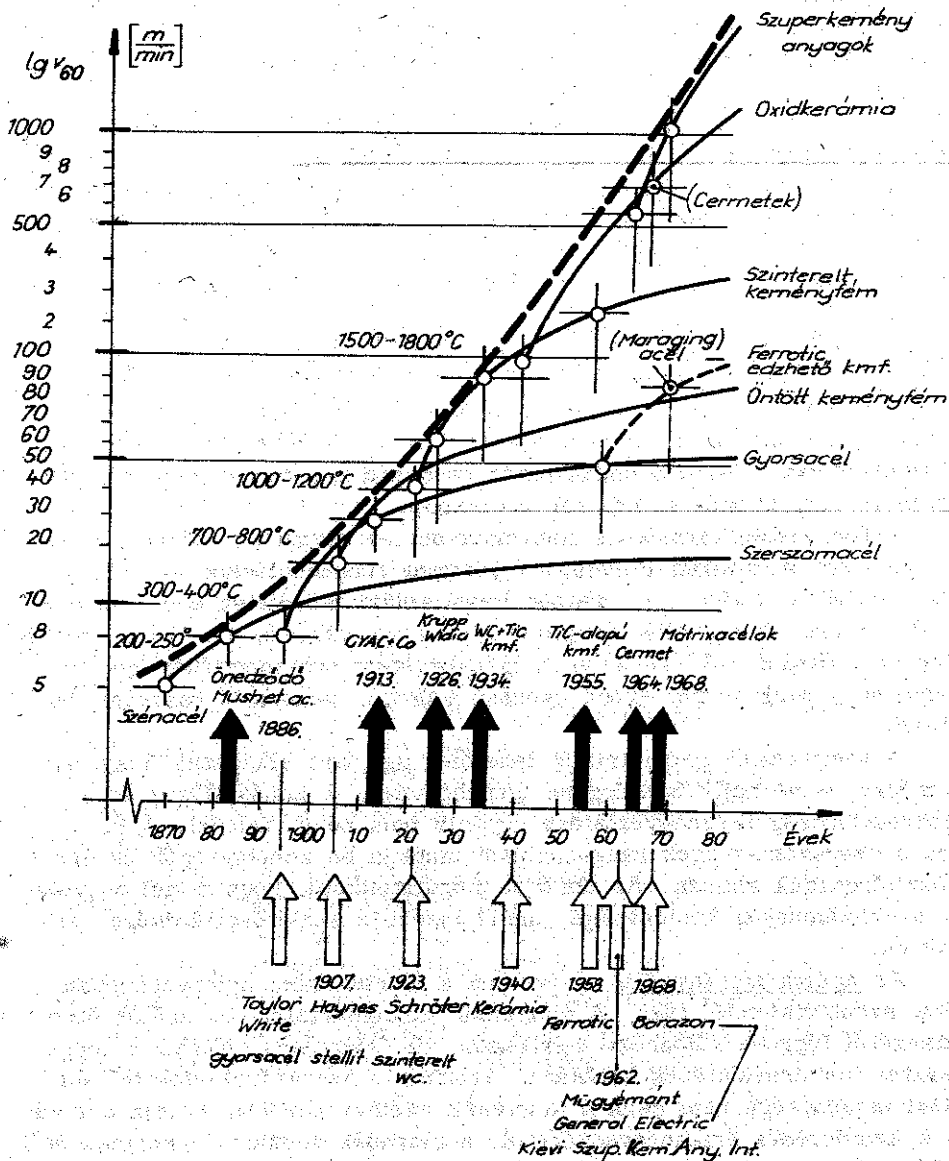
A védőréteg a TiC tartalmu keményfém szerszámokon eredményez jelentős éltartamnövekedést, mivel a kráterkopást meggátolja és ugyanakkor a hátkopást is lényegesen csökkenti. Ilyen módon 500%-os éltartamnövekedés is elérhető, miközben az előállított jól forgácsolható acél is olcsóbb, mint a hagyományos előgyártmány. Az Ozdi Kohászati Üzemekben a hagyományosan gyártott acéloknál gazdaságosabban forgácsolható szerkezeti acélfajták gyártása hazánkban is megindult.

Az optimális védőréteg kialakulásához megfelelő forgácsolási sebesség elérésére van szükség. Ugyanakkor a védőréteg csak egy jól meghatározható sebességtartományban fejti ki éltartamnövelő hatását. A sebesség további fokozásakor a védőréteg összeomlik és katasztrófa-lyis kopás következik be.

### 12.3 A szerszámok forgácsolóképességét meghatározó tényezők

A szerszám forgácsolóképessége a következő tényezők függvénye: a szerszám anyaga, annak előállítási módja, összetétel, hőkezelése, szövetszerkezete, hőállósága, hőszilárdsága, keménysége, hajlítató- és nyomószilárdsága, élgeometriája, valamint a beállított forgácsolási adatok.

Nyilvánvaló tehát, hogy az egyes szerszámanyagok forgácsolóképességének jellemzésekor csak valamilyen szempont szerinti relatív alkalmassági sorrend állapítható meg. A szerszámanyagok forgácsolóképességének legáltalánosabb jellemzője a forgácsolási élteljesítmény, amelynek az egyes szerszámanyagokra vonatkozó alakulását, időrendi sorrendet követve a 12.1. ábra szemlélteti. A szerszámanyagok forgácsoló-



12.1. ábra

Az egyes szerszámanyagok forgácsolási élettartamának alakulása időrendi sorrendet követve

képesség szerinti rangsorolása C 45 anyag megmunkálásakor a  $T = 60$  perces élettartamhoz tartozó forgácsolási sebességgel lehetséges, amely a gépiparban felhasznált szerszámanyagok forgácsolási élettartamára egyértelműen utal.

Azonban ez az egyetlen anyagminőség megmunkálására vonatkozó relatív összehasonlítás még nem ad alapot arra, hogy a különböző forgácsolhatósságu szerkezeti anyagokhoz megfelelő forgácsolóképeségű szerszámot választhassunk.

Valamely szerszámmal felhasználható szerszámanyag minőségét a szerszám üzemeltetésekor fellépő igénybevételek határozzák meg. Ezek az igénybevételek és a szerszámot ért hatások a technológiától függően igen eltérőek, de hasonlóak is lehetnek. A hasonló igénybevételek alapján lehet a szerszámanyagokat a munkadarab-anyagcsoportokhoz hozzárendelni, illetve az egyes forgácsolószerszám típusokhoz szerszámanyagot kiválasztani.

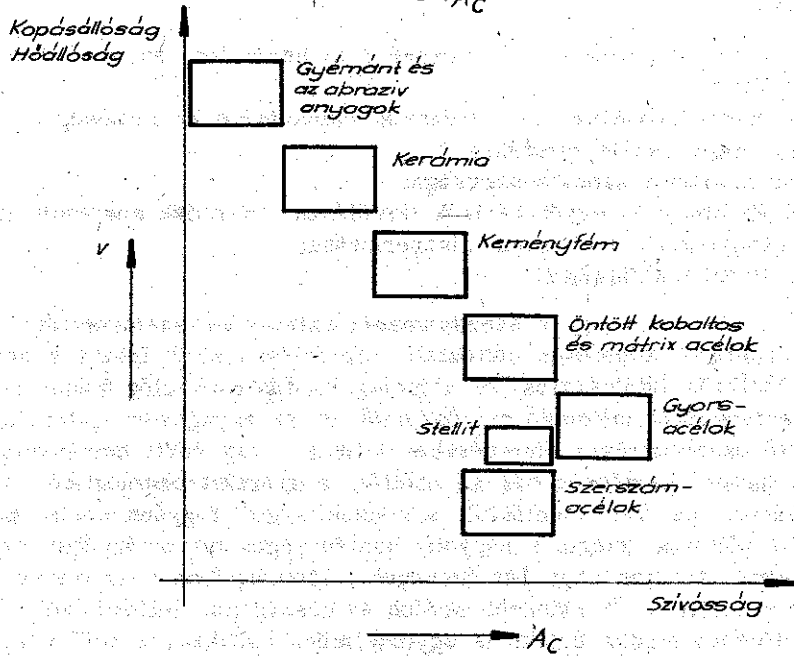
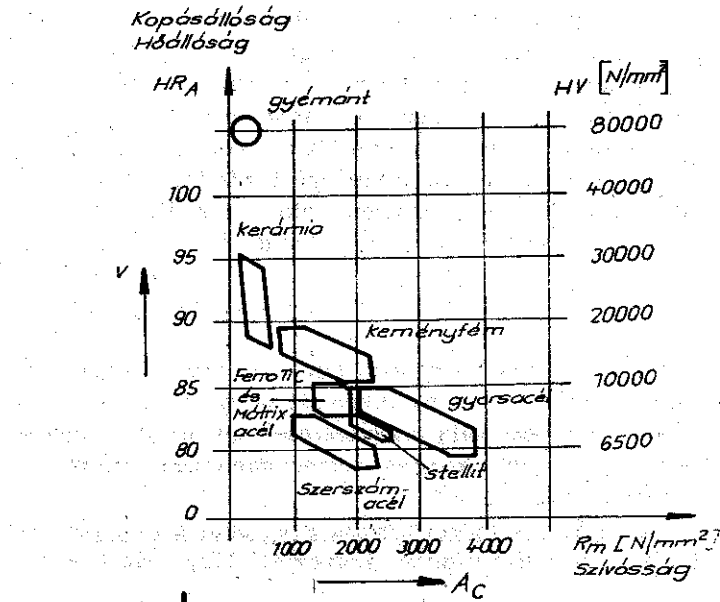
A szerszám élére ható eredő forgácsolóerőnek a homloklapra mérőleges összetevője nyomja és hajlítja a szerszám forgácsolórészét, tehát ott helyenként nyomó-, másutt húzófeszültségi övezet keletkezik. A legnagyobb fajlagos nyomás a vékony forgácsolóéleket éri. Ezeket az igénybevételeket a szerszámnak törés és a megengedettnél nem nagyobb rugalmas alakváltozás nélkül kell elviselnie.

A forgácsolószerszámok igénybevétele az eljárástól függően lehet statikus vagy dinamikus jellegű. Folyamatos forgácsoláskor az igénybevétel általában statikus, szakaszos forgácsolási műveletek esetében pedig dinamikus. A terhelés ezenkívül ciklikusan változó, ismétlődő, amely kifáradást okozhat. A szerszámok igénybevétele szempontjából igen veszélyesek a rezgésekből eredő gyorsan változó, ismétlődő összetett terhelések.

A szerszámék geometriáját lehetőleg úgy kell kiképezni, hogy az nyomásra és ne hajlításra legyen igénybe véve. A kopásállóság és a hajlítózilárdság összeegyeztetése ugyanis igen nehéz feladat. A 12.2. ábra a szerszámanyagok rangsorolását mutatja be keménységük és szakítózilárdságuk alapján. Az ábrából megállapítható, hogy minél nagyobb egy szerszámanyag keménysége, annál kisebb a szakítózilárdsága, és fordítva.

Az acélok keménysége alapvetően a martenzitben intersticiósan oldott széntartalomtól függ. A martenzit karbon tartalma az acélok ötvözöttségétől függően különböző mértékben, de jelentősen változik a megereztés hőmérsékletének hatására. Azonban a szerszámacélok felhasználási keménysége nem csak a martenzit széntartalmától, hanem a kiválasztott keményedés eredményességétől, a maradék ausztenit mennyiségétől is függ. Ezenkívül az acél keménysége függ a szilárd oldat (martenzit, ausztenit) diszlokációsűrűségétől is, amely termomechanikai és hidegalakításokkal fokozható. Az acélok magasabb hőmérsékleten mért keménysége viszont nagymértékben a martenzitnél stabilabb és keményebb fázisok: a karbidok és intermetalloidok stb. jelenlététől és azok felaprózottságától is függ.

A nagyobb keménység kedvező hatása a szerszámacél kopásállóságára a forgácsolás során keletkező nagyobb szerszámél-hőmérséklet ese-



12.2. ábra

A szerszáanyagok rangsorolása keménységük és szakító szilárdságuk alapján

tén is érvényesül. Magas hőmérsékleten csak a megeresztés-álló acélok kopásállóak. A túlzottan nagy keménység, amely csak minimális szívóssággal jár együtt, a kopásállóság szempontjából nem a legkedvezőbb. Az élek kitöredezése ugyanis már a normális kopás megjelenése előtt bekövetkezik. A karbidok mennyiségén kívül minőségük is befolyásolja a szerszámacélok kopásállóságát. A szabványos gyorsacélokban például a jelenlévő különböző mennyiségű és minőségű karbidok következtében eltérő kopásállóság alakul ki. A szerszámacélok kopásállóságát az egyes ötvözők különböző mértékben növelik, ezt a hatást a következő aránnyal lehet megadni:

$$\text{Cr} : \text{W} : \text{Mo} : \text{V} = 1 : 2 : 4 : 8$$

A tapasztalat szerint minél nagyobb egy acél ötvöző-egyenértéke, annál kisebb a kopás mértéke. Az ausztenitesítés és a megeresztés körülményeitől függően a szilárd oldat összetétele, így az acél kopásállósága is megváltozik. Az ausztenitesítés hőmérsékletének bizonyos növelésével az acél kopásállósága is nő.

Az acélok szívóssága és ridegtöréssel szembeni ellenállása számtalan anyagszerkezeti, szövetszerkezeti tényezőtől függ. Ezek közül a legfontosabbak:

- a kémiai összetétel (elsősorban a széntartalom és más ötvözők aránya);
- a szennyezőelemek és zárványok mennyisége és minősége;
- az átkovácsolás mértéke;
- az ausztenit szemcsenagysága;
- a karbidok és egyéb fázisok (kiválások, maradék ausztenit stb.) mennyisége, elsősorban diszperzitása;
- a belső feszültségek.

Ez azt jelenti, hogy a szerszámacél szívóssága szempontjából a szövetszerkezetet jelentősen változtató hőkezelésen kívül fontos szerepe van az előállítás (átolvasztás) és a melegalakítás technológiájának is.

A szívósságot jellemző mérőszámok és az anyagszerkezetek közötti alapvető összefüggések elemzésekor kitűnik, hogy adott keménységértékekhez tartozó szívósság bár az acéltól, a gyártástechnológiától, az átolvasztástól, az átkovácsolástól, a hőkezeltiségtől függően széles határok között változik, mégis a nagyobb keménységek tartományában szinte jelentéktelen. Az igen nagy keménységek tartományában a szívósság tartálékai minimálisak. A ridegebb acélok szívósságának jellemzésére használt hajlító-törő munka értéke is egyértelműen csökken az acél keménységének növekedésével.

Az ismertebb eredmények nagyban bizonyítják, hogy az acélok szívóssága és keménysége egymással szembenálló, ellentétes tulajdonság. A szerszámok élettartam-növelése rendszerint kompromisszumos megoldás a keménység, a folyáshatár és a szívósság optimumának keresésében.

A forgácsolás közben a szerszámok hő- és mechanikai behatásokra és az izzó forgács hozzáhegedése következtében kopnak. A forgácsolószerszámok kopása nagy felületi nyomáson és jelentős surlódási tényező mellett, magas hőmérséklet-tartományban megy végbe. A szerszám-acélok megeresztés állóságán azt a sajátosságukat értjük, hogy a szerszámélek vagy felületi rétegek az üzem közbeni melegekedéskor is megtartják az előírt, ill. a hőkezeléssel beállított szövetszerkezetüket, keménységüket, folyáshatárukat és egyéb tulajdonságaikat.

A gyorsacélok nagy keménységű, kopásálló és melegszilárd szerszám-acélok, amelyek megeresztésállósága 900 OK-körül is érvényesül. A 12.3. ábra különböző szerszámanyagok megeresztésállóságát mutatja be.

A forgácsleválasztási folyamat elemzése során felvetődött igénybevételeknek ellenálló szerszámanyagoknak tehát a következő fontosabb tulajdonságokkal kell rendelkezniük:

- kopásállóság (éltartósság);
- keménység;
- nagy rugalmassági határ;
- megeresztésállóság, melegszilárdság;
- hővezetőképesség;
- alak- és mérettartósság;
- szívósság.

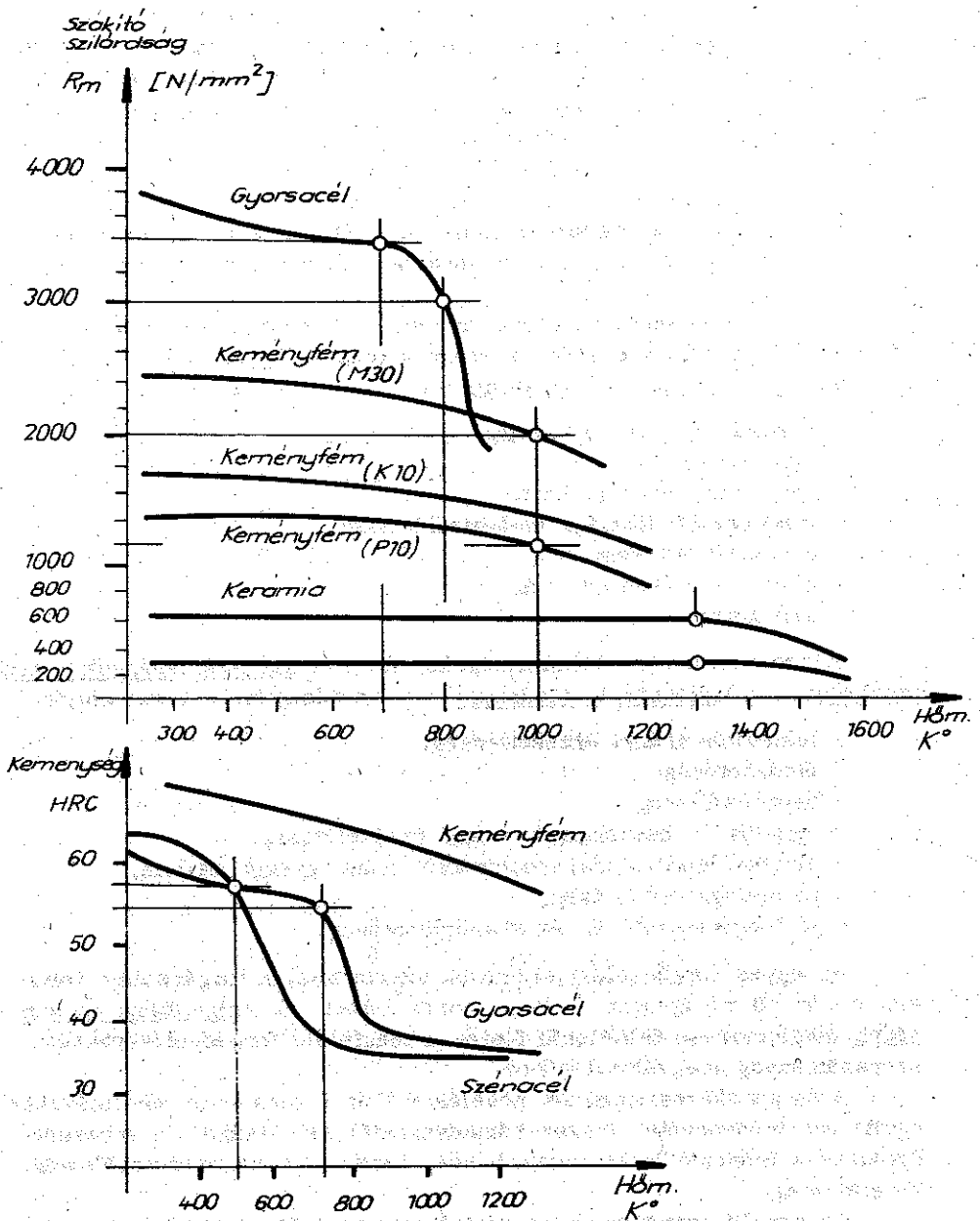
Mіндеzen alapvető tulajdonságokon kívül a szerszámanyagoktól több technológiai tulajdonság is elvárható a szerszámgyártás szempontjából:

- túlhevítés iránti érzéketlenség;
- átédzhetőség;
- repedésállóság;
- tapadás és összehégedés iránti érzéketlenség;
- elszéntelenedés (dekarbonizáció) iránti gyenge hajlam;
- jó melegalakíthatóság;
- jó forgácsolhatóság és köszörülhetőség.

Az egyes forgácsolási eljárások szerszámjai a forgácsolási folyamat során eltérő igénybevételnek vannak kitéve. A technológiai sajátosságok megismerése feltétlenül fontos a megfelelő forgácsolóképeségű szerszámanyag megválasztásához.

A forgácskeresztmetszet növelésével és a dinamikus erőhatásokkal együttjáró igénybevétel a szerszámanyagoktól szívósságot, a sebesség fokozására irányuló igény nagyobb hő-, kopás- és megeresztésállóságot követel meg.

Az egyéltű szerszámok csoportjába tartozó forgácsolókések igénybevétele vagy statikus vagy ütészertően dinamikus. A forgácsolóerő hajlításra és kihajlásra terhel. Nagyoló megmunkálás esetén nagy forgács-



12.3. ábra

A különböző szerszáanyagok megeresztés állóságának összehasonlítása



vastagsággal, nagy forgácsszélességgel és lehetőleg nagy forgácsolósebességgel dolgoznak. Simitó megmunkáláskor a sima felületek eléréséhez nagyobb forgácsolósebesség szükséges. A nagyoló forgácsolókésekhez ezért szívósabb; a simító-késekhez viszont keményebb és kopásállóbb; a teljesítmény és a sebesség növeléséhez melegszilárdabb forgácsolóanyagok szükségesek.

A kis átmérőjű furók terhelhetőségét törési nyomatékuk (szivósságuk) szabja meg.

A süllyesztők és dörzsárak finom élei elsősorban koptatóhatásnak vannak kitéve. A finom forgácsolóél előállíthatósága, alak- és mérettartása elsőrendű fontosságú követelmény.

A menetfurók, menetmetszők alakos forgácsolóéleit koncentrált hő- és koptató hatás éri, aminek következtében az élek lekerekednek, a forgácsolási nyomaték megnő. Ezért fontos a menetmegmunkáló szerszámok éltartóssága mellett a megfelelő szivósságuk is.

Az üregelőszerszámokat a megfelelő felületi érdesség elérésére finom, kopásálló éllel kell kiképezni. A szerszám felmelegedése jelentéktelen, viszont a hosszú szerszámok alak- és mérettartóságára már a hőkezelés során is ügyelni kell. Ezért az üregelőtüske anyaga ne legyen vetemedésre hajlamos.

A marószerszámok fogai egymás után szakaszosan ismétlődve kerülnek fogásba, ami dinamikus igénybevételt okoz, de a folytonos forgácsleválasztást egyidejűleg több fog is végezheti. A homlok- és a tárcsamarók ütésszerű igénybevétele jelentős. Mivel a martfogu marók gyártása és újraélezése költséges, célszerű hosszú éltartamu anyagból készíteni őket.

A fűrészlő szerszámok lemezből vagy szalagból készülnek, s így az edzés vagy kőszőrülés során vetemednek. Ezért a nagyobb átmérőjű fűrészártárcsákat szegmensekből rakják össze a külső koszoru mentén.

## 12.4 A forgácsolószerszámok anyagának megválasztása

### 12.41 A forgácsolóanyagok osztályozása

A forgácsoló technikában előállításuk szerinti osztályozásban négyféle szerszámanyagot különböztetünk meg:

- öntéssel előállított, fém szerszámanyagok;
- zsurugított, porkohászati úton előállított szinterelt termékek;
- természetes alapú nem fém forgácsolószemcsék;
- mesterséges úton előállított nem fém szemcseanyagok.

Az öntött szerszámanyagok két fő csoportra bonthatók: a szerszámacélokra és a nem vas alapú öntött stellitekre.

A hazai szabványok értelmében a szerszámacélok három nagy csoportja használatos:

- ötvözetlen szerszámacélok,
- ötvözött szerszámacélok és
- a gyorsacélok.

A szerszámacélok tulajdonságai kovácsolással, edzéssel, hőkezeléssel befolyásolhatók.

Az öntött nem vas alapú stellitek Co, Cr és W alapúak és a beöltük készült szerszámok öntött állapotú eredeti keménységüket megtartják.

A porkohászati technológiával előállított szerszámanyagok egyik csoportja fémes tulajdonságú, ezek a keményfémek, a másik csoport nem fémes tulajdonságú, így készülnek a forgácsoló kerámiák. A keményfémek karbid alapúak (WC, TiC, Co), a kerámiák oxid-alapúak ( $Al_2O_3$ ). A keményfémek két alapvetően eltérő csoportját különböztethetjük meg: a zsugorított keményfémeket és az un. edzhető keményfémeket. A zsugorított keményfémek Co vázra épült fémkarbidokat tartalmazó állványzatok. Az edzhető keményfémek (FERRO-TiC) tulajdonképpen olyan anyagok, amelyek TiC vázát valamilyen szerszámanyaggal töltik ki, mintegy "felitatják" azzal.

A természetes alapú nemfémes szerszámanyagok többnyire az abrazív megmunkálások szemcseanyagait jelentik. Ebbe a csoportba tartozik a szénbázisú természetes gyémánt, az oxid bázisú természetes- és elektrokorund ( $Al_2O_3$ ), a karbid bázisú szilíciumkarbid (SiC) és bórkarbid ( $B_4C$ ).

A mesterséges szerszámanyagokat az ipari gyakorlat szuperkemény anyagoknak nevezi. A szuperkemény anyagok két fő csoportra bonthatók: polikristályos vagy egykristályos anyagokra. Mindkét csoport alapvetően a szénalapú műgyémántra, illetve a nitrogén- és bóralapú köbös bórnitridre (CBN) vezethető vissza. A többkristályos mesterséges gyémánt "Karbonádó" vagy Megadiamond" néven terjedt el. A többkristályos mesterséges köbös bórnitrid "Elbor-R", "Kompozit" néven kerül felhasználásra. A mesterséges gyémánt és a köbös bórnitrid szemcsék szintetikus állapotban vagy fémbevonattal ellátva kerülnek felhasználásra, vagy fémbevonattal nélkül.

Az összes abrazív szerszámanyag kötőanyagba ágyazva avagy kötőanyag nélkül is felhasználható a technológiai eljárástól függő szerszámkialakítással.